

9/02

DIMENSIONES Y CALCULOS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNACULO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
HEMEROTECA
Topografía: HT 37
Fecha: 26/05/02

Boni, Guillermo  
Bosso, Franco  
Boz, Juan Manuel  
Cicarelli, Fabián  
Vazquez, Mauro  
Waldisperg, Lucas

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
U.N.R.

Zavalla, Diciembre 2001

DIMENSIONES Y CALCULOS DEL SISTEMA DE RIEGO POR  
GOTEO EN EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNACULO

Boni, Guillermo  
Bosso, Franco  
Boz, Juan Manuel  
Ciccarelli, Fabián  
Vazquez, Mauro  
Waldisperg, Lucas

Docentes asesores:

Ing. Miriam Marini  
Ing. Juan Farina  
Lic. Gloria Colombo  
Cátedra de Física

Agradecimientos:

Agradecemos al señor Jorge Ferrato (docente de la cátedra de Horticultura); a los docentes asesores; los docentes del Taller de Integración, por el tiempo y la información brindada.

## Índice

	Pág.
Resumen .....	5
Introducción .....	7
Metodología .....	8
Resultados .....	13
Discusión .....	18
Conclusiones .....	19
Referencias Bibliográficas .....	20
Apéndice.....	21

## Resumen

En este estudio se pretende indagar la cantidad de agua requerida, la intensidad y frecuencia de riego por goteo en cultivo de tomate bajo invernáculo.

Para eso es necesario conocer características básicas del cultivo a realizar (tomate), tiempo de cosecha y siembra, requerimiento de agua y superficie ocupada por planta. Las variables consideradas en el presente trabajo son:

- Producción de cultivo.
- Afección por enfermedad.

No se consideraron variables tales como calidad de agua para riego y tipo de suelo.

Los problemas que se presentan son:

- Que consecuencias tiene sobre el cultivo de tomate un mal dimensionamiento del sistema de riego.
- ¿Cuál es el dimensionamiento y cálculo del sistema para un riego por goteo en invernáculo para un cultivo de tomate?

Se plantearon los siguientes objetivos:

\*Conocer los efectos que produce un mal dimensionamiento del sistema de riego por goteo en cultivo de tomate en invernáculo.

\*Determinar el dimensionamiento y cálculo del sistema óptimo para riego por goteo.

La importancia de investigar los objetivos planteados es aceptar o no la hipótesis de que un mal dimensionamiento y cálculo del sistema trae como consecuencia una baja producción del cultivo.

Para llevar adelante este estudio se utilizaron métodos físicos con ayudas de tablas (ábaco de pérdida de carga).

Se entrevistó a un productor de la localidad de Soldini, para poder comparar el invernáculo de este con el modelo teórico ideado en el presente trabajo, y tener en cuenta la opinión personal.

Los resultados se obtuvieron mediante el cálculo de los siguientes parámetros:

- Caudal necesario
- Tanque de abastecimiento (volumen necesario)
- Caudal del gotero
- Intensidad de riego
- Tiempo de funcionamiento
- Cálculos de las cañerías
- Cálculo de la potencia de la bomba
- Cantidad de agua que necesita la planta

Luego de la investigación realizada se puede concluir que un invernáculo de determinadas medidas (50 m x 20 m) con un óptimo sistema de riego por goteo (formando una película de 6mm de agua, diarios) permite un buen abastecimiento de agua a la planta para lograr una buena producción.

Palabras claves:

Riego, goteo, tomate, invernáculo

## Introducción:

La planta de tomate puede desarrollar un sistema radical profundo, esto depende de la variedad, suelo, contenido de humedad, etc. La gran masa de hojas de este cultivo pierde abundantes cantidades de agua por transpiración.

El fin de cultivar tomates en invernáculo es obtener ciertas ventajas como pueden ser: atraso y adelanto de cosecha y posibilidades de obtenerlas fuera de época, aumento de los rendimientos (tres a cinco veces mayor que los obtenidos a campo); una producción de mayor calidad (limpieza, sanidad, uniformidad); mayor eficiencia en el uso del agua; mejor control de plagas, y la posibilidad de realizar dos cultivos en el mismo año.

La cantidad de agua varía principalmente con el desarrollo de la planta y tipo de suelo, por lo tanto las plantas desarrolladas y los suelos pesados necesitan mayor cantidad de agua. Por otra parte, los suelos livianos necesitan riegos más frecuentes.

¿Que consecuencia tiene sobre el cultivo de tomate un mal dimensionamiento del sistema de riego?

¿Cual es el dimensionamiento y cálculo de sistema para un riego por goteo en invernáculo para cultivo de tomate?

Los objetivos son:

-Conocer los efectos que produce un mal dimensionamiento del sistema de riego por goteo en cultivo de tomate, bajo invernadero.

-Determinar el dimensionamiento y cálculo del sistema óptimo para riego por goteo.

En consecuencia la hipótesis del presente trabajo de investigación se basa en que un óptimo dimensionamiento y cálculo del sistema de riego por goteo, para la producción del cultivo de tomate, bajo invernáculo, donde se conocerá el diseño y los procedimientos utilizados.

Hay que destacar que adquiere una elevada importancia el estudio, ya que un mal dimensionamiento y cálculo de un sistema de riego por goteo, puede llevar a una deficiente producción.

La limitación que tenemos en el trabajo, es que no podemos generalizar los problemas ya que se trabajo con un solo invernáculo y un productor.

### Metodología:

Para el cálculo del dimensionamiento del sistema de riego por goteo, se tomó una unidad de análisis predimensionando un invernáculo (modelo teórico) con las siguientes características:

- Superficie del invernáculo 50 m x 20 m
- Caminos de un metro de ancho, cada dos líneas de siembra.
- Caminos de 1.5 m de ancho alrededor de la superficie cultivada.
- Distancia entre surcos de 0.5 m

En base a las dimensiones del invernáculo y conociendo que en el cultivo de tomate se transplantan cuatro plantas cada un metro cuadrado, es decir tres plantas por metro lineal, se determinó que el invernáculo consta de 141 plantas por surco, por lo tanto habrá 3384 plantas en el mismo.

Para un mejor aprovechamiento de la radiación solar se implementó un techo con una estructura de dos aguas. Además, para tener una mejor aireación posee amplias puertas en cada extremo.

Para aprovechar algunas ventajas, como por ejemplo: Baja conductividad térmica, buena resistencia a las cargas, y fácil montaje de las coberturas (polietileno de larga duración), se utilizó una estructura de madera.

En cuanto a los elementos relacionados con el riego se utiliza, un tanque de almacenaje de agua con capacidad de 105000 litros, este abastece una bomba, para una eficiente capacidad de riego.

El ramal de cañerías requiere una cañería principal de PVC y cañerías secundarias de polietileno, ésta última comprendida por un gotero de cada planta.

Para un eficiente sistema de riego bajo las condiciones mencionadas se requiere un enfoque analítico y un plan de tratamientos para los parámetros claves:

#### Caudal necesario:

Ej: El caudal que requiere el sistema de riego y se mide en la cantidad de líquido por unidad de tiempo ( $m^3/hs$ ).

Para obtener un conocimiento exacto del caudal se debe tener en cuenta, la superficie neta del sistema de riego, es decir, la cantidad de metros cuadrados que abarca el mismo, también se debe conocer la dosis de riego que se emplea y el tiempo diario que el sistema requiere para abastecer de agua necesaria al cultivo.

$$Q = \frac{\text{Superf. a regar} \times \text{dosis de riego}}{\text{Tiempo diario de riego}} \times 10$$

Donde:

Q – es el caudal en m<sup>3</sup>/hs  
 Superficie neta en m<sup>2</sup>  
 Dosis de riego en mm, pero para facilitar la conversión de unidades, se utilizó en metro.  
 Tiempo diario de riego en horas (hs)

Nota:

Cuando se obtuvo el caudal necesario se previó un 20 % para la bomba, porque ésta no tiene un rendimiento adecuado

Tanque de abastecimiento:

Como se mencionó al principio el tanque de abastecimiento comprende 105000 litros, pero este calculo se refiere a la cantidad de agua utilizada por el sistema de riego en un tiempo determinado, done se tuvo en cuenta el caudal necesario, las horas de riego y la cantidad de días a emplear.

En este ejemplo se tomó una semana.

$$\text{Volumen necesario (tanque)} = Q \times \text{hs de riego} \times \text{semana}$$

Donde:

Q= caudal necesario  
 Horas de riego (hs/día)  
 7 días es decir una semana

Caudal del gotero:

Se tomó como referencia el caudal del comerciante

$$(Q) \text{ gotero} = 108 \text{ litros/ horas}$$

Intensidad de riego para un gotero:

Para facilitar este cálculo hay que tener en cuenta la superficie del gotero y el caudal del mismo.

La superficie del gotero se mide con los siguientes datos:

- Distancia entre los goteros en la misma línea de planta.
- Distancia entre los goteros de distinta línea de planta.

$$\boxed{\text{Superficie gotero} = 0.75 \text{ m} \times 0.33 \text{ m}}$$

$$\boxed{I = \frac{Q \text{ gotero}}{\text{Sup. gotero}} = \frac{\text{dm}^3 / \text{h}}{\text{dm}^2} = \text{dm} / \text{hora} = \text{mm} / \text{hora}}$$

Donde:

- I es la intensidad en dm / hora = mm / hora
- Q es el caudal del gotero en dm<sup>3</sup> / hora
- La superficie del gotero en dm<sup>2</sup>

Tiempo de funcionamiento:

Para el cálculo del tiempo de funcionamiento de un gotero por día, se requiere tener en cuenta la dosis de riego (mm) y la intensidad del gotero.

$$\boxed{\text{Func. Gotero} = \frac{\text{Dosis de riego}}{I \text{ del gotero}} = \frac{\text{mm} / \text{día}}{\text{mm} / \text{h}} = \text{hs} / \text{día} = \text{min} / \text{día}}$$

Donde:

- Dosis de riego es la cantidad de mm de agua que se requiere por día para regar. ( mm / día )
- I (intensidad del gotero) en mm / hs

Cálculo de cañerías:

Se tomó como referencia la cañería principal junto con las cañerías secundarias, y la cantidad de goteros que hay en cada cañería secundaria

También se utilizó el caudal según comerciante del gotero.

$$Q \text{ Cañería principal} = Q \text{ gotero} \times N^{\circ} \text{ gotero} \times N^{\circ} \text{ líneas}$$

Donde:

- Q es el caudal de la cañería principal y el gotero.
- N° gotero es la cantidad de goteros que hay en cada cañería secundaria.
- N° de líneas es la totalidad de cañerías secundarias que se desprenden de la cañería principal (ver esquema del modelo teórico.)

#### Pérdida de carga:

La pérdida de carga es un parámetro físico indispensable para el cálculo de un líquido viscoso como el agua, esto se deduce de la pérdida de carga que tiene un líquido al circular en tuberías; por rozamiento en las paredes, codos, curvas y válvulas de la misma.

La pérdida de carga se obtiene de una tabla especial (ábaco) utilizando como datos necesarios, el caudal y el diámetro de la tubería y se mide por unidad de longitud m / m.

Es necesario obtenerla para que en el circuito completo de riego la presión sea constante.

#### Cálculo de la potencia de la bomba:

El cálculo de potencia para una bomba en el sistema de riego se obtuvo a través del caudal necesario.

El rendimiento potencial de una bomba común oscila entre un 40 % y un 70 %, y la altura necesaria de columna de agua para obtener una eficiencia en la presión de todo el sistema por ley gravitacional, (en caso de no utilizar bomba).

Como el cálculo de altura de columna de agua es muy elevado (48.3 m), se decidió utilizar una bomba.

$$W = \frac{Q \times H}{\eta} = \frac{\text{las / seg.} \times \text{m}}{\text{rendimiento}} = \text{CV}$$

Donde:

- W, es la potencia y se mide caballos de vapor. (cv)

- $Q$ , es el caudal necesario. (litros / seg.)
- $\eta$ , es el rendimiento de la bomba.

### Cantidad de agua que necesita la planta:

La planta de tomate requiere un riego diario equivalente a una precipitación de 5 mm de agua por día.

Esta información fue buscada en bibliografía proveniente de la cátedra de horticultura.

### Muestreo:

El muestreo es dirigido o intencional, debido a que el universo de estudio, (el invernáculo) está claramente delimitado.

La muestra es no aleatoria ya que no se utilizaron procedimientos estadísticos en la variable principal.

### Fuente de datos:

La fuente de datos es fundamentalmente primaria porque se realizó una entrevista a un productor y se generó conocimiento.

Estos cálculos que llevaron a dimensionar las variables, son estrictamente matemáticas y físicas.

## Resultados

### ▪ Cálculo del caudal necesario:

$$Q \text{ (m}^3/\text{hs)} = \left[ \left[ \frac{\text{Sup a regar (ha)} \times \text{dosis de riego (mm)}}{\text{hs diarias de riego}} \right] \right] \times 10$$

- Sup. Neta = 47,33 m x 18 m = 852 m<sup>2</sup>

- Dosis de riego = 0,005 m

- Horas diarias de riego = 16 hs

$$0,27 \text{ m}^3/\text{hs} = 270 \text{ l/hs}$$

$$Q = \left[ \left[ \frac{852 \text{ m}^2 \times 0,005 \text{ m}}{16 \text{ hs}} \right] \right] \times 10$$

× Se debe prever un 20% más para la bomba

$$20\% \text{ de } 270 \text{ l/hs} = 54 \text{ l/hs}$$

$$Q = 324 \text{ l/hs}$$

Es la cantidad de agua necesaria por hora para abastecer todo el riego

### ▪ Tanque:

$$(Q \times \text{hs de riego} \times \text{día})$$

$$324 \text{ l/hs} \times 16 \text{ hs/día} \times 7 \text{ días} = 36300 \text{ lts}$$

$$36,3 \text{ m}^3 \text{ por semana}$$

Esta es la cantidad utilizada de agua por semana, y por ende el mínimo almacenaje del tanque.

\*Cálculo del gotero:

- 1 gotero cada 33 cm
- Caudal del gotero según comerciante 1,8 l/hora
- Sup. del gotero = 0,75m x 0,33m =  $0,25 \text{ m}^2 = 25 \text{ dm}^2$

▪ Intensidad de riego para un gotero:

$$I = \frac{Q \text{ gotero}}{\text{Sup. Gotero}} = \frac{1,8 \text{ dm}^3/\text{hora}}{25 \text{ dm}^2} = 0,072 \text{ dm}/\text{hora} = 7,2 \text{ mm}/\text{h}$$

▪ Tiempo de funcionamiento del gotero por día:

$$\begin{aligned} \text{Func. gotero} &= \frac{\text{dosis de riego}}{I \text{ del gotero}} \\ &= \frac{5 \text{ mm}/\text{día}}{7,2 \text{ mm}/\text{hs}} = 0,7 \text{ hs}/\text{día} \quad 42 \text{ min}/\text{día} \end{aligned}$$

▪ Cálculo de cañerías:

- Cañería principal: - Líneas 24
- Goteros 141/ramal

Q cañería principal = Q gotero x N° gotero x N° líneas

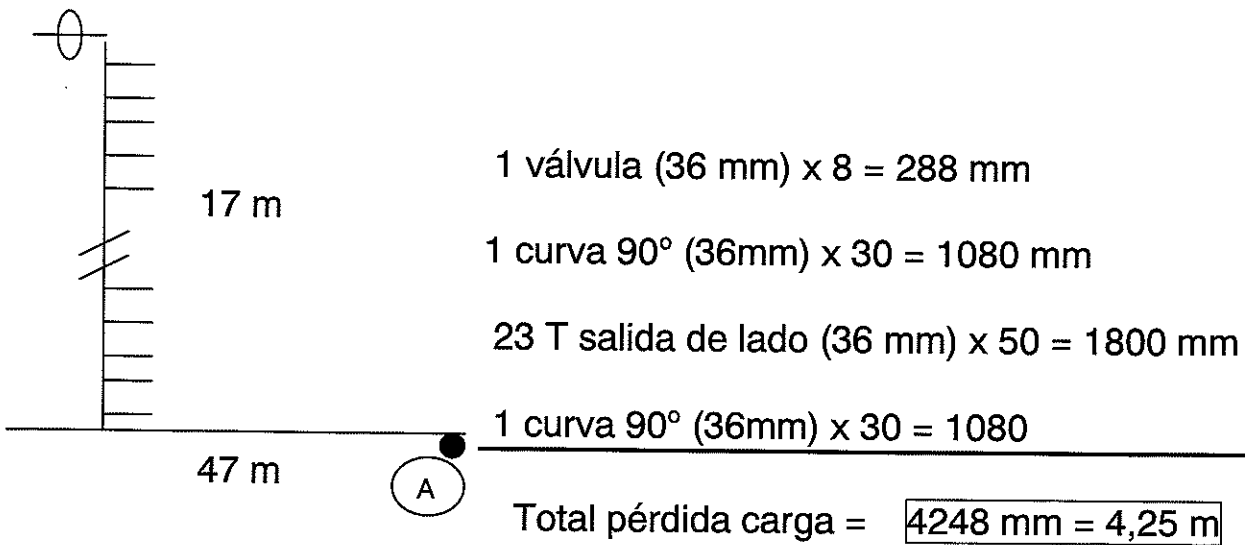
$$Q = 1,8 \text{ l}/\text{h} \times 141 \times 24$$

$$Q = 6090 \text{ l}/\text{h} = 1,7 \text{ l}/\text{seg}$$

▪ Pérdida de carga:

- Cañería principal 1,5" (36mm) = 0,08 m/m
  - Cañería secundaria 1" (25mm) = 0,6 m/m
- } ábaco

▪ Cañería principal



Cálculo de presión columna de agua:

Cañería principal (1,5")	Cañería secundaria (1")
Pérdida de carga x longitud	Pérdida de carga x longitud
$0,08 \text{ m/m} \times 18 \text{ m} = $ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,44 m</span>	$0,6 \text{ m/m} \times 47 \text{ m} = 28,2 \text{ m}$
Presión = 1,44 m + 4,25 m	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2,82 Kg /m<sub>2</sub></span>
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">= 5,7 m = 0,57 Kg /m<sub>2</sub></span>	en A

- Sumas en  $\textcircled{A}$  (presión de gotero entre 0,9 Kg y 1,2 Kg)

Suma en  $\textcircled{A}$  = presión de goteo + pérd. de carga + pérd. De carga  
cañería Princ..+ cañería secun.

$$1\text{Kg/m}_2 \quad + \quad 0,57 \text{ Kg/m}_2 \quad + \quad 2,82 \text{ Kg/m}_2$$

$$= \boxed{4,39 \text{ Kg/m}_2}$$

× Se le suma un 10% para prever un sobre dimensionamiento de la bomba

$$10\% \text{ de } 4,39 \text{ Kg/m}_2 = 0,44 \text{ Kg/m}_2 \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} 4,83 \text{ Kg/m}_2 \\ 48,3 \text{ m. de columna de} \\ \text{agua} \end{array}}$$

▪ Cálculo potencia de bomba en CV:

$$Q = 3,24 \text{ l/s} = 0,09 \text{ l/s}$$

$$H = 48,3 \text{ m. de columna de H}_2\text{O}$$

$$\eta = \text{rendimiento (entre 40\% y 70\%)}$$

$$W = \frac{Q \cdot H}{\eta} = \frac{0,09 \text{ /seg} \cdot 48,3\text{m}}{40} = \boxed{0,108 \text{ CV}}$$

Es la potencia mínima necesaria de la bomba a utilizar.

\_Cuadro de comparación entre el modelo teórico y el productor entrevistado

<b>Parámetros</b>	<b>Modelo Teórico</b>	<b>Productor</b>
Dimensiones	1000m <sup>2</sup>	700m <sup>2</sup>
Cultivo	Tomate	Tomate
Sistema de riego	Riego por goteo	Riego por goteo
Suministro de agua	Agua de pozo almacenada en tanque	Agua de pozo directamente
Tiempo de riego	40 minutos diarios	40 minutos diarios
Calidad del agua	Buena, sin limitantes	Salada
Bomba (potencia)	0,110 HP	7,5 HP (abastece 7 invernáculos y 5 has. por riego en aspersión al aire libre).
Cañería madre (diámetro)	1,5"	2"
Ramales - Diámetro	1"	1"
Distancia -	50 cm.	25 cm.
Materiales del Invernáculo	Madera	Hierro
Estructura del Invernáculo	2 aguas	Parabólica
Cobertura del Invernáculo	Polietileno	Polietileno

### Discusión:

Al realizar el presente trabajo de investigación, se cumplieron los objetivos propuestos y se corroboró la hipótesis de que un mal dimensionamiento del sistema de riego trae como consecuencia una baja producción del cultivo. Porque un mal sistema de riego produce una deficiencia en la cantidad del agua aplicada.

También se observó que al no tener un buen dimensionamiento del sistema, se realiza un uso ineficiente del agua, porque al no tener una presión constante en todo el sistema algunos goteros aplican mas agua que la necesaria y los de los extremos mas alejados de la bomba producen un riego ineficiente.

Por experiencia del productor entrevistado se dedujo que antes de llevar a la práctica este proyecto e implementar un riego por goteo, es indispensable realizar un análisis de agua a utilizar, para no tener consecuencias posteriores como ser salinización del suelo y por ende disminución de la producción.

## Conclusión:

Luego de la investigación realizada, se puede concluir que un invernáculo de determinadas medidas (50m x 20m) con un óptimo cálculo y dimensionamiento del sistema de riego por goteo, confirma como cierta la hipótesis del presente trabajo. Esto quiere decir, que el proyecto elaborado, indica las problemáticas que presenta un mal dimensionamiento y calculo del sistema de riego sobre el cultivo.

En cuanto a la entrevista realizada, tomar un solo ejemplo, no se puede llegar a generalizar el modelo real de los productores de la zona.

También se propone que el cálculo y dimensionamiento del sistema de riego se puede llevar a la práctica porque las fórmulas (físicas y matemáticas) utilizadas en este trabajo, se pueden utilizar para invernáculos de distintas dimensiones.

### Referencias bibliográficas:

- Apunte provisto por la Cátedra de Horticultura: "Cultivo del Tomate"
- Material de curso a distancia INTA: "Cultivo del Tomate"

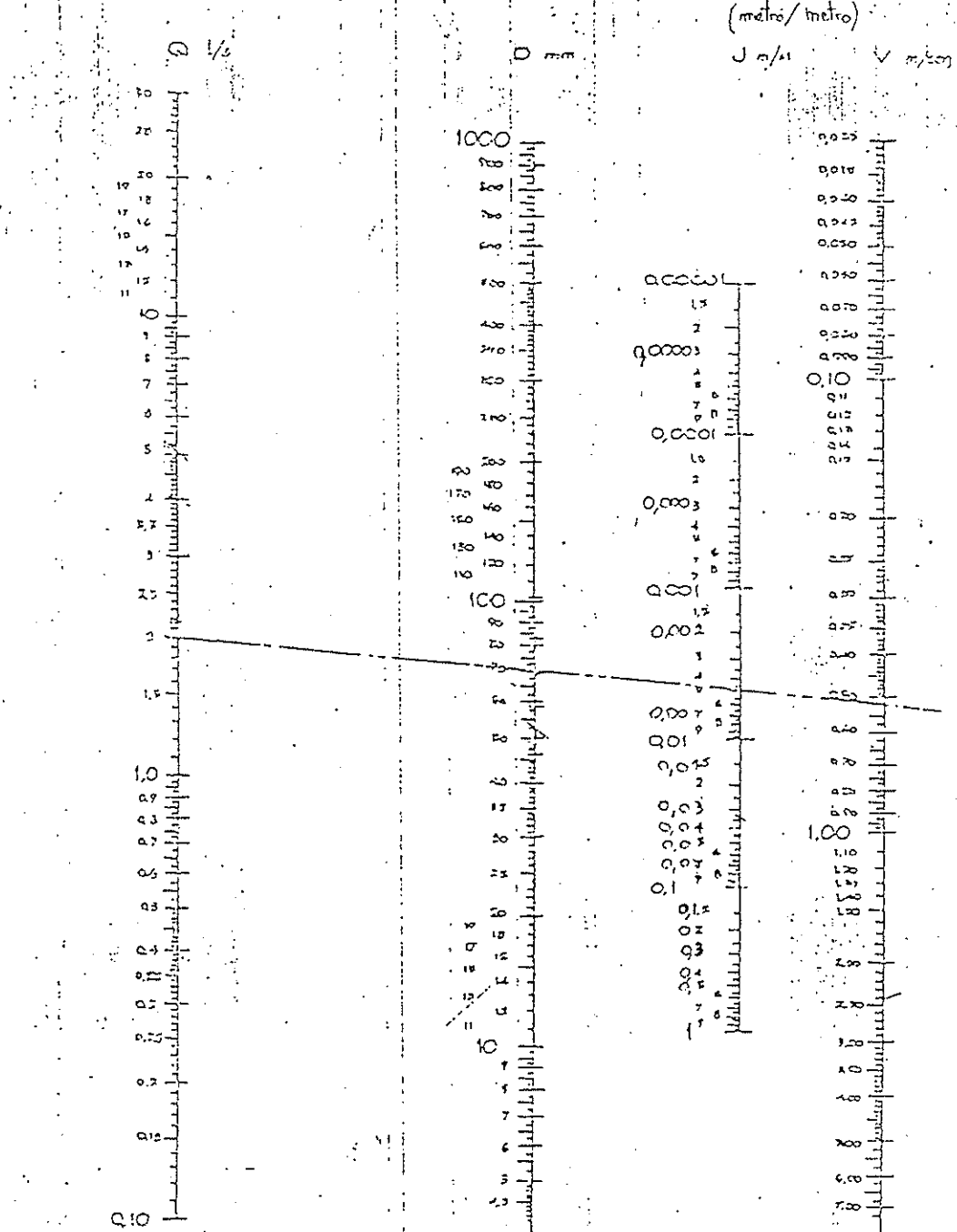
### Apéndice:

A continuación se adjunta el ábaco, tabla necesaria para calcular la pérdida de carga y el esquema del modelo teórico.

Se ha entrevistado a un productor de la localidad de Soldini con el fin de comparar un modelo real con el modelo teórico planteado en el presente trabajo.

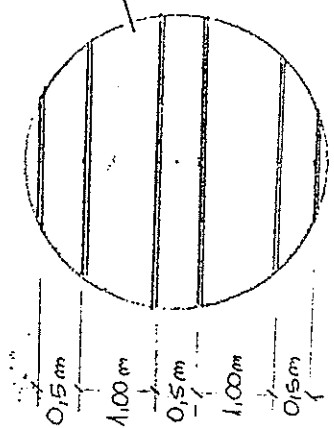
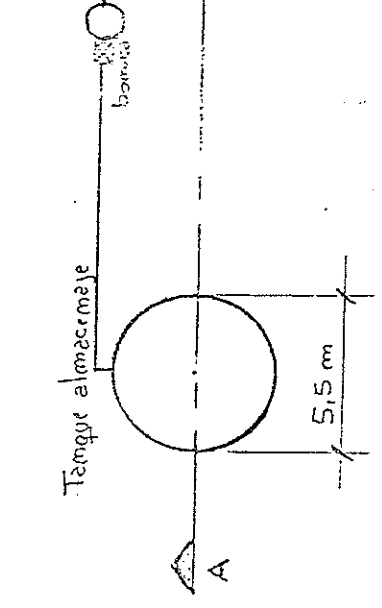
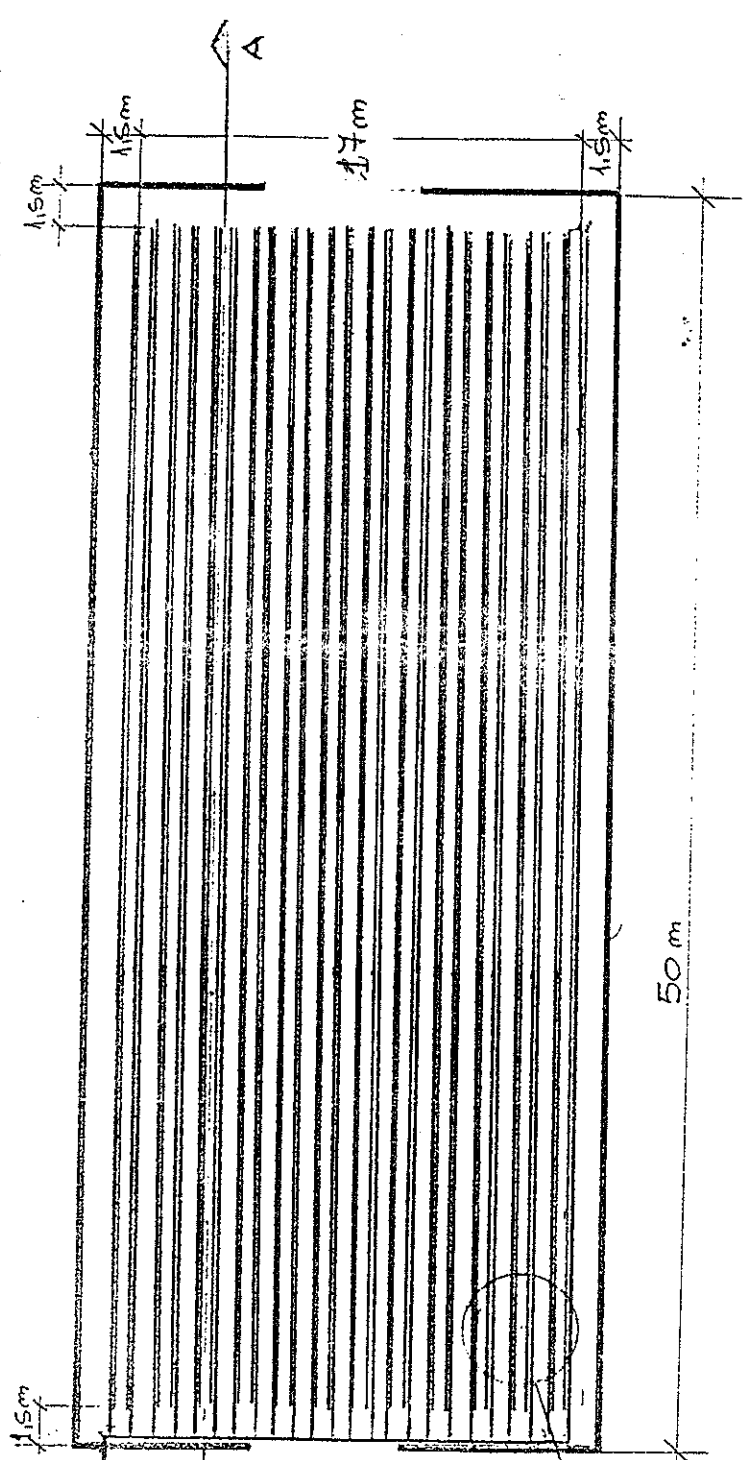
ABACO PARA EL CALCULO DE LOS CONDUCTOS DE AGUA POTABLE EN CLORURO DE POLIVINILO RIGIDO Y EN POLIETILENO

LIMITE DE SUPLEO: 25 (7.400 (Nº - NUMERO DE REYHOLOS))

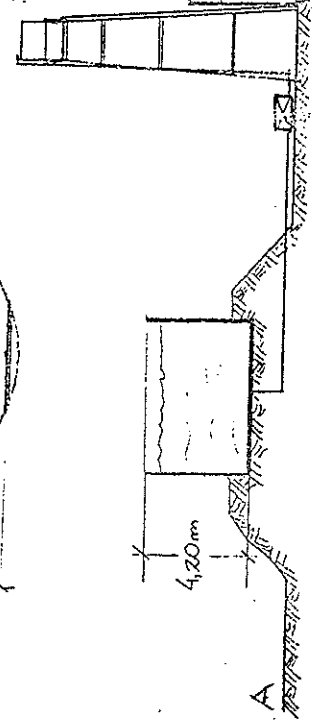


PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS

TIPO DE PIEZA	Longitudes expresadas en diámetros
Ampliación gradual	12
Codo a 90°	45
Codo a 45°	20
Curva a 90°	30
Curva a 45°	15
Unión	30
Reducción gradual	6
Válvula esclusa	8
"TE" paso directo	20
"TE" salida de lado	50
"TE" salida bilateral	65



Tanque de distribución



CORTE A-A

REFERENCIAS

- Cap Tanque almacén = 105000 Lts
- Cap Tanque de distribución = 26500 Lts.
- Cámara principal
- Cámara secundaria

Esc: 1:500