



D-13787

T
637.7
N734



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica

“DISEÑO HIDRAULICO DE UNA RED EXPERIMENTAL
DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE
PIMIENTO Y TOMATE”

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Realizado por:

Jorge Alfredo Niveló Supliguicha

Guayaquil - Ecuador

1993



A G R A D E C I M I E N T O

- Al Ing. Victor H. Gonzalez,
Director del Proyecto, por su
ayuda y colaboración para la
realización de este trabajo.
- A Plastigama por el apoyo y
asesoramiento técnico dado en
cuanto a materiales e instala-
ción.
- A Agripac por el asesoramiento
dado en la parte agronomica.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

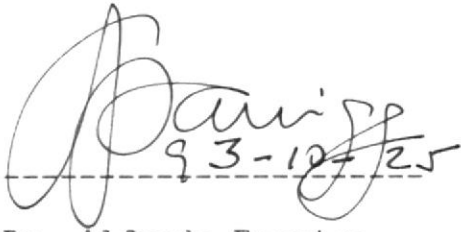
A MIS HERMANOS.

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Proyecto de Grado me corresponde exclusivamente; y , el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

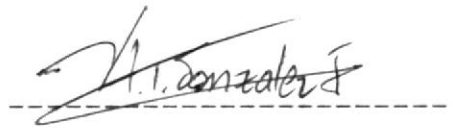
(Reglamento de Tópicos de Graduación).

JORGE ALFREDO NIVEL SUPLIGUICHA



Dr. Alfredo Barriga

Decano
Facultad de Ingenieria
en Mecánica



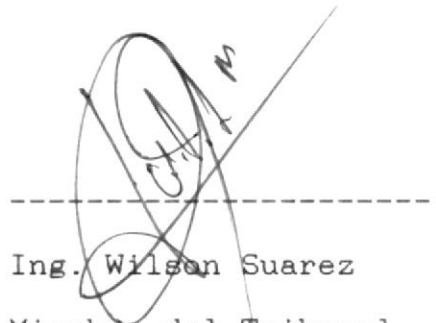
Ing. Victor H. Gonzalez

Director de
Proyecto de Grado



Ing. Manuel Helguero

Miembro del Tribunal
de Grado



Ing. Wilson Suarez

Miembro del Tribunal
de Grado



RESUMEN

El objetivo de este proyecto es diseñar e instalar una red de riego por goteo para la aplicación dentro de la agricultura y en especial en lugares donde existe escasez de agua .

El proyecto contiene en su estructura el riego por goteo, diseño hidráulico e instalación de la red y una evaluación de resultados tanto físicos como agronómicos.

En el capítulo uno se define el riego por goteo, se dan sus características, ventajas y desventajas, y también se hace una metodología general del cultivo.

En el capítulo dos se desarrolla el diseño hidráulico e instalación de la red.

En el capítulo tres se realiza una evaluación de los parámetros físicos, agronómicos y también de costos. Y con estos resultados se hace una proyección a 10 ha.

Las conclusiones y recomendaciones dadas son la parte final de este proyecto.

INDICE GENERAL

	<u>PAG.</u>
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	XII
SIMBOLOGIA	XIV
INTRODUCCION	XVI
CAPITULO I "RIEGO POR GOTEO"	
1.1. DEFINICION	17
1.2. CARACTERISTICAS	17
1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	18
1.4. DATOS GENERALES SOBRE LA METODOLOGIA DEL CULTIVO DE PIMIENTO Y TOMATE	19
CAPITULO II "DISEÑO E INSTALACION DE LA RED EXPERIMENTAL"	
2.1. DESCRIPCION DE LAS PARTES CONSTITUYENTES	20
2.2. DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO	24
2.3. CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO	25
2.4. CUANTIFICACION DE CARGAS	31
2.4.1. PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS PRINCIPAL Y SECUNDARIA	31
2.4.2. PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIA PORTAGOTEROS	34

VIII

2.4.3. PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS	37
2.5. POTENCIA REQUERIDA	42
2.6. DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED	43
2.6.1. CALCULO DE PERDIDAS DE CARGAS TOTALES ...	43
2.7. CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	60
2.8. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA	61
2.9. CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	61
2.10 SELECCION DE LA BOMBA	62
2.11 INSTALACION DE LA RED EXPERIMENTAL	64
CAPITULO III "EVALUACION Y PROYECCION A 10 Has."	
3.1. EVALUACION DE PARAMETROS FISICOS	74
3.2. EVALUACION DE PARAMETROS AGRONOMICOS	78
3.3. EVALUACION DE COSTOS.	97
3.4. CONDICIONES PARA LA PROYECCION A 10 Has	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
APENDICE	116
BIBLIOGRAFIA	127

INDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	PAG.
2.1	Esquema del área experimental para el cultivo de tomate y pimiento	30
2.2	Tramo de tubería	31
2.3	Coeficiente kd de pérdida por cambio de dirección	39
2.4	Area experimental considerada	64
2.5	Vista de la zanja para el tendido de la tubería secundaria para el tomate y pimiento	65
2.6	Accesorios utilizados en la red experimental ...	66
2.7	Instalación de válvula de compuerta y filtro ...	67
2.8	Instalación de manómetros y válvulas solenoide .	68
2.9	Cabezal de la red e instalación de accesorios y tuberías secundarias para los ramales de tomate y pimiento	69
2.10	Instalación de tubería secundaria,codo,reductor buje, válvula solenoide para la parcela de pimiento	70
2.11	Instalación de tubería portagoteros	71
2.12	Tendido de tuberías portagoteros para parcela de tomate y pimiento	72
2.13	Instalación de goteros autocompensados HB	73
2.14	Instalación de tapones de tubería portagoteros .	73

X

3.1	Aplicación de fertilizantes al tomate	83
3.2	Plantación de tomate 5 días después del trasplante	84
3.3	Vista del sistema de riego por goteo para el tomate	85
3.4	Vista del sistema de riego por goteo para el pimiento y tomate	86
3.5	Vista del área mojada por el goteo	87
3.6	Etapa de floración del tomate	87
3.7	Desarrollo de la plantación de tomate y pimiento	89
3.8	Etapa del desarrollo de tomate y pimiento	90
3.9	Vista del pimiento en pleno desarrollo	91
3.10	Obtención de pimiento de diferentes tamaño	92
3.11	Calidad de pimiento obtenido	93
3.12	Calidad de tomate obtenido	94
3.13	Tomate de 0.75 Kg. obtenido	94
3.14	Tomate de 0.26 Kg. obtenido	95
3.15	Tomate de 0.32 Kg. y 0.45 Kg	95
3.16	Tomate de diferentes pesos	96
3.17	Tomate y pimiento obtenidos	96
3.18	Curvas características de una motobomba	109
A.1	Curva característica de funcionamiento del gotero	121
A.2	Diagrama de Moody	122
A.3	Diagrama de pérdida de carga para tubería de polietileno. PE	123

XI

A.4	Diagrama de pérdida de carga para tubería de presión uPVC	124
A.5	Diagrama de pérdida de carga para tubería de presión roscable uPVC	125
A.6	Distribución de tuberías para 10 ha	126

INDICE DE TABLAS

Nº		PAG.
1	Datos generales para el semillero	19
2	Valores de Coeficiente reductor F	36
3	Coeficiente kv de pérdidas para contracción repentina	38
4	Coeficiente k de pérdida en válvula y codo	40
5	Coeficiente kt de pérdida en tees	41
6	Caída de presión a través de un válvula solenoide	41
7	Caída de presión a través de un filtro	42
8	Rendimiento de bombas con eyector convertible ...	63
9	Caudales promedio sobre una línea portagoteros ..	74
10	Caudales promedio disponible sobre el sistema ...	75
11	Fertilizantes, insecticida y abono foliar para el tomate	78
12	Fertilizantes, insecticida y abono foliar para el pimiento	79
13	Cronograma de trabajo de aplicación y cultivo de tomate y pimiento	80
14	Rendimiento de producción	81
15	Peso de tomates de tamaño diferentes	82
16	Presupuesto del área experimental	97
17	Cálculo de Tuberías secundaria para la proyección a 10 ha	105
18	Presupuesto para la proyección a 10 ha	111

XIII

A.1	Análisis de suelo hecho por CEDEGE	117
A.2	Evapotranspiración máxima	118
A.3	Calendario de riego para el tomate	119
A.4	Calendario de riego para el pimiento	120

SIMBOLOGIA

A	Area
Are	Area total de la red experimental
Xh	Distancia entre hileras para el semillero
Xp	Distancia entre plantas para el semillero
PE	Tubería polietileno de baja densidad
µPVC	Tubería plastica de presión
dh	Distancia entre hileras para la red experimental
dp	Distancia entre plantas para la red experimental
Etm	Evapotranspiración máxima
Q	Caudal
Qg	Caudal del gotero
Qd	Caudal disponible
Qi	Caudal instantaneo
Qs	Caudal suministrado
Hg	Presión de trabajo del gotero
d	Diámetro de la tubería
tr	Tiempo de riego
ρ	Densidad
g	Gravedad
V	Velocidad
Hm	Pérdida de carga a través de tuberías
Re	Número de Reynolds
RR	Rugosidad relativa
Sf	Pérdida de carga unitaria

F	Coeficiente reductor
CU	Coeficiente de uniformidad
P	Potencia
p	Presión
z	Nivel de referencia
e	Rugosidad absoluta
H _{pg}	Pérdidas de carga en tubería portagoteros
h _n	Pérdidas de carga por ensanchamiento brusco
h _r	Pérdidas de carga por contracción repentina
h _d	Pérdidas de carga por cambio de dirección
h	Pérdidas de carga por obstrucciones
Δp	Caída de presión
H _t	Pérdida de carga totales
η	Eficiencia
τ	Peso específico
L _{pg}	Longitud de tubería portagoteros
d _{pg}	Diámetro de tubería portagoteros
ν	Viscosidad cinemática
f	Factor de fricción
L	Longitud
Vol	Volumen
t	Tiempo
N	Número de revoluciones
s	segundo.

INTRODUCCION

La existencia de terrenos no cultivables en nuestro país y en especial en la zona costera, nos lleva a realizar un estudio del riego por goteo tomando como área experimental el campus politécnico por su suelo cultivable.

La aplicación del riego no se debe simplemente al problema económico de agua, sino también a la necesidad de reducir lo máximo posible los costos operacionales de equipos y de obtener la mayor cantidad de productos y de mejor calidad.

El diseño e instalación de este sistema de riego por goteo analizados en este proyecto nos permite hacer una proyección a extensiones grandes de terrenos, debido al análisis de la mecánica de fluidos, accesorios a instalarse que está en el mercado.

CAPITULO 1

RIEGO POR GOTEO

1.1. DEFINICION.

El riego por goteo es un sistema, el cual se encarga de aplicar el agua necesaria a las plantas por medio de tuberías plásticas a través de una red bien diseñada sobre el terreno, esta llega a la raíz de la planta a través de unos dispositivos que se conocen como goteros.

1.2 CARACTERISTICAS.

Sus características principales son :

- El agua se aplica al suelo desde una fuente puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en todas las dirección.
- No se moja todo el suelo, sino sólo parte del mismo, que varía con las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda es donde la planta concentrará sus raíces .

- Requiere un abonado frecuente, como consecuencia del movimiento permanente del agua en el bulbo puede producirse un lavado excesivo de nutrientes.
- Los riegos se realizan en forma diurna o sea bajo la influencia de la luz del sol .
- Los riegos son diarios o por lo menos cada dos o tres días, dependiendo de la época del cultivo .
- La cantidad de agua utilizada responde al uso del cultivo .

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Dentro de las ventajas tenemos :

- Ahorro importante de agua, mano de obra .
- Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados o pobres que sean .
- Utilización de agua de peor calidad .
- Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos .
- No existe interferencia a causa de los vientos .
- Disminuye el grado de malas hierbas .
- Riego continuo del cultivo durante un tiempo prolongado .

- Posibilidad de uso de equipos de bomba, más pequeñas, al trabajar con menor caudales.

Dentro de las desventajas tenemos :

- Alto costo de inversiones iniciales
- Requiere una vigilancia constante para las irregularidades del funcionamiento .
- Problemas de obturación de los goteros .
- Inundaciones .

1.4 DATOS GENERALES SOBRE LA METODOLOGIA DEL CULTIVO DE TOMATE Y PIMIENTO

El pimiento y el tomate son hortalizas de transplante, lo que quiere decir que la semilla se deposita primeramente en semilleros y posteriormente las plantitas son transplantadas al área experimental

Los datos generales sobre el semillero se muestra en la tabla Nº 1 .

VARIEDAD	A (m ²)	Xh (m)	Xp (m)	FERTILIZANTES			FUNGICIDAS	
				N g/m ²	P ₂ O ₃ g/m ²	K ₂ O g/m ²	MOCAP g/m ²	CAPTAN g/m ²
Tomate	0.35	0.1	0.01	17	43	33	10	2.6
Pimiento	0.35	0.1	0.01	17	43	33	10	2.6

Tabla Nº 1 . Datos generales para el semillero .

Los demás datos para el área experimental en lo que respecta a marco de plantación, tipo de suelo, evapotranspiración, fertilización y fungicidas, se encuentran en los capítulos 2.2 y 3.2 .

CAPITULO 2

DISEÑO E INSTALACION DE LA RED EXPERIMENTAL

2.1. DESCRIPCION DE LAS PARTES CONSTITUYENTES

- Tuberías

Las tuberías que se han utilizado en la instalación de riego por goteo son de UPVC y CPVC para líneas principales y secundarias, y de PE de baja densidad para las tuberías portagoteros.

Una de las características de estas tuberías son que los materiales utilizados en su fabricación y la tecnología de los procesos de fabricación por extrusión, permite obtener una textura de la superficie interior lisa y por ende la fricción o resistencia que ofrece la tubería a la circulación del líquido es menor. Ello produce altos coeficientes de Hanzen -Williams .

Otra de las características de estas tuberías, es que al final del período de vida útil estimada en 50 años, el coeficiente de Hanzen -Williams varía en magnitud despreciable .

La instalación de estas tuberías, tienen sus ventajas que son:

- El PVC es rígido y es más barato que el PE para diámetros mayores e iguales a 50 mm.
 - El PE es flexible y es más barato para diámetros inferiores a 50 mm.
 - Tiene gran resistencia a los agentes atmosféricos como son, la corrosión y la radiación ultravioleta
 - La instalación de estas es muy sencilla y rápida, en virtud de la gran longitud de los rollos.
- **Cabezal**

El cabezal de la red experimental consta de :

Manómetros

Es un dispositivo que indica la presión de operación de la red experimental, cuyo rango de operación es de 0 a 160 psi.

Se encuentra ubicado entre la válvula de compuerta y el filtro.

Válvula

Una válvula de compuerta manual es la que se utiliza, y es una de las partes básicas dentro de la red experimental. regula el fluido y por lo tanto controla la presión de operación del sistema.

Filtro

Es la parte principal del sistema, y se lo utiliza con la finalidad de impedir la entrada de impurezas hacia los goteros .

El filtro esta constituido por un cuerpo tubular de malla al que el agua entra circulando de dentro hacia el exterior.

La cámara exterior es anular y desagua en el conducto de agua limpia.

El filtro utilizado es de plástico, y su rango de operación es de 5 a 30 GPM . La medida de la malla es de 200 Mesh.

- Valvula Solenoide

Es de funcionamiento eléctrico. Tiene un campo electromagnetico para levantar una válvula piloto, la cual permite que fluya el agua .

Esta válvula se la puede accionar manualmente.

- **Gotero.**

Es una de las partes importantes del sistema, y es el encargado de dar el agua a las plantas.

El gotero utilizado es autocompensado HB, cuya característica principal es de emitir un caudal constante de 2.6 l/h, dentro de un amplio rango de presión que fluctúan entre 7 a 70 psi.

2.2. DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE LA RED EXPERIMENTAL.

La mayor parte de estos datos se han tomado directamente sobre el área experimental, y a partir de aquellos se obtienen datos técnicos, los mismos que nos van a permitir dimensionar la red experimental y a obtener una gran eficiencia del sistema.

Estos datos son :

- Superficie total

Area = 192 m²

- Tipo de suelo

Franco arcilloso, tomado de las tabla A.1

- Tipo de cultivo

Tomate y pimiento

- Marco de plantación

Tanto para el tomate como el pimiento es el mismo

$$dp = 0.5 \text{ m}$$

$$dh = 1 \text{ m.}$$

- Evapotranspiración máxima

Para el Tomate es :

$$E_{tm} = 5.02 \text{ mm/día, tomado de la tabla A.2}$$

Para el Pimiento es :

$$E_{tm} = 4.73 \text{ mm/día, tomado de la tabla A.2}$$

- Caudal total disponible

$$Q_d = 1738.8 \text{ l/h}$$

- Caudal del gotero

$$Q_g = 2.6 \text{ l/h}$$

- Presión de trabajo del gotero

$$H_g = 10 \text{ m., tomado de la figura A.1}$$

2.3 CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO

Para el cálculo de los requerimientos hídricos se deben considerar los siguientes datos :

$$\text{Superficie de cada cultivo} = 96 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de goteros para cada área del cultivo} = 186$$

$$E_{tm} \text{ del Tomate} = 5.02 \text{ mm/día}$$

$$E_{tm} \text{ del Pimiento} = 4.73 \text{ mm/día}$$

- Requerimiento hídrico del Tomate

El valor máximo de la evapotranspiración mensual

sería 151 mm., que corresponde al mes de septiem -
bre, y ésta es la cantidad que debemos reponer para
que las plantas tengan a su disposición el agua que
requieren .

Todo calculo hidraulico se lo realiza a partir de
los valores máximos, no de los promedios, ya que
con un valor promedio no cubriríamos el requeri -
miento de la planta cuando más lo necesita, en este
caso, es el mes de septiembre cuando mayor necesi -
dad de riego tiene la planta .

Asumimos que el riego por goteo no mojaremos toda
la superficie, sino solamente un 50 % de ella, el
valor de la Etm sería :

$$151 \text{ mm} \times 0.5 = 75.5 \text{ mm/m}^2$$

Los 75.5 mm. es la lámina de agua que debemos
reponer al suelo por cada m^2 , es decir, aplicamos
75.5 litros por m^2 , sabiendo que 1 mm equivale a
1 litro por m^2 , por lo tanto, el valor para 96 m^2
será :

$$75.5 \text{ l/m}^2 \times 96 \text{ m}^2 = 7248 \text{ l}$$

Esta es la cantidad de agua que debemos suministrar
a una área de 96 m^2 durante un mes .

- Cálculo del Caudal instantáneo y tiempo de riego

El caudal instantáneo es la cantidad de agua que debemos suministrar diariamente. Considerando que se va a regar 15 días al mes, es decir, pasando un día, entonces tendremos :

$$Q_i = \frac{7248 \text{ l/mes}}{15 \text{ días/mes}} = 483.2 \text{ l/día}$$

Entonces el cultivo de tomate requerirá una aplicación diaria de 483.2 l, para una área de 96 m².

El caudal que suministra el sistema se calcula en base a la distribución de las tuberías sobre el área experimental, al número de goteros existentes dentro de ella, y al caudal del gotero .

Dicha distribución de tuberías se muestra en la figura 2.1 , y a partir de ésta se obtiene :

$$Q_s = (186 \text{ goteros}) \times (2.6 \text{ l/h}) =$$

$$Q_s = 483.6 \text{ l/h}$$

Este es el caudal que suministra el sistema en un día para una área de 96 m² .

El tiempo de riego será entonces :

$$tr = \frac{\text{Vol.de agua para el tomate en 1 día para } 96\text{m}^2}{\text{Caudal del sistema en un día para } 96 \text{ m}^2}$$

$$tr = \frac{483.2 \text{ l}}{483.6 \text{ l/h}} = 0.99 \text{ h.}$$

$$tr = 1 \text{ h.}$$

- Requerimiento hídrico del Pimiento.

Para los cálculos hídricos del pimiento, se proceden de la misma manera que se realizó para el tomate .

La Etm mensual será 142 mm., y corresponde al mes de septiembre .

Asumimos que con el riego por goteo no mojaremos toda la superficie, sino solamente un 50 % de ella, el valor de Etm sería :

$$142 \text{ mm} \times 0.5 = 71 \text{ mm/m}^2$$

71 mm es la lámina de agua que debemos reponer al suelo por cada m^2 , es decir, aplicaremos 71 litros por m^2 .

Para una área de 96 m² tendríamos :

$$71 \text{ l/m}^2 \times 96 \text{ m}^2 = 6816 \text{ litros}$$

Esta es la cantidad de agua que debemos suministrar en un mes .

- Cálculo del caudal instantaneo y tiempo de riego

El pimiento se va a regar 15 días al mes, y por tanto se tiene :

$$Q_i = \frac{6816 \text{ l/mes}}{15 \text{ días/mes}} = 454.4 \text{ l/día}$$

El caudal suministrado diariamente por el sistema sera:

$$Q_s = (186 \text{ goteros}) \times (2.6 \text{ l/h})$$

$$Q_s = 483.6 \text{ l/h}$$

El tiempo de riego será :

$$t_r = \frac{454.4 \text{ l}}{483.6 \text{ l/h}} = 0.939 \text{ h.}$$

$$t_r = 56.3 \text{ min.}$$

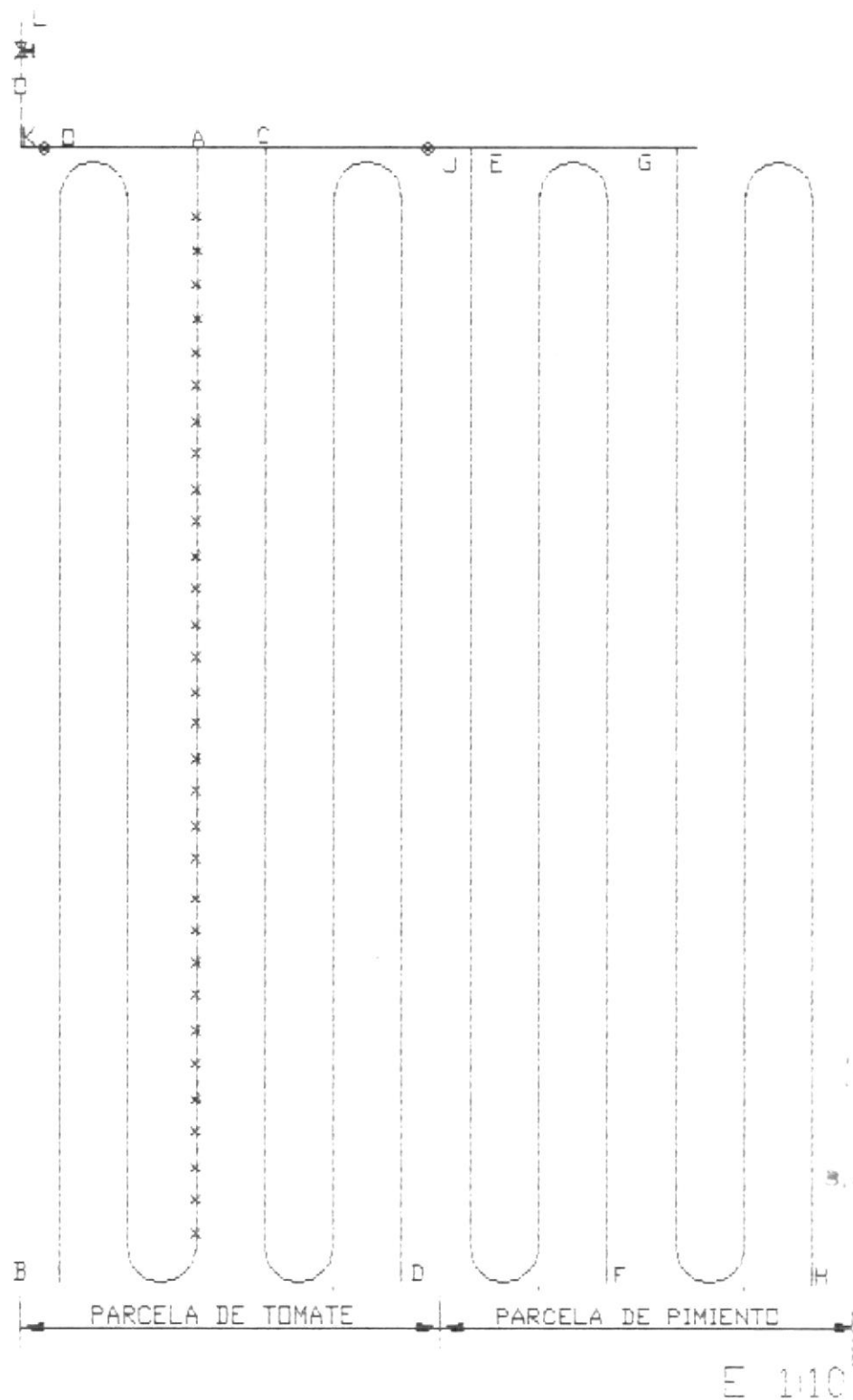


Fig. 2.1 Esquema del área experimental para el cultivo de tomate y pimiento.

2.4. CUANTIFICACION DE CARGAS

2.4.1. PERDIDAS DE CARGA EN LA TUBERIA PRINCIPAL Y SECUNDARIA

En las tuberías del sistema de riego por goteo, el agua circula a presión, y por lo tanto habrá una pérdida de carga o energía debido al rozamiento de las moléculas líquidas entre ellas y contra las paredes de la tubería y a cambios en la elevación.

Para determinar las pérdidas de carga, tenemos un tramo de tubería, y hacemos un análisis con la ecuación de Bernoulli entre los puntos 1 y 2, así como se muestra en la figura 2.2.



fig. 2.2 Tramo de tubería

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 + H_M = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2$$

Considerando una tubería de área constante en su sección transversal y además horizontal se

obtiene :

$$\frac{V_1^2}{2} = \frac{V_2^2}{2}$$

$$gZ_1 = gZ_2$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = H_M$$

De este modo, para un flujo completamente desarrollado a través de un tubo horizontal de área constante, las pérdidas de carga se puede expresar como una pérdida de presión.

En fin la pérdida de carga en tuberías puede estimarse en base a la fórmula de Darcy que viene dada por :

$$H_M = \frac{f L V^2}{2 g d} \quad 2.1$$

Para la aplicación de la fórmula 2.1, se determina el número de Reynolds, Re , y el valor de la rugosidad relativa, e/D .

El valor de la rugosidad absoluta para el plástico dada por (ref. 1) es :

$$e = 0.00001 \text{ m.}$$

Con los valores de Re y e/D , se determina el factor de rugosidad f de la curva, mostrada en la figura A.2.

También se puede utilizar los diagramas de pérdidas de carga unitaria para tuberías plásticas elaboradas por el departamento técnico de plastigama, hechas a partir de la fórmula de Hazen - Williams, la misma que viene dada por (ref. 1) :

$$S_f = 10.643 Q^{1.85} C^{-1.85} D^{-4.87} \quad 2.2$$

donde $C = 150$ para tubería plástica

La pérdida de carga vendrá dada por la ref.1 :

$$H_M = S_f L \quad 2.3$$

Dichos diagramas se encuentran en la figura A.3 ,A.4, A.5 .

Para nuestra proyección a 10 Has se van a utilizar estos diagramas, en vista de que los resultados son aproximados a los obtenidos a partir de la fórmula de Darcy .

2.4.2. PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA PORTAGOTEROS.

Las pérdidas en tuberías portagoteros van a variar con relación a la pérdidas en tuberías principales y secundarias. Esta se debe a la variación de caudal que existe a lo largo de esta tubería, debido a una pérdida de agua que se produce en cada gotero.

Dicha variación de caudal produce una pérdida de carga menor que si condujeramos todo el caudal a través de la tubería portagotero. Por lo tanto habrá que multiplicar por un coeficiente reductor, F.

Este coeficiente de reducción se muestra en la tabla 2 y fué establecido por el norteamericano Chistiansen para riego por goteo, la cual se refiere a una distribución discreta de caudales.

La pérdida de carga a través de la tubería portagoteros vendra dada entonces por la ref.2 :

$$H_{pg} = H_m F \quad 2.4$$

Utilizando los diagramas de pérdidas de carga tendremos :

$$H_{pg} = S_f L F \quad 2.5$$

Para el diseño de esta tubería se debe tener presente también la ecuación del gotero y el tipo de gotero a utilizar .

Dicha ecuación viene dada por (ref. 2)

$$Q = K_d H^x \quad 2.6$$

donde :

K_d = Constante que depende de cada gotero.

x = Exponente de descarga que depende del regimen de funcionamiento .

H = Presión de funcionamiento del gotero .

El valor de x para goteros autocompensados que son utilizados, varía de 0 hasta 0.5, y para nuestro diseño tomaremos el valor de 0.5. Para mayor información consultar (ref. 2).

De la ecuación del gotero podemos verificar que para una variación de caudal del 10 %, que es la que se produce en una línea porta goteros, la misma que fue comprobada

NUMERO DE SALIDAS	F	NUMERO DE SALIDAS	F	NUMERO DE SALIDAS	F
1	1	11	0.392	22	0.3658
2	0.634	12	0.382	24	0.366
3	0.528	13	0.384	26	0.364
4	0.48	14	0.381	28	0.363
5	0.451	15	0.379	30	0.362
6	0.433	16	0.377	35	0.359
7	0.419	17	0.375	40	0.357
8	0.41	18	0.373	50	0.355
9	0.402	19	0.372	100	0.35
10	0.396	20	0.37	MAS DE 100	0.345

TABLA Nº 2 Valores del coeficiente reductor F.

experimentalmente sobre el área experimental, corresponderá una variación de presión del 20 % .

2.4.3. PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS.

- Pérdida por ensanchamiento brusco.

Las pérdidas por ensanchamiento brusco de la tubería ocurren por razón de la turbulencia que se desarrolla como consecuencia del cambio de velocidad del agua. Estas pérdidas pueden calcularse por medio de la fórmula siguiente dado por (ref. 3).

$$h_n = K_n \frac{V^2}{2g} \quad 2.7$$

Donde :

$$K_n = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)$$

V = Velocidad del agua en la tubería menor.

A_2 y A_1 = Áreas seccionales de las tuberías de menor y mayor diámetro respectivamente.

- Pérdidas por contracción repentina

Las pérdidas de carga por contracción

repentina, pueden estimarse por medio de la fórmula siguiente :

$$h_r = K_r \frac{V^2}{2g} \quad 2.8$$

Donde :

V = Velocidad del agua en el tubo de menor diámetro.

El valor de K_r puede estimarse en función de la relación entre el área menor A_2 y el área mayor A_1 de las tuberías, por medio de la tabla N^o 2 dada por (ref. 3).

A ₂ /A ₁	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
K_r	0.47	0.43	0.39	0.34	0.30	0.26	0.21	0.16	0.08

Tabla N^o 3 Coeficiente K_r de pérdidas para contracción repentina.

- Pérdidas por cambio de dirección

Estas pérdidas se estiman en forma aproximada por medio de la fórmula siguiente :

$$h_d = K_d \frac{V^2}{2g} \quad 2.9$$

Donde K_d es un coeficiente que varía según el grado de la curva de la tubería y la relación entre el radio de la curva y el diámetro de la tubería.

Los valores de K_d pueden obtenerse de la figura 2.3 tomada de (ref. 3).

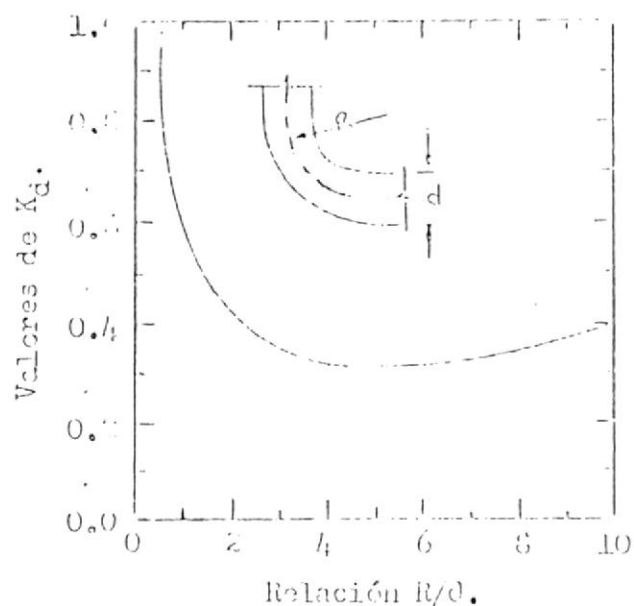


fig. 2.3 Coeficiente k_d de pérdida por cambio de dirección.

- Pérdidas por obstrucción

Estas pérdidas son debidas a la turbulencia que se produce cuando dentro de la tubería se presentan obstáculos tales como las válvulas, codos, tees y otros aditamentos para tuberías. Estas pérdidas pueden estimarse por medio de la fórmula siguiente :

$$h = K \frac{v^2}{2g} \quad 2.10$$

A continuación señalamos unas tablas en que se dan los valores de "K".

ELEMENTO	K	
	INFERIOR	SUPERIOR
Válvula de compuerta abierta	0.05	0.19
Codo 90 ° roscado	0.60	0.90
Codo 45 ° roscado	0.30	0.42

Tabla Nº 4 Coeficiente K de pérdidas en válvula y codos tomado de la (ref.3).

- Tees

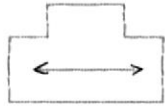
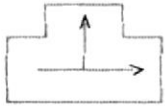
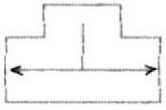
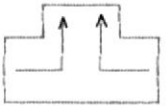
FIGURA				
K	0.1	2	1.5	3

Tabla Nº 5 Coeficiente K_r de pérdidas en tees tomando de (ref. 4).

Las pérdidas a través de la válvula solenoide y filtro viene expresadas en caídas de presión, y éstas han sido tomadas de la (ref. 4), las mismas que se muestran a continuación.

- Válvula solenoide 100 - DV (1")

FLUJO [GPM]	ΔP [psi]
3	0.5
5	1.0
10	2.6
20	3.6
30	6.5
40	9.0

Tabla Nº 6 Caída de presión a través de una válvula solenoide.

- Filtro de malla RBY - 100 (1") de 200 Mesh

FLUJO [GPM]	ΔP [psi]			
	30 Mesh	100 Mesh	150 Mesh	200 Mesh
5	0	0	0	0
10	0	0.5	0.5	0.5
15	1.7	2.2	2.5	2.1
20	3.5	4.7	4.9	4.9
30	9.0	12.5	12.0	13.0

Tabla N^o 7 Caída de presión a través de un filtro

2.5. POTENCIA REQUERIDA

La potencia de la bomba viene dada por la siguiente fórmula (ref. 1) :

$$P = \frac{Q H_t \gamma}{75 \eta} \quad 2.11$$

Donde :

Q = Caudal del sistema expresado en $m^3/seg.$

H_t = Altura manométrica o pérdida de carga totales expresada en m.

η = Eficiencia de la bomba.

γ = Peso específico del agua expresado en $Kg/m^3.$

P = Potencia en CV.

2.6. DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED.

Para el diseño de la red se debe considerar la

distribución de la tuberías hechas sobre el área experimental, fig. 2.1, a partir de ésta se determina el caudal que requiere el sistema.

2.6.1. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGAS TOTALES

Las pérdidas de cargas totales, H_t , viene dadas por :

$$H_t = H_{pg} + H_s + H_p + H_a + H_g$$

Dichas pérdidas se calculan a continuación:

- Cálculo de pérdidas en tuberías portagoteros

De la formula 2.1 se obtiene :

$$H_M = \frac{f L V^2}{2 g d} = p$$

$$p = \frac{f L (Q/A)^2}{2 d g} = \frac{16 f L Q^2}{2 \pi^2 d^5 g} = \frac{8 f L Q^2}{\pi^2 d^5 g}$$

$$d^5 = \frac{8 f L Q^2}{\pi^2 p g}$$

$$d = C_1 \sqrt[5]{\frac{8 f L Q^2}{\pi^2 p g}}$$

donde :

$$C_1 = \sqrt[5]{\frac{8 f L Q^2}{\pi^2 p g}}$$



Asunciones :

- $Q = \text{constante}$

$$- f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{2}$$

- Tuberia lisa.

$$\Delta p = 1 \text{ psi} = 0.0704 \text{ Kg/cm}^2$$

Tendremos :

$$\gamma_{31^\circ\text{C}} = 9.95 \times 10^{-4} \text{ Kg/cm}^3$$

$$C1 = \sqrt[5]{\frac{8(5150 \text{ cm})(66.96 \text{ cm}^3/\text{s})(9.95 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^3)}{\pi^2 (0.0704 \text{ Kg/cm}^2)(980 \text{ cm/s}^2)}}$$

$$C1 = 3.06 \text{ cm}$$

Asumimos \bar{f} para tuberia lisa de la fig A.2

$$- f = \frac{0.042 - 0.008}{2} = 0.017$$

$$d_1 = (3.06 \text{ cm}) \left(\sqrt[5]{0.017} \right)$$

$$d_1 = 1.35 \text{ cm.}$$

$$\text{Re} = \frac{4 Q}{\pi v d} = \frac{4 (66.96 \text{ cm}^3/\text{s})}{\pi (7.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} d)}$$

$$\text{Re} = \frac{11072.22}{d}$$

$$\text{Re} = \frac{11072.22}{1.35} = 7.4 \times 10^4$$

$$\frac{e}{d_1} = \frac{0.00001 \text{ m}}{0.0135 \text{ m}} = 7.4 \times 10^{-4}$$

Con Re_1 y e/d_1 de la fig A.2 se tiene:

$$f_1 = 0.034$$

$$|f_1 - \bar{f}| < 0.0005$$

$$|0.034 - 0.017| = 0.017$$

Con este valor de f_1 , calculamos otro diámetro hasta obtenemos un error < 0.0005 .

$$d_2 = (3.06)^{1/f_1} = 1.55 \text{ cm}$$

$$Re_2 = 7143.36$$

$$\frac{e}{d_2} = 6.45 \times 10^{-4}$$

$$f_2 = 0.035$$

$$|f_2 - f_1| = |0.035 - 0.034| = 0.001$$

$$d_3 = 1.56$$

$$Re_3 = 7097.5$$

$$\frac{e}{d_3} = 6.4 \times 10^{-4}$$

$$f_3 = 0.0355$$

$$|f_3 - f_2| = |0.0355 - 0.035| = 0.0005$$

$$d_4 = 1.57$$

$$Re_4 = 7052.36$$

$$\frac{e}{d_4} = 6.36 \times 10^{-4}$$

$$f_4 = 0.0357$$

$$|f_4 - f_3| = |0.0357 - 0.0355| = 0.0002 < 0.0005$$

Entonces el diámetro sería de 1.57 cm.

Para líneas portagoteros existen en el mercado diámetros de 1.2; 1.6; 2.0 cm, y de acuerdo a nuestro diseño tomaremos el más próximo que sera:

$$d = 1.6 \text{ cm}$$

Con este diámetro se hace los calculos de perdida de carga.

TRAMO GH

$$L_{pg} = 5150 \text{ cm.}$$

$$N_{\text{goteros}} = 93$$

F = 0.35, tomado de tabla 2.1 para 93 salidas.

$$Q_g = 2.6 \text{ l/h} = 0.72 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d_{pg} = 1.6 \text{ cm.}$$

Cálculos :

a) Area de la sección del tubo.

$$A = (0.785) d^2$$

$$A = (0.785)(1.6 \text{ cm})^2 = 2 \text{ cm}^2$$

b) Velocidad del agua en la tubería portagoteros.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{(N\dot{Q}_{goteros})(Q_g)}{A}$$

$$V = \frac{(93)(0.72 \text{ cm}^3/\text{s.})}{2 \text{ cm}^2} = 33.48 \text{ cm/s.}$$

c) Número de Reynolds

Para una temperatura de 31 °C, la viscosidad cinemática, ν , es de $7.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s.}$

$$Re = \frac{V d_{pg}}{\nu}$$

$$Re = \frac{(33.48 \text{ cm/s.})(1.6 \text{ cm})}{7.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s.}} = 6756.88$$

d) Rugosidad realtiva ,RR

$$RR = \frac{e}{d_{pg}}$$

$$RR = \frac{0.00001 \text{ m}}{0.016 \text{ m}} = 6.25 \times 10^{-4}$$

De la figura A.1 con Re y RR se obtiene que el factor de fricción es :

$$f = 0.036$$

e) Pérdidas de carga en tuberías portagoteros

Estas pérdidas se calculan a partir de la fórmula 2.1.

$$H_M = \frac{f L V^2}{2 g d}$$

$$H_M = \frac{(0.036)(5150 \text{ cm})(33.48 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)(1.6 \text{ cm})}$$

$$H_M = 66.26 \text{ cm.}$$

f) Pérdida de carga real

La pérdida de carga en tuberías portagoteros real se la calcula a partir de la fórmula 2.4.

$$H_{pg} = H_M F$$

$$H_{pg} = (66.26 \text{ cm})(0.35)$$

$$H_{pg} = 23.19 \text{ cm} = 0.23 \text{ m.}$$

Este valor obtenido es el mismo para las demás tuberías portagoteros, en vista de que se tiene una misma longitud y número de goteros.

- Cálculo de pérdidas en tuberías secundarias

TRAMO JG

$$L = 325 \text{ cm}$$

$$F = 0.634$$

$$Q = 483.6 \text{ l/h} = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.5 \text{ cm.}$$

Siguiendo los mismos pasos anteriores para

el cálculo de pérdidas se obtiene :

$$A = (0.785)(2.5\text{cm})^2$$

$$A = 4.9 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}}{4.9 \text{ cm}^2} = 27.4 \text{ cm/s.}$$

$$Re = \frac{(27.4 \text{ cm/s.})(2.5 \text{ cm})}{7.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s.}}$$

$$Re = 8896.1$$

$$RR = \frac{0.00001 \text{ m}}{0.025 \text{ m}} = 4 \times 10^{-4}$$

De la figura A.1 con Re y RR se obtiene :

$$f = 0.034$$

$$H_s = \frac{(0.034)(325 \text{ cm})(27.4 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)(2.5 \text{ cm})}$$

$$H_s = 1.69 \text{ cm.}$$

$$H_{s_1} = H_s F$$

$$H_{s_1} = (1.69 \text{ cm})(0.634) = 1.07 \text{ cm.}$$

$$H_{s_1} = 0.01 \text{ m.}$$

TRAMO JK

$$L = 628 \text{ cm}$$

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.6 \text{ cm}$$

$$A = (0.785)(2.6 \text{ cm})^2$$

$$A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{134.3 \text{ cm}^3/\text{seg}}{5.3 \text{ cm}^2}$$

$$V = 25.3 \text{ cm/s.}$$

$$Re = \frac{(25.3 \text{ cm/s.})(2.6 \text{ cm})}{7.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s.}}$$

$$Re = 8542.8$$

$$RR = \frac{0.00001 \text{ m.}}{0.026 \text{ m}} = 3.8 \times 10^{-4}$$

De la fig. A.2 con Re y RR, se obtiene :

$$f = 0.033$$

$$H_{B2} = \frac{(0.033)(628 \text{ cm})(25.3 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)(2.6 \text{ cm})}$$

$$H_{B2} = 2.6 \text{ cm.}$$

$$H_{B2} = 0.026 \text{ m.}$$

TRAMO OK

$$L = 80 \text{ cm.}$$

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.6 \text{ cm.}$$

Con las mismas fórmulas anteriores se obtiene :

$$A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$V = 25.3 \text{ cm/s.}$$

$$Re = 8542.8$$



$$RR = 3.8 \times 10^{-4}$$

$$f = 0.033$$

$$H_{e3} = 0.33 \text{ cm.}$$

$$H_{e3} = 0.0033 \text{ m.}$$

Los valores de pérdidas para el tramo OC son iguales al cálculo para el tramo JG, es decir, $H_{e4} = H_{e1}$

- Cálculo de pérdidas en tuberías principales

TRAMO KL

$$L = 95 \text{ cm.}$$

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 3.3 \text{ cm.}$$

Con las mismas fórmulas anteriores, se obtiene :

$$A = 8.54 \text{ cm}^2$$

$$V = 31.44 \text{ cm/s.}$$

$$Re = 13345.7$$

$$RR = 3.03 \times 10^{-4}$$

$$f = 0.03$$

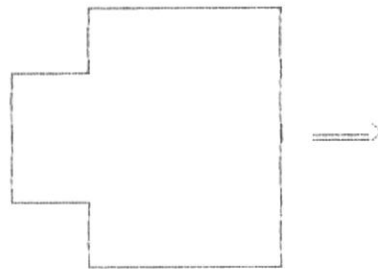
$$H_{p1} = 0.43 \text{ cm.}$$

$$H_{p1} = 0.0043 \text{ m.}$$

- Cálculo de pérdidas en accesorios

a) Reductor Buje :

Al acoplar un reductor buje con un tramo de tubería se producen pérdidas debido a ensanchamiento brusco y contracción repentina. éstas se calculan a continuación :



$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$d_2 = 2.60 \text{ cm} \quad A_2 = 5.30 \text{ cm}^2$$

$$d_1 = 1.875 \text{ cm} \quad A_1 = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ Reductores} = 1$$

Aplicando la fórmula 2.7 se obtiene :

$$h_n = K_n \frac{V^2}{2g}$$

$$K_n = \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right) = \left(\frac{5.3}{2.75} - 1 \right) = 0.927$$

$$h_{n_1} = \frac{(0.927)(48.83 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 4.51 \text{ cm.}$$

$$h_{n_1} = 0.045 \text{ m.}$$

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$A_2 = 5.3 \text{ cm}^2$$

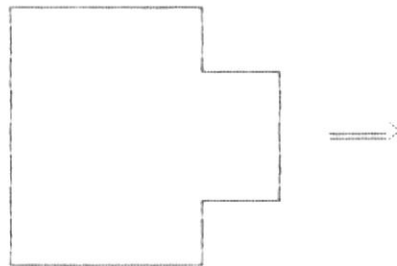
$$A_1 = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$N_R \text{ Reductores} = 1$$

$$K_R = 0.927$$

$$h_{R2} = \frac{(0.927)(48.83 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 1.12 \text{ cm.}$$

$$h_{R2} = 0.0112 \text{ m.}$$



$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d_1 = 2.60 \text{ cm.} \quad A_1 = 5.30 \text{ cm}^2$$

$$d_2 = 1.875 \text{ cm.} \quad A_2 = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$N_R \text{ Reductores} = 2$$

Aplicando la fórmula 2.8. se obtiene :

$$h_R = K_R \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0.52$$

El valor de K_R , se lo obtiene de la tabla

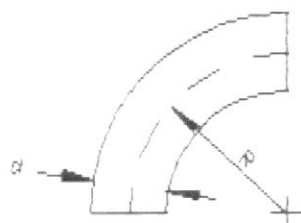
Nº 3 con A_2/A_1 .

$$K_r = 0.3$$

$$h_r = \frac{(0.3)(48.83 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.36 \text{ cm.}$$

$$h_r = 2(0.0036) = 0.0072 \text{ m.}$$

b) Cambio de Dirección



$$d = 1.6 \text{ cm.}$$

$$R = 15 \text{ cm.}$$

$$Q = 67.16 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$\text{Nº Curvas} = 4$$

El valor de K_d se obtiene a partir de la fig. 2.2 con $R/d = 9.4$

$$K_d = 0.39$$

Aplicando la fórmula 2.9 , se obtiene :

$$h_d = \frac{(0.39)(33.58 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.224 \text{ cm.}$$

$$h_d = 4 (0.00224 \text{ m}) = 0.0089 \text{ m.}$$

Notese que para el calculo de pérdida se ha considerado el caudal mayor que circula a través de una curva, con el proposito de asegurar nuestro diseño.

c) Codo de 90° (1")

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 3.3 \text{ cm.}$$

$$K = 0.9 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 4$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Codos} = 2$$

$$A = 8.54 \text{ cm}^2$$

$$V = 31.45 \text{ cm/s.}$$

$$h_{c_1} = \frac{(0.9)(31.45 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.454 \text{ cm.}$$

$$h_{c_1} = 2 (0.0045) = 0.009 \text{ m.}$$

Codo 90° (3/4 ")

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.6 \text{ cm}$$

$$K = 0.9 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 4.$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Codos} = 4$$

$$A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$V = 25.33 \text{ cm/s.}$$

$$h_{c2} = \frac{(0.9)(25.33 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.29 \text{ cm.}$$

$$h_{c2} = 4 (0.0029) = 0.011 \text{ m.}$$

Codo 45 °

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.5 \text{ cm.}$$

$$K = 0.42 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 4.$$

N}^\circ de Codos = 2

$$A = 4.9 \text{ cm}^2$$

$$V = 54.81 \text{ cm/s.}$$

$$h_{c3} = \frac{(0.42)(54.81 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.64 \text{ cm.}$$

$$h_{c3} = 2 (0.0064 \text{ m.}) = 0.0128 \text{ m.}$$

d) Tee (paso directo)

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 3.3 \text{ cm}$$

$$K = 0.1 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 5.$$

N}^\circ de tees = 1

$$A = 8.54 \text{ cm}^2$$

$$V = 31.45 \text{ cm/s.}$$

$$h_{t1} = \frac{(0.1)(31.45 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.05 \text{ cm.}$$

$$h_{t1} = 5 \times 10^{-4} \text{ m.}$$

Tee (paso bilateral)

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$d = 3.3 \text{ cm}.$$

$$K = 1.5 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 5.$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tees} = 1$$

$$ht_2 = \frac{(1.5)(31.45 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.75 \text{ cm}.$$

$$ht_2 = 0.0075 \text{ m}.$$

Tee

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$d = 2.6 \text{ cm}.$$

$$K = 2 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 5.$$

$$\text{N}^\circ \text{ tee} = 1$$

$$A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$V = 50.67 \text{ cm/s}.$$

$$ht_3 = \frac{(2)(50.67 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 26.6 \text{ cm}$$

$$ht_3 = 0.0026 \text{ m}.$$

Tee

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$d = 2.6 \text{ cm}.$$

$$K = 3 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 5.$$

$$\text{N}^\circ \text{ tee} = 2$$

$$A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$V = 25.33 \text{ cm/s.}$$

$$h_{t_4} = \frac{(3)(25.33 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.98 \text{ cm.}$$

$$h_{t_4} = 2 (0.0098 \text{ m}) = 0.019 \text{ m.}$$

Válvula de Compuerta

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$d = 2.5 \text{ cm.}$$

$$K = 0.2 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 4.$$

$$A = 4.9 \text{ cm}^2$$

$$V = 54.81 \text{ cm/s.}$$

$$h_{vc} = \frac{(0.2)(54.81 \text{ cm/s.})^2}{(2)(980 \text{ cm/s.}^2)} = 0.306 \text{ cm.}$$

$$h_{vc} = 0.0031 \text{ m.}$$

Válvula Solenoide

$$Q = 134.3 \text{ cm}^3/\text{s.} = 2.13 \text{ GPM}$$

De la tabla N^o 6, se obtiene que

$$\Delta p = 0.5 \text{ psi}$$

$$h_{vs} = 0.703 (\Delta p)$$

$$h_{vs} = 0.703 (0.5)$$

$$h_{vs} = 0.35$$

Filtro de malla (200 Mesh)

$$Q = 268.6 \text{ cm}^3/\text{s.} = 4.25 \text{ GPM}$$

De la tabla N^o 7. se obtiene que

$$\Delta p = 0$$

$$h_f = 0$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga a través y accesorios se ha considerado el tramo LKJGH, que es el de mayor longitud. Del cual se obtiene :

$$H_{pg} = 0.23 \text{ m.}$$

$$H_s = H_{s_1} + H_{s_2} = 0.01 \text{ m.} + 0.026 \text{ m.}$$

$$H_s = 0.036 \text{ m.}$$

$$H_p = 0.0043 \text{ m.}$$

$$H_a = h_{n1} + h_{n2} + h_r + h_d + h_{c1} + h_{c2} + h_{c3} + h_{t1} + h_{t2} + h_{t3} + h_{t4} + h_{vc} + h_{vs} + h_f$$

$$H_a = 0.045 + 0.0112 + 0.0072 + 0.0089 + 0.009 + 0.011 + 0.012 + 0.0005 + 0.0075 + 0.026 + 0.019 + 0.0031 + 0.35 + 0$$

$$H_a = 0.51 \text{ m.}$$

$$H_q = 10 \text{ m.}$$

La pérdida de carga total sera :

$$H_t = 0.23 + 0.036 + 0.0043 + 0.51 + 10$$

$$H_t = 10.78 \text{ m} + 15 \% (10.78)$$

$$H_t = 12.39 \text{ m.}$$

2.7. CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Para este cálculo vamos a utilizar la fórmula de Karmeli y Keller, tomada de (ref. 2), y viene dada por :

$$CU = 100 \left(1 - 1.27 \frac{v}{\sqrt{e}} \right) \frac{q \text{ mín.}}{q \text{ m}}$$

Siendo :

v = Coeficiente de variación en el proceso de fabricación del gotero ($v = 0.05$)

e = Número de goteros por planta

$q \text{ mín.}$ = Caudal que da el gotero que funciona más desfavorablemente .

$q \text{ m}$ = Caudal medio de funcionamiento del gotero .

$$\frac{q \text{ mín.}}{q \text{ m}} = 1 - 0.22 \times \frac{h}{h_m}$$

El valor del coeficiente de uniformidad debe ser mayor que 92 % .

Aplicando estas fórmulas tenemos :

$$v = 0.05$$

$$e = 1$$

$$x = 0.5$$

$$h = H_{pq} = 0.23$$

$$h_m = H_q = 10 \text{ m.}$$

$$\frac{q_{\text{mín.}}}{q_{\text{m}}} = 1 - \frac{(0.22)(0.5)(0.23 \text{ m.})}{10 \text{ m.}} = 0.997$$

$$CU = 100 \left(1 - \frac{(1.27)(0.05)}{41} \right) 0.997$$

$$CU = 93.4 \% > 92 \%$$

2.8. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA

La capacidad de la bomba viene dada por el caudal que suministra el sistema de riego por goteo, y el cual fué calculado en base al número de goteros existentes dentro del área experimental.

$$Q = (186 \text{ goteros})(2.6 \text{ l./h})$$

$$Q = 483.6 \text{ l./h} = 2.68 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s.}$$

2.9. CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Aplicando la fórmula 2.10 y considerando una eficiencia del 70%, obtenemos :

$$Q = 2.68 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$\tau = 996.81 \text{ Kg/m}^3$$

$$H_t = 12.39 \text{ m.}$$

$$P = \frac{(2.68 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s.})(996.81 \text{ Kg/m}^3)(12.39 \text{ m})}{75 (0.70)}$$

$$P = 0.063 \text{ CV}$$

2.10 SELECCION DE LA BOMBA

En vista de que en el mercado no existe bombas para ese caudal de 2 GPM, nosotros seleccionaremos la que este más cerca a las condiciones de operación de la red, es decir :

$$Q = 2.68 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s.} \approx 2 \text{ GPM}$$

$$H_t = 12.39 \text{ m.} = 17.6 \text{ psi}$$

De la tabla N° 8 que nos dan los rendimientos de las bombas con eyector convertible, y de acuerdo con los datos anteriores, seleccionamos la bomba cuya características son :

Modelo : HIE - 1/3

Presión de descarga : 20 psi

$$Q = 2176 \text{ l./h} = 9.58 \text{ GPM}$$

$$P = 1/3 \text{ HP}$$



MODELO	HP	Nº EYECTOR 1" x 1.1/4"	PRESION DESCARGA PSI	CAUDAL EN LITROS POR HORA							PRESION MAX. SIN ALTURA SUCCION: PSI
				ALTURA DE SUCCION MTS.							
				1.5	3.0	4.5	6.0	7.5			
ME-1/3	1/3	J 4503	20	1949	1722	1438					64
			30	2157	1930	1703	1419	1014			
			40	1268	1098	965	814	583			
			50	656	492	379	265	189			
ME-1/2	1/2	J 4032	20	2063	1930	1684	1457	1230			83
			30	2044	1911	1665	1438	1211			
			40	2025	1893	1646	1419	1191			
			50	2006	1855	1628	1400	1173			
			60	1419	1287	1154	984	833			
			80	3274	2971	2612	2157	1874			
CE-3/4	3/4	J 4815	20	3255	2952	2593	2139	1855			84
			30	3236	2933	2573	2120	1836			
			40	2990	2782	2517	2044	1722			
			50	1920	1702	1495	1325	1098			
			60	4324	4069	3350	2896	2006			
			80	4315	4050	3331	2877	1987			
CE-1	1	J 4816	20	4296	4031	3312	2858	1968			86
			30	4239	4012	3293	2839	1949			
			40	3104	2820	2536	2271	1855			
			50	4456	4135	3558	3019	2223			
			60	4441	4116	3539	3000	2204			
			80	4419	4097	3520	2971	2185			
ME-1/2	1-1/2	J 4316	20	4381	4078	3501	2962	2167			92
			30	3784	3473	3113	2668	2110			
			40	2806	2611	2395	2272	2093			
			50	1795	1592	1357	1185	1013			
			60	4579	4201	3766	3142	2441			
			80	4568	4182	3747	3123	2422			
CE-2	2	J 4316	40	4542	4163	3728	3104	2403			98
			50	4523	4144	3709	3085	2385			
			60	4465	4126	3690	3066	2366			
CE-3*	3	J 4316	70	3312	3103	2839	2612	2347			
			80	2119	1893	1609	1362	1136			

Tabla NO 8 Rendimiento de bombas con eyector convertible.

2.11 INSTALACION DE LA RED EXPERIMENTAL

El área experimental y la instalación de la misma, se puede apreciar en las siguientes figuras que a continuación se detallan :

- Vista del área experimental

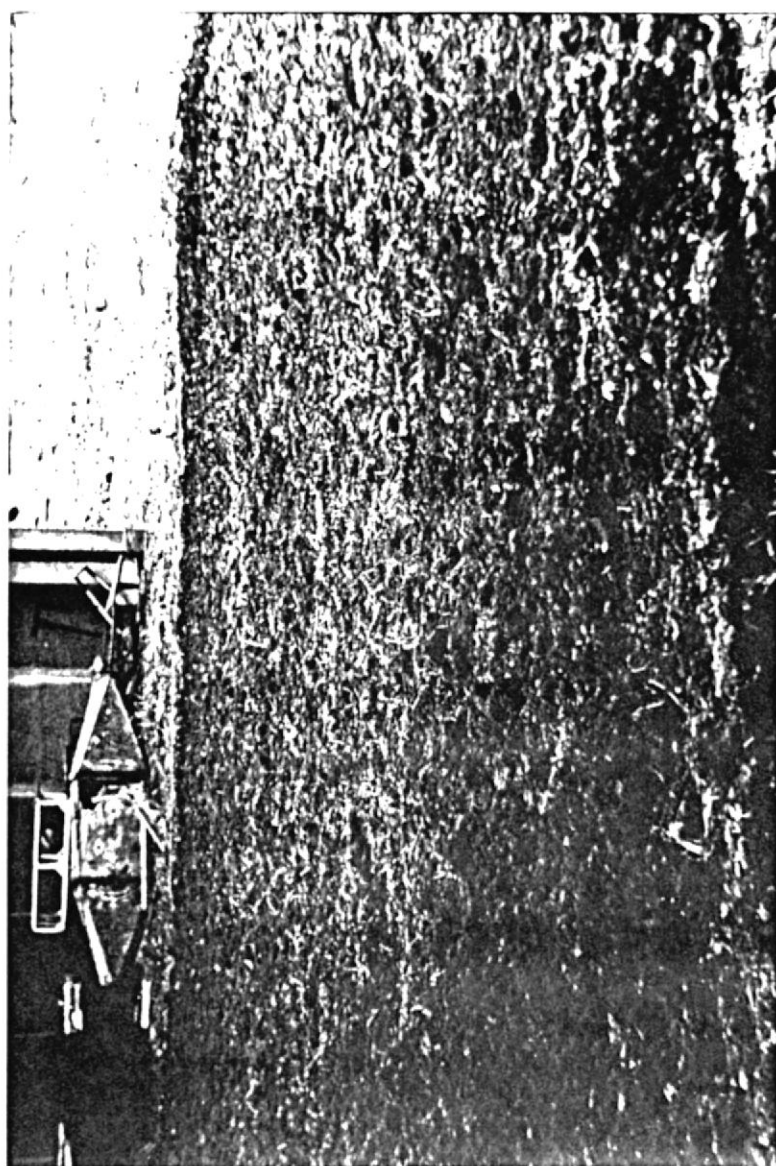


fig. 2.4 Área experimental considerada.

- Construcción de zanja para tuberías secundarias del tomate y pimiento.



fig. 2.5 Vista de la zanja para el tendido de la tubería secundaria para el tomate y pimiento.

- Materiales y herramientas utilizados.

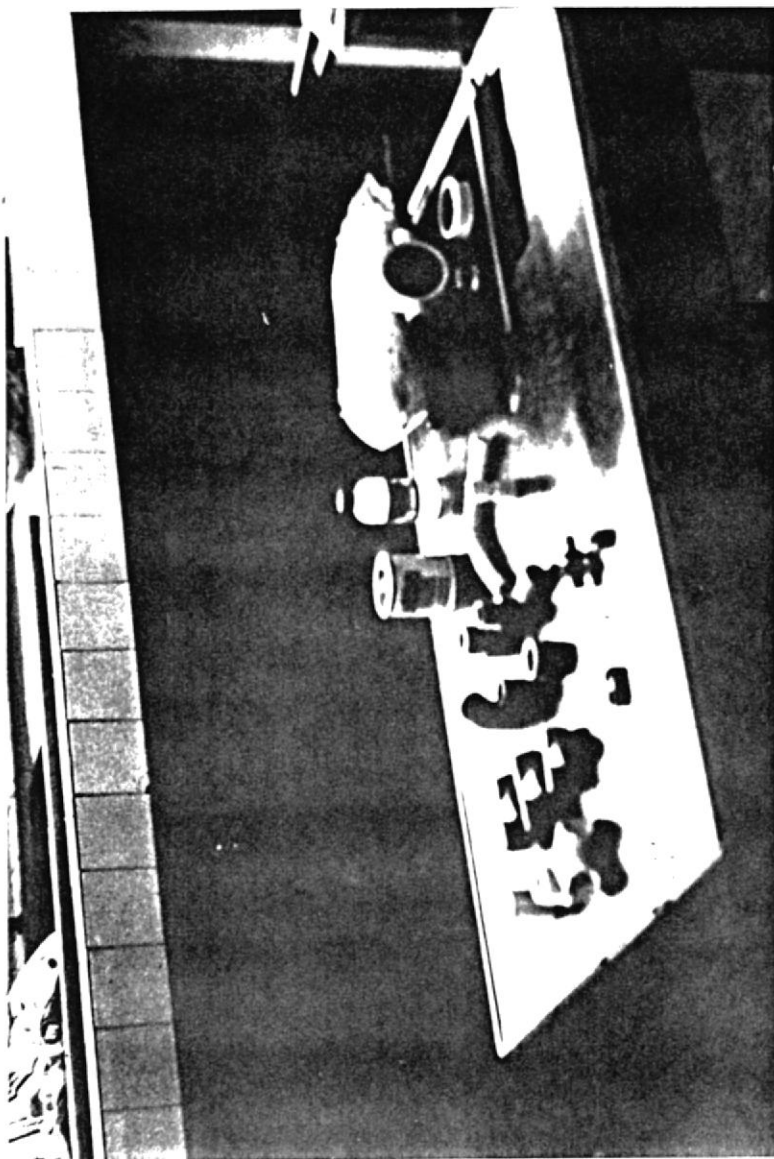


fig.2.6 Accesorios utilizados en la red experimental

- Colocación de válvula de compuerta y filtro.



fig. 2.7 Instalación de válvula de compuerta y filtro.

- Colocación de manómetro y válvula solenoide.

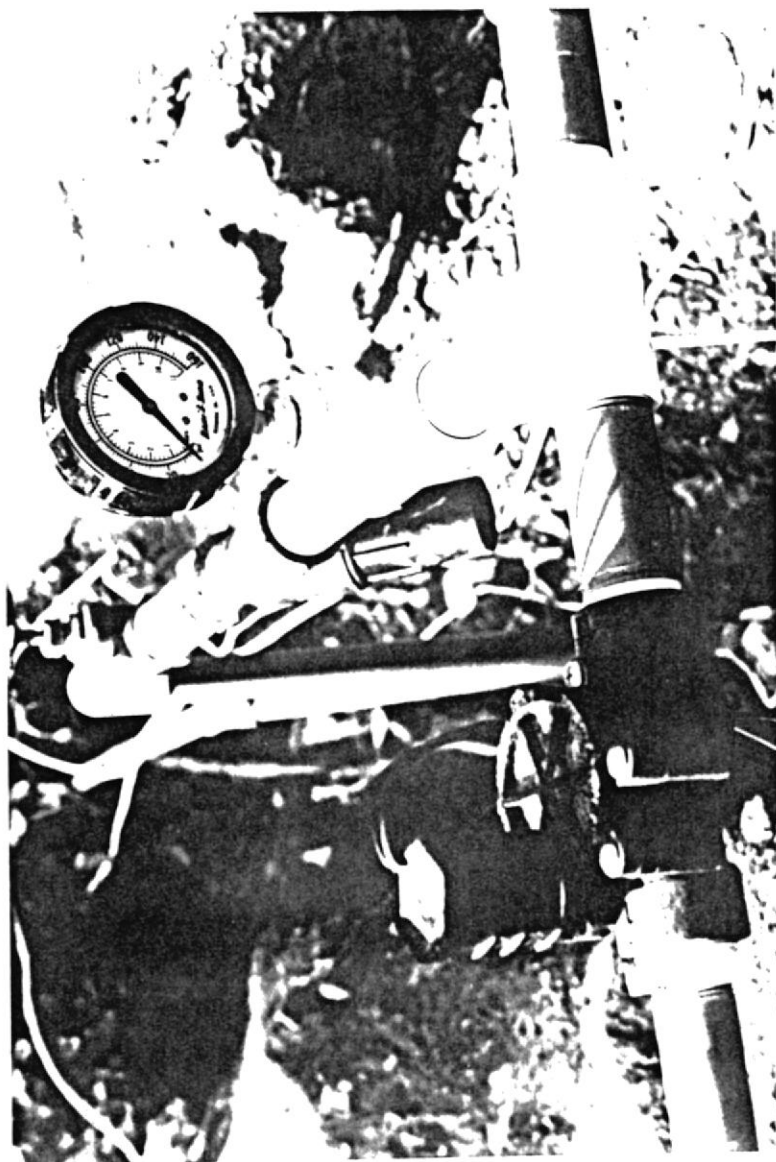


fig.2.8 Instalación de manómetro y válvula solenoide.



- Cabezal de la red experimental.

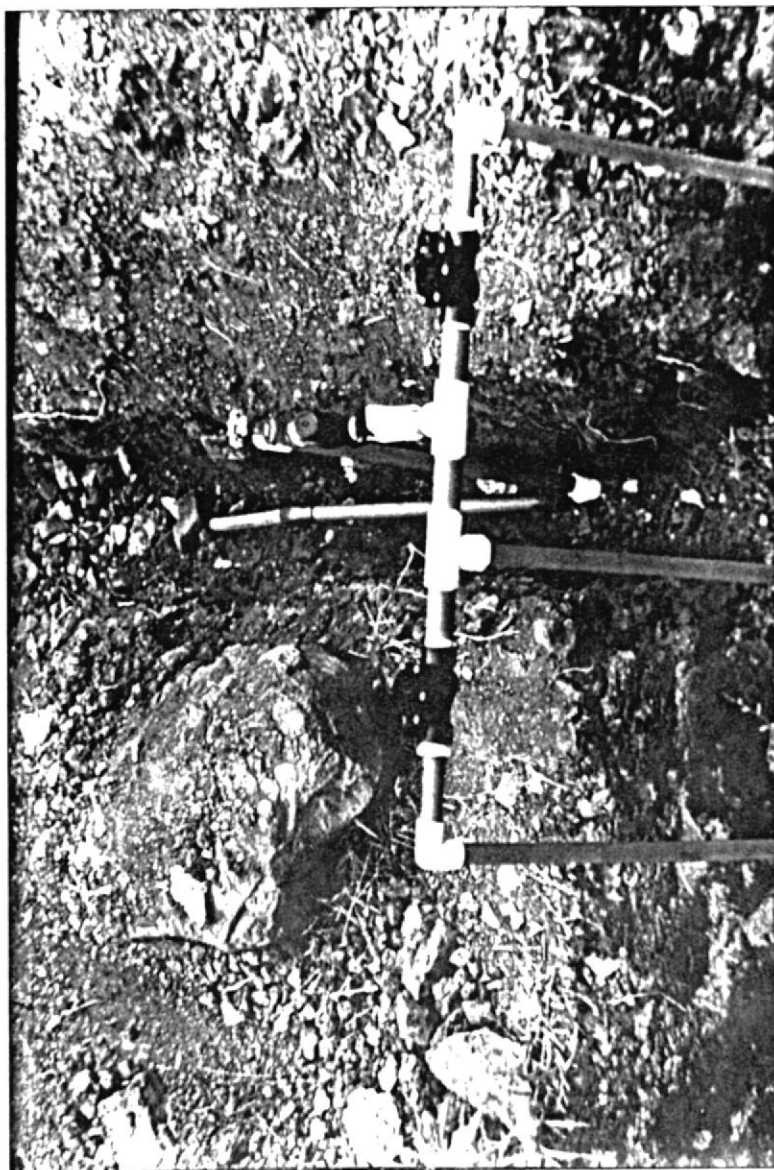


fig.2.9 Cabezal de la red e instalación de accesorios y tuberías secundarias para los ramales de tomate y pimiento.

- Tendido de la tubería secundaria.



fig. 2.10 Instalación de tubería secundaria, codo, reductor buje, válvula solenoide para la parcela de pimiento.

- Conexión de tubería portagoteros.

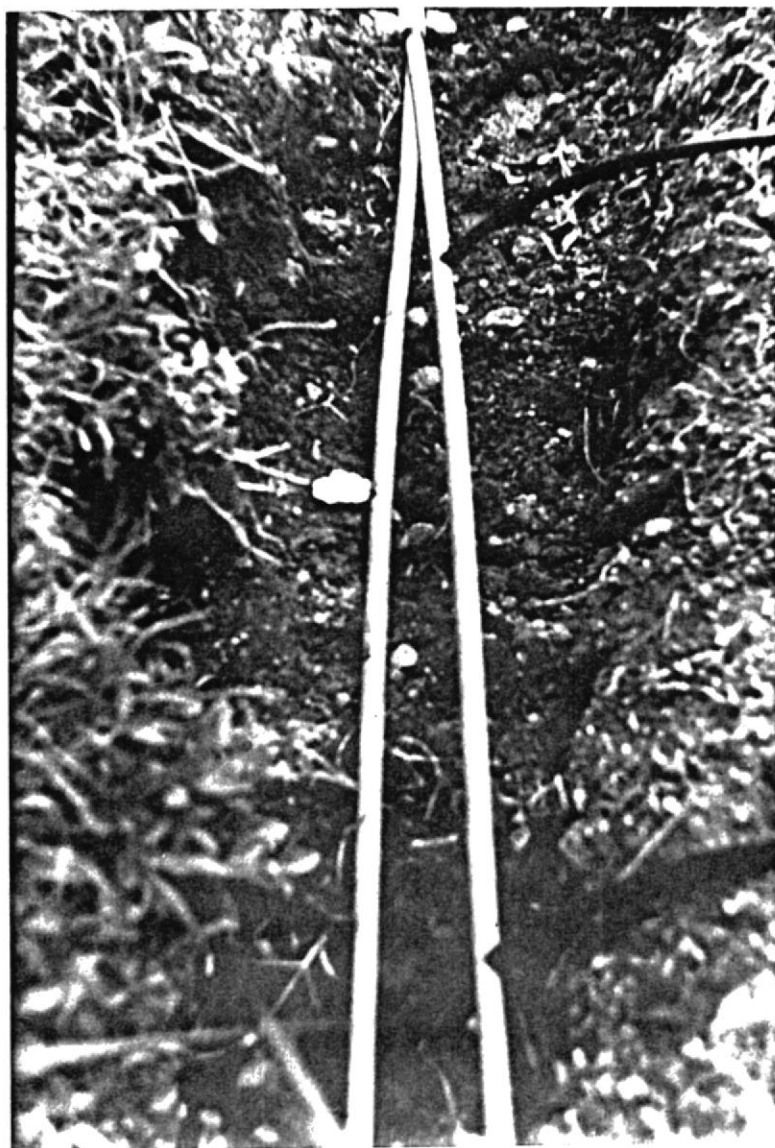


Fig. 2.11 Instalación de tubería portagoteros

- Tendido de tuberías portagoteros.

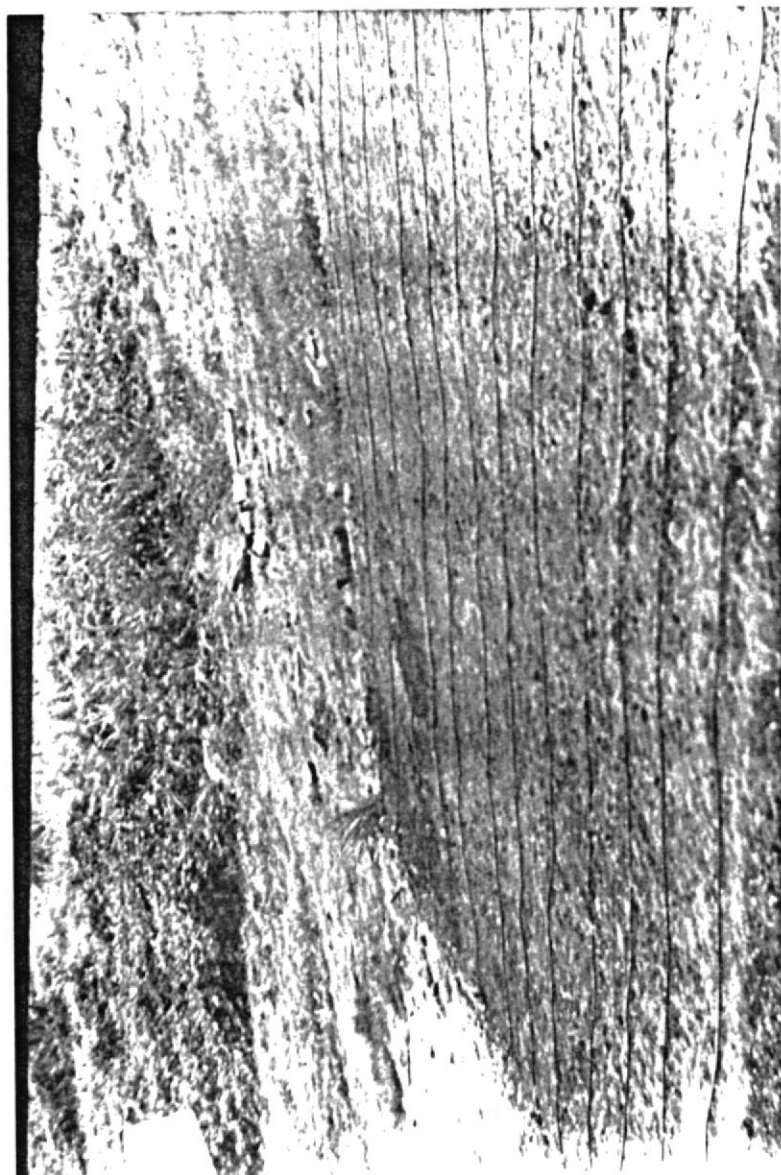


fig. 2.12 Tendido de tuberías portagoteros para parcela de tomate y pimiento.

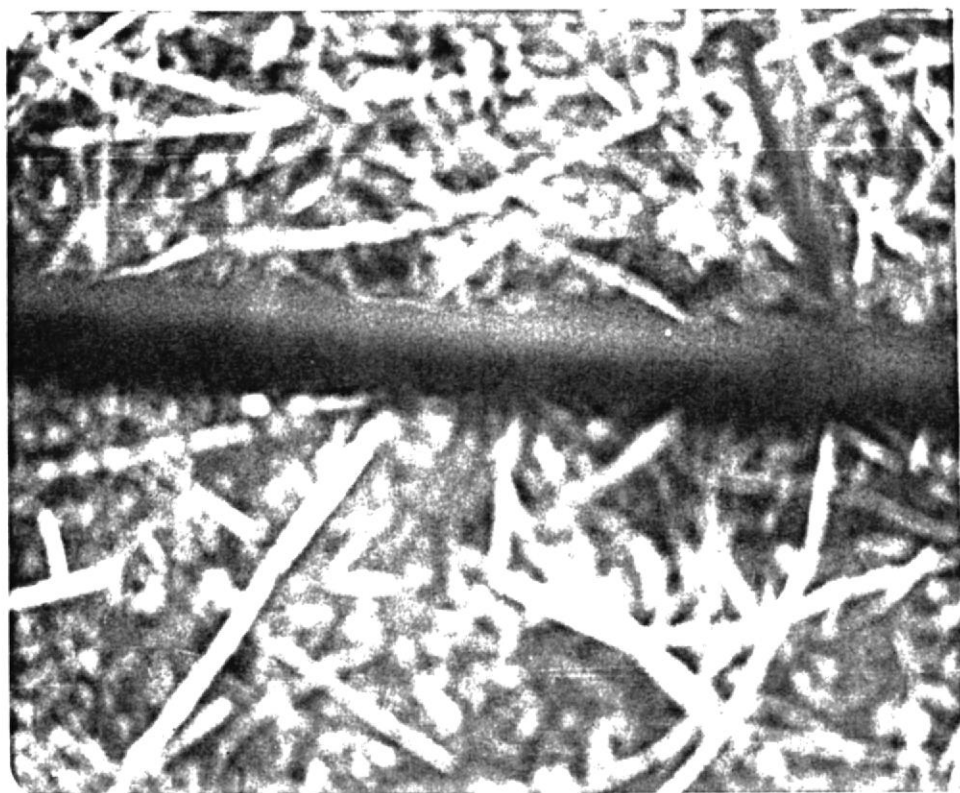


fig. 2.13 Instalación de goteros autocompensados HB.



fig. 2.14 Instalación de tapones de tubería portagoteros.

CAPITULO 3

EVALUACION Y PROYECCION A 10 Has.

3.1 EVALUACION DE PARAMETROS FISICOS

Dentro de los parametros físicos tenemos :

- Caudal

La variación de caudal a través de una línea portagoteros fué del 10 por 100. Este valor fue obtenido experimentalmente sobre la red, para lo cual se tomaron cuatro goteros, ubicados a L_0 , $1/3 L$, $2/3 L$, L .

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla Nº 9.

L	Qg [cm ³ /min.]					\bar{Q}_g
L_0	50	50	50	50	50	50
$1/3 L$	48	48	48	49	49	48.4
$2/3 L$	49	50	50	50	50	49.8
L	45	45	45	45	44	44.6

Tabla Nº 9 Caudales promedio sobre una línea portagoteros

Con esto se ha demostrado lo dicho en el capítulo 2.4.2 acerca de la ecuación del gotero .

El caudal con que se dispone se obtuvo haciendo 10 mediciones de volumen para un tiempo de 12 s.

Dichos valores se encuentran en la tabla N° 10.

V [m ³]	t [s]	Q [m ³ /s.]
5.88 x 10 ⁻³	12	4.9 x 10 ⁻⁴
5.65 x 10 ⁻³	12	4.7 x 10 ⁻⁴
5.89 x 10 ⁻³	12	4.9 x 10 ⁻⁴
5.70 x 10 ⁻³	12	4.8 x 10 ⁻⁴
5.75 x 10 ⁻³	12	4.8 x 10 ⁻⁴
5.55 x 10 ⁻³	12	4.6 x 10 ⁻⁴
5.77 x 10 ⁻³	12	4.8 x 10 ⁻⁴
5.79 x 10 ⁻³	12	4.8 x 10 ⁻⁴
5.82 x 10 ⁻³	12	4.9 x 10 ⁻⁴
6.17 x 10 ⁻³	12	5.1 x 10 ⁻⁴

Tabla N° 10 Caudales promedio disponible del sistema

$$Q_d = \frac{(4.9 + 4.7 + 4.9 + 4.8 + 4.8 + 4.6 + 4.8 + 4.8 + 4.9 + 5.1) \times 10^{-4}}{10}$$

$$Q_d = 4.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Volumen

El volumen total de agua empleado para cada cultivo, se ha determinado a partir del calendario de riego, tabla A.3 y A.4, y del número de goteros existentes en la parcela.

Tomate :

$$\text{Vol} = 483.6 \text{ l./h} \times 50.4 \text{ h} = 24373.44 \text{ l.}$$

$$\text{Vol} = 24.37 \text{ m}^3$$

Pimiento :

$$\text{Vol} = 483.6 \text{ l./h} \times 42.85 \text{ h} = 20722.26 \text{ l.}$$

$$\text{Vol} = 20.72 \text{ m}^3$$

- Presión

La caída de presión que se obtuvo en la tubería portagoteros más desfavorable, es decir, la más alejada fue de 1 psi. Este valor fue obtenido con la ayuda de dos manómetros, ubicados al inicio y final de la tubería.

Esta caída de presión equivale a una pérdida de carga de 0.7 m.

La pérdida de carga teórica que se obtiene a partir de la ecuación del gotero es :



$$0.2 \times 10 = 2 \text{ m.}$$

Podemos observar que el valor de pérdida de carga obtenido experimentalmente se encuentra dentro del rango que teóricamente se obtuvo a partir de la ecuación del gotero .

- Coeficiente de Uniformidad

El coeficiente de uniformidad experimental que se obtuvo sobre la red experimental, fue a partir de la siguiente fórmula. Dada por la ref. 2.

$$CU = 100 \frac{q \text{ mín.}}{q \text{ med.}} > 92 \%$$

de donde :

$q \text{ mín.} = 44.6 \text{ cm}^3/\text{min.}$, obtenido a partir de la tabla N^o 9.

$q \text{ med.} = 48.2 \text{ cm}^3/\text{min.}$, obtenido a partir de la tabla N^o 9.

$$CU = 100 \frac{(44.6)}{(48.2)} = 92.5 \% > 92 \%$$

Esta es una de las formas más utilizadas para evaluar la uniformidad del riego por goteo.

3.2 EVALUACION DE PARAMETROS AGRONOMICOS

La cantidad de fertilizantes, insecticidas, abono foliar utilizado durante el desarrollo vegetativo del tomate y pimiento hasta su cosecha, se muestra en las siguientes tablas :

	DOSIS	NUMERO DE APLICACIONES	TOTAL	FINALIDAD
ACTELIC	5 $\frac{\text{cm}^3}{1 \text{ H}_2\text{O}}$	2	10 cm^3	Control de negrita
STIMUFOL	5 $\frac{\text{g}}{1 \text{ H}_2\text{O}}$	2	10 g	Desarrollo de flor y fruto
UREA (N)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	3	21 g	Fertilizar el suelo
SUPER FOSFATO TRIPLE (P_2O_5)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	2	14 g	Fertilizar el suelo
MURIATO DE POTASIO (K_2O)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	2	14 g	Fertilizar el suelo
MOCAP	2 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	1	2 cm^3	Control de nematodo
MONODRIN	40 $\frac{\text{cm}^3}{12 \text{ l H}_2\text{O}}$	1	40 cm^3	Control de plagas

Tabla Nº 11 Fertilizante, insecticida y abono foliar para el tomate



	DOSIS	NUMERO DE APLICACIONES	TOTAL	FINALIDAD
DINEPAC	3 $\frac{\text{cm}^3}{1 \text{ H}_2\text{O}}$	1	3 cm^3	Control de pulgón
STIMUFOL	5 $\frac{\text{g}}{1 \text{ H}_2\text{O}}$	2	10 g	Desarrollo de flor y fruto
UREA (N)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	3	21 g	Fertilizar el suelo
SUPER FOSFATO TRIPLE (P_2O_3)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	2	14 g	Fertilizar el suelo
MURIATO DE POTACIO (K_2O)	7 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	2	14 g	Fertilizar el suelo
MOCAP	2 $\frac{\text{g}}{\text{planta}}$	1	2 g	Control de nematodos
MONODRIN	40 $\frac{\text{cm}^3}{12 \text{ H}_2\text{O}}$	1	40 cm^3	Control de plagas

Tabla Nº 12 Fertilizante, insecticida y abono foliar para el pimiento.



INIA CUBA

EL CALENDARIO DE APLICACION DE ESTOS PRODUCTOS QUIMICOS SE MUESTRAN A CONTINUACION

MES FECHA	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
4				STIMUFOL (T y P)
7	TRANSPLANTE (T)			
8	TRANSPLANTE (P)	FLORACION (T y P)		
9	UREA, MONODRIN (T y P)			
10	MOCAP (T y P)			SEGUNDA COSECHA (T)
15			STIMUFOL (T y P)	TERCERA COSECHA (P)
16			ACTELIC (T)	
17			PRIMERA COSECHA (P)	
20		N, P203, K20 (T y P)		
24	N, P203, K20 (T y P)			
25			PRIMERA COSECHA (T)	
28				TERCERA COSECHA (T)
29			SEGUNDA COSECHA (P)	
30			DINEPAC	

TABLA Nº 13 Cronograma de trabajo de aplicación de cultivo de tomate y pimiento.



- Rendimiento

La producción total de tomate y pimiento obtenido sobre el área experimental se muestra en la tabla.

VARIEDAD	PESO OBTENIDO Kg/96 m ²	PESO ESPERADO Kg/96 m ²
TOMATE	489.13	384
PIMIENTO	290.208	230.4

Tabla.Nº 14 Rendimientos de producción.

Las producciones alcanzadas en el tomate aumentaron en un 27.37 % a los valores esperados respecto a otros sistemas de riego, mientras que para el pimiento fueron del 26 % .

Dentro de estos resultados se obtuvieron frutos de gran tamaño y buena calidad, y esto se debe al buen manejo en lo que respecta a la dosificación de fungicidas, insecticidas y fertilizantes, los cuales fueron anteriormente evaluados.

Y con esto se comprueba también cuan eficiente es el sistema de riego por goteo.

También se realizó una evaluación del peso promedio del tomate, del cual durante la primera cosecha se

tomaron diferentes tamaños, estos datos se muestran en la tabla N° 15.

PESO [Kg]	CANTIDAD	PESO [kg]	CANTIDAD
0.17	1	0.32	3
0.19	2	0.33	1
0.21	1	0.34	5
0.22	3	0.35	9
0.23	4	0.36	1
0.24	1	0.37	3
0.25	4	0.38	2
0.26	8	0.40	1
0.27	2	0.41	2
0.28	4	0.42	3
0.29	3	0.43	1
0.30	8	0.45	2
0.31	3	0.75	1

Tabla N° 15 Peso de tomates de tamaños diferentes

De esta muestra se obtiene :

Peso total = 22.19 Kg.

Número de tomates = 76

Peso promedio = $\frac{22.19}{76} = 0.29$ Kg.



Este valor es aceptado dentro de la producción y el

mercado.

- Desarrollo vegetativo y calidad de fruto

El desarrollo vegetativo y la calidad de fruto obtenido del tomate y pimiento se pueden apreciar en las siguientes figuras.

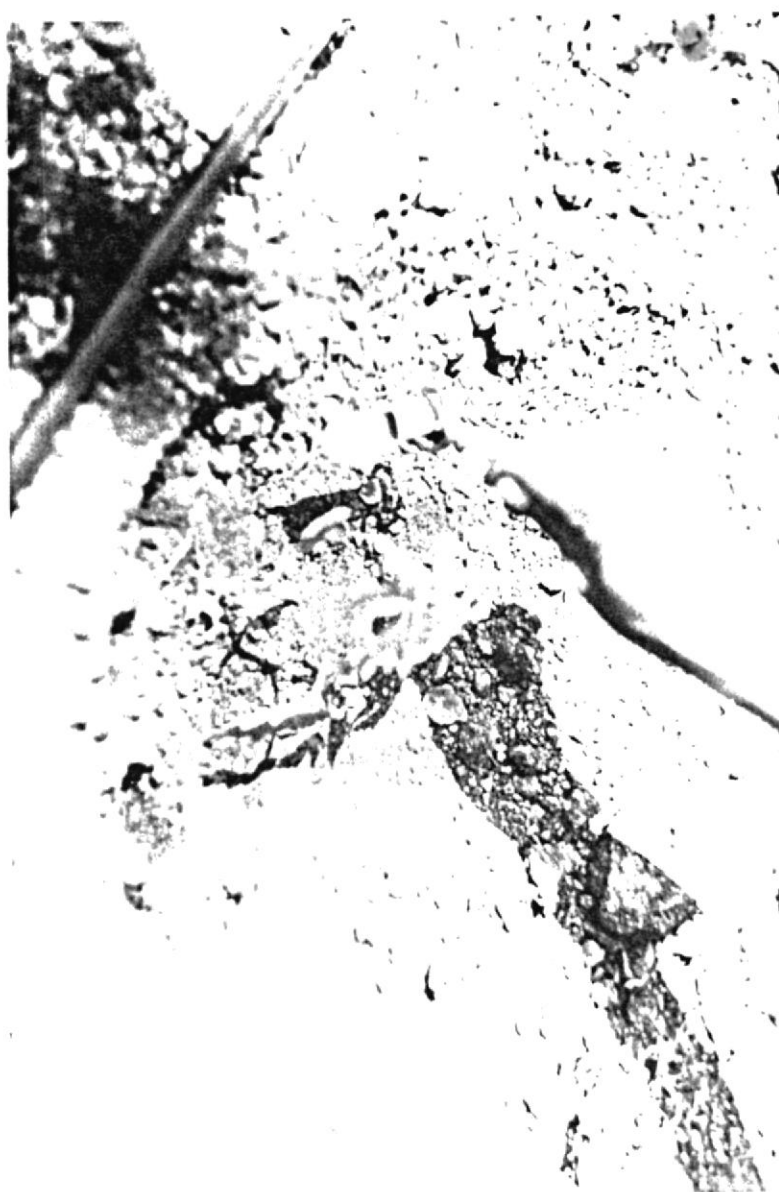


Fig. 3.1 Aplicación de fertilizantes al tomate.



fig. 3.2 Plantación de tomate 5 días después del transplante.



fig. 3.3 Vista del sistema de riego por goteo para el tomate.

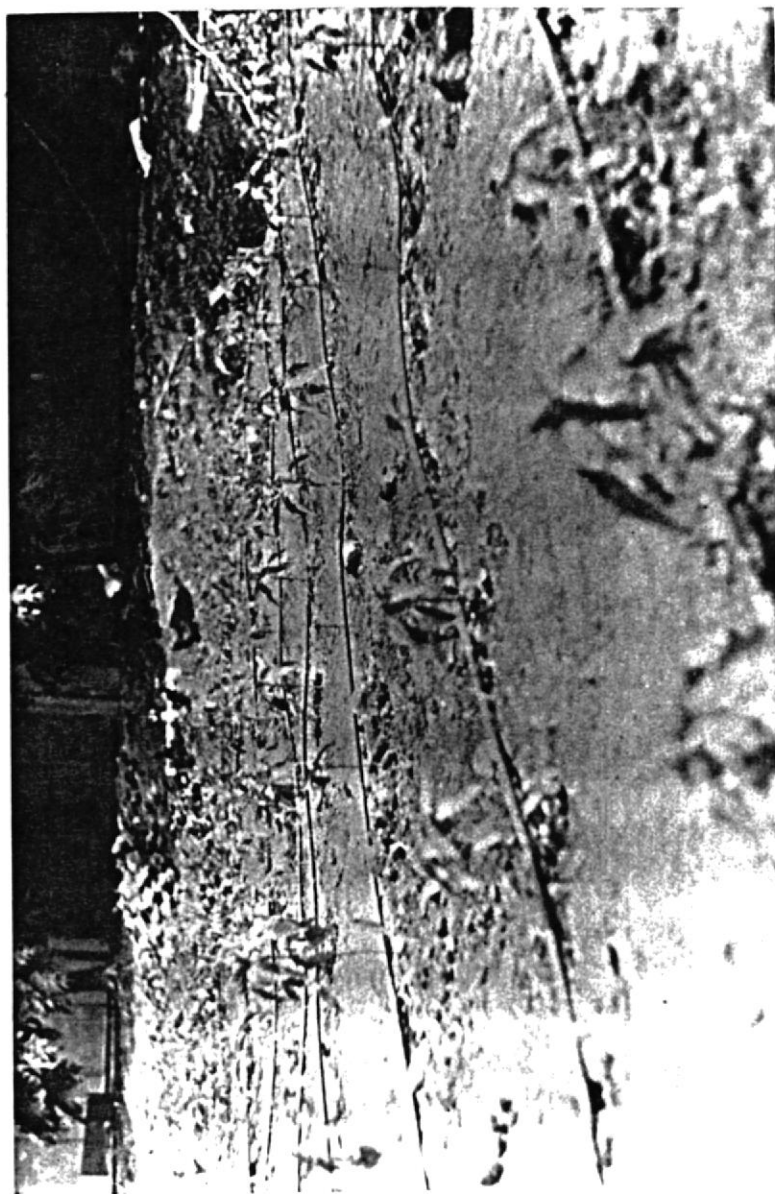


fig. 3.4 Vista del sistema de riego por goteo para el pimiento y tomate.



fig. 3.5 Vista del área mojada por el goteo.





fig. 3.6 Etapa de floración del tomate.

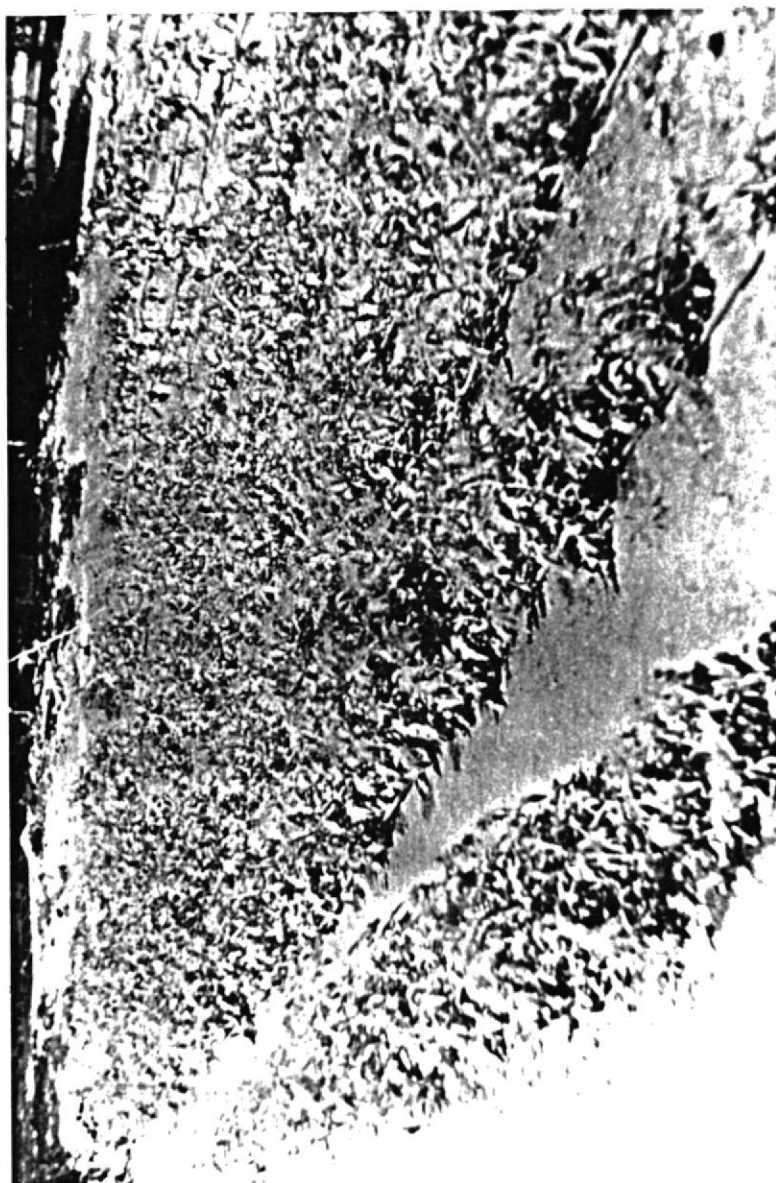


fig. 3.7 Desarrollo de la plantación de tomate y pimiento.



fig. 3.8 Etapa del desarrollo de tomate y pimiento.



Fig. 3.9 Vista del pimiento en pleno desarrollo.



fig. 3.10 Obtención de pimiento de diferente tamaño.



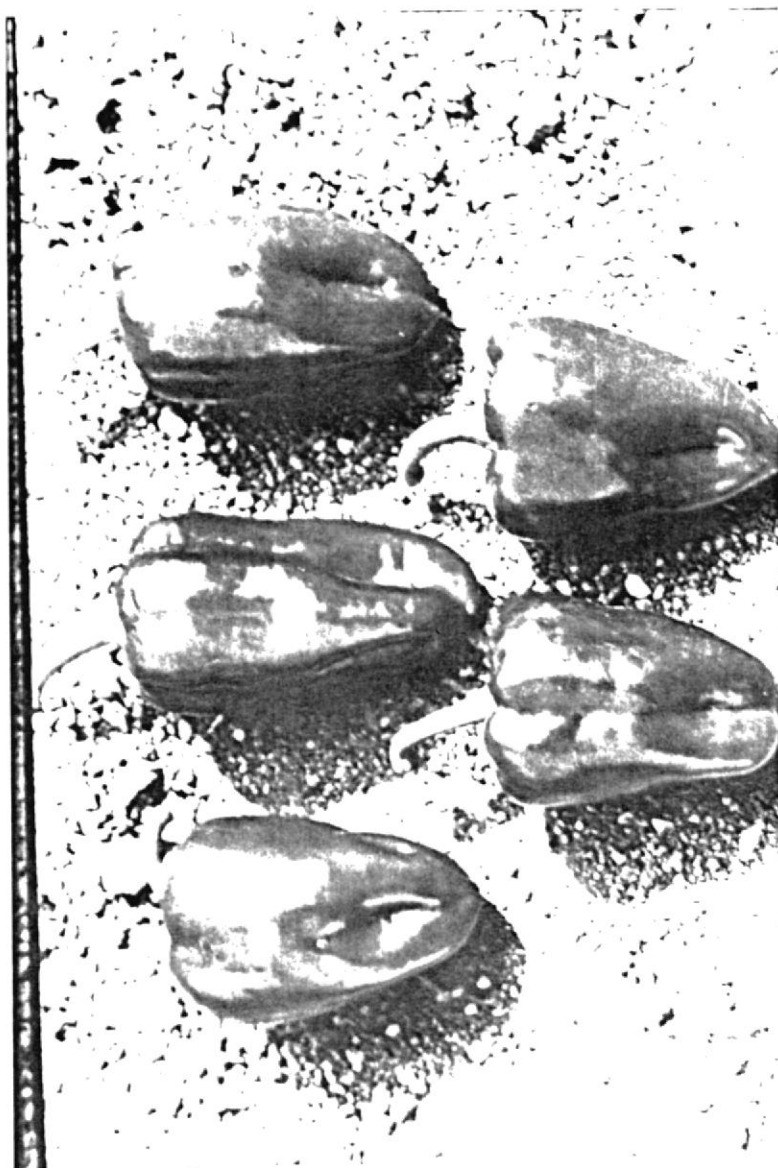


fig. 3.11 Calidad de pimiento obtenido.

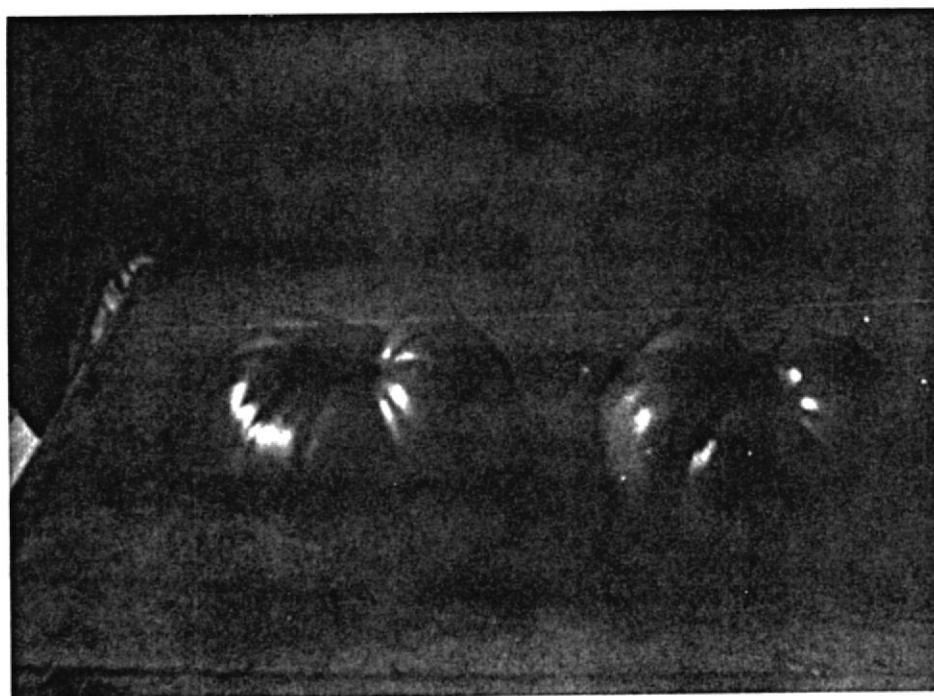


fig. 3.12 Calidad de tomates.



fig. 3.13 tomate de 0.75 Kg.

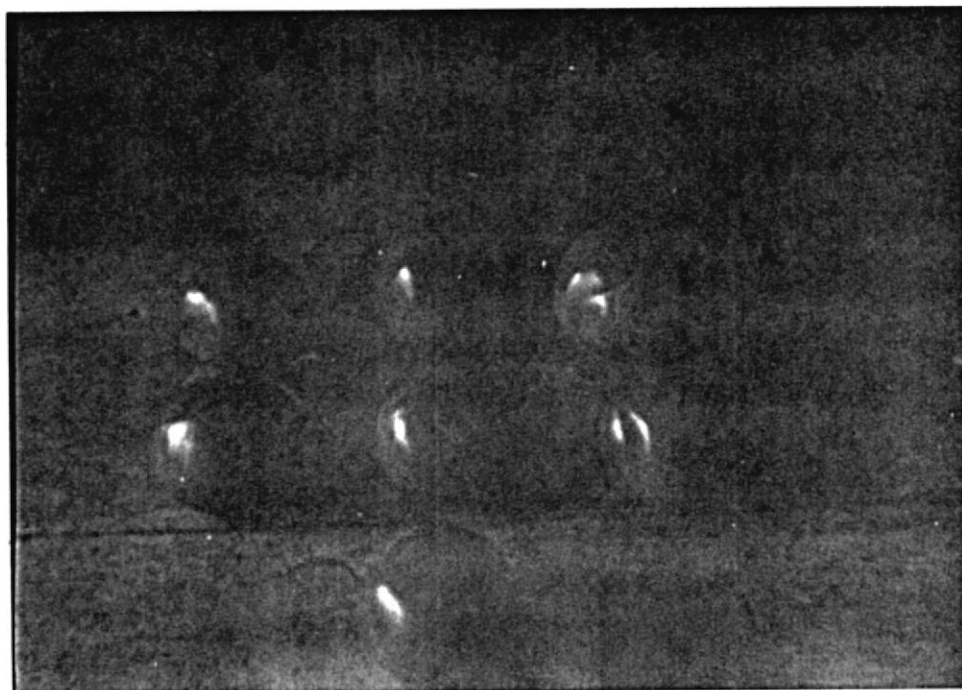


fig. 3.14 Tomates de 0.26 Kg.

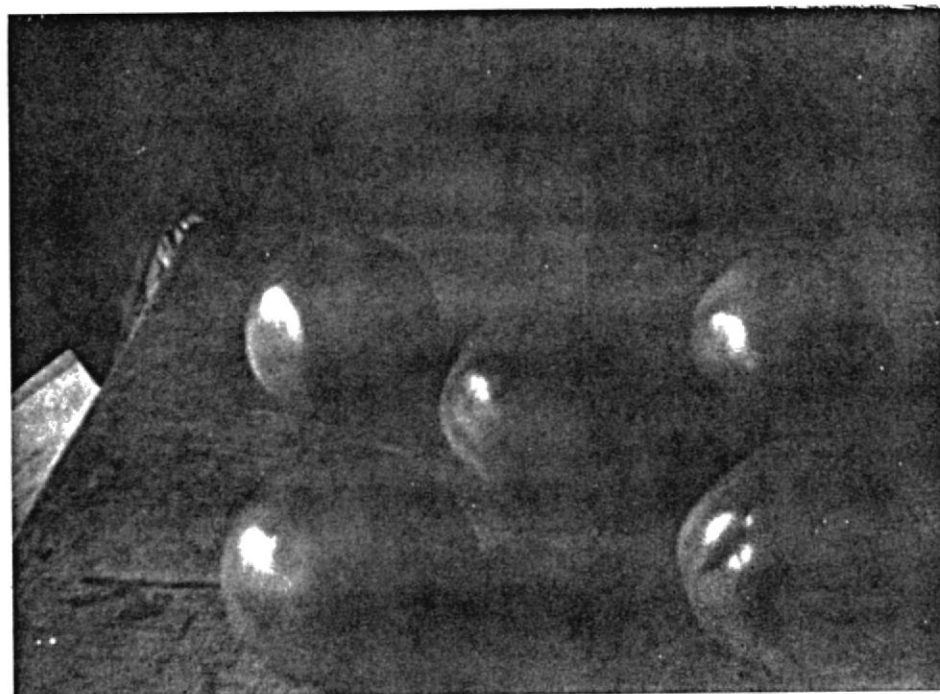


fig. 3.15 Tomates de 0.32 Kg y 0.45 Kg.

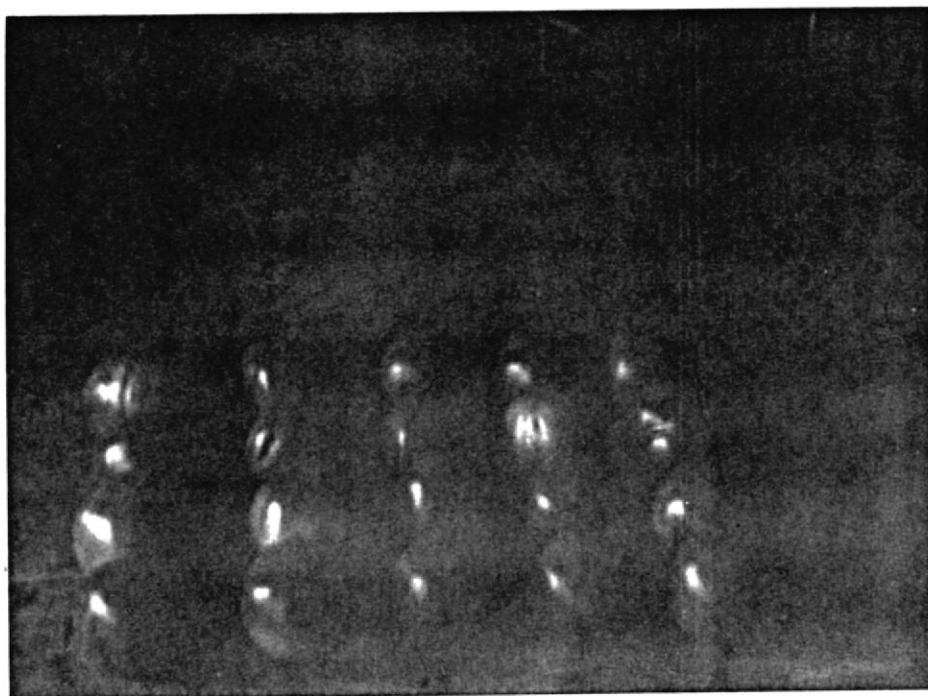


fig. 3.16 Tomates de diferentes pesos.

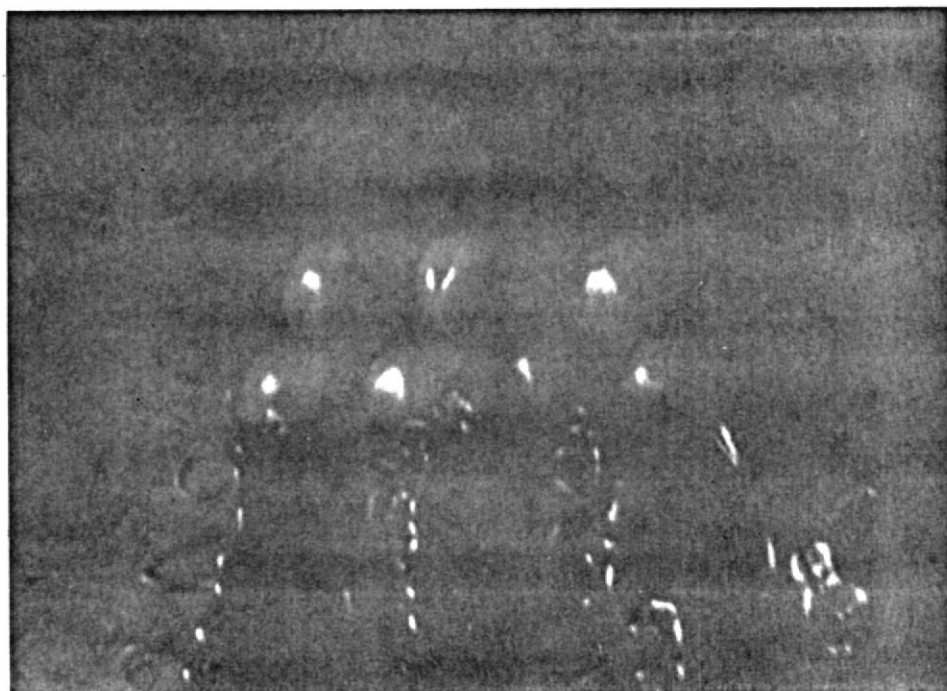


fig. 3.17 Tomates y pimientos obtenidos.

3.3 EVALUACION DE COSTOS

La cotización de los materiales y equipos empleados para la instalación del sistema de riego por goteo, para el área experimental en conjunto, del tomate y pimiento se muestran a continuación .

DESCRIPCION	UNID	LONG [m.]	COSTO S/.	COSTO TOTAL S/
TUBERIA DE PE DE d 16 mm.	-	200	63960 100 m.	127920
TAPONES	4	-	890	3560
CONECTORES DE d 16 mm.	4	-	4000	16000
GOTEROS HB	372	-	400	148800
TUBERIA uPVC d 25 mm.	-	12	6300	12600
TUBERIA PVC d 26 mm.	-	12	7000	14000
TUBERIA PVC d 33 mm.	-	6	22000	22000
CODO 90° uPVC d 26 mm.	7	-	2300	16100
CODO 90° uPVC d 25 mm.	2	-	400	800
CODO 45° uPVC d 25 mm.	2	-	2500	5000
TEE PVC d 26 mm.	4	-	6200	24800
TEE uPVC d 25 mm.	1	-	550	550
REDUCTOR BUJE uPVC 1 A 3/4	4	-	1560	6240
ADAPTADOR MACHO PVC u3/4 X25	3	-	2400	7200
VALVULA SOLENOIDE	1	-	150000	150000
MANOMETRO RANGO DE 0-160 psi	1	-	150000	150000
VALVULA DE COMPUERTA DE d 1"	1	-	5000	5000
FILTRO	1	-	80000	80000

Tabla Nº 16 Presupuesto del área experimental (Julio/93)

La inversión total en costo de instalación es:

S/. 656.650 - \$ 350 dolares.

Valor obtenido de la cosecha de tomate:

$$489.13 \text{ Kg} \times \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{S/. } 500}{1 \text{ lb}} = \text{S/. } 538.043$$

Valor obtenido de la cosecha de pimiento:

$$290.208 \text{ Kg} \times \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{S/. } 300}{1 \text{ lb}} = \text{S/. } 191.537$$

Valor total obtenido de la cosecha = S/. 729.580

Con esto demostramos que la primera producción cubre todo lo referente a costos de instalación de la red de riego.

3.4 CONDICIONES PARA LA PROYECCION A 10 ha

De los resultados obtenidos sobre el área experimental se van a considerar para la proyección a 10 has. lo siguiente :

- Se toma como datos de diseño para las tuberías portagotos y terciarias $\emptyset.2$ Hq, solamente para el caso de goteros autocompensados HB. Para dicho diseño se va a considerar los diagramas de Hazen - Williams para tubería PVC elaborado por el departamento técnico de plastigama, las mismas que se muestran en las figuras del apéndice.

- El tiempo de riego debe ser diario, los cinco primeros días después del transplante. A partir de este momento los riegos deben ser pasando un día, hasta llegar a la etapa de floración .

En esta etapa el tiempo real de riego debe ser de 1.25 h, y en la etapa de desarrollo del fruto de 1.5 h. Esta condición es necesaria para la obtención de una mayor producción .

- La primera producción cubre toda la inversión hecha en la instalación.

- Datos técnicos :

Cultivo : Tomate
 Suelo : Franco arcilloso
 Superficie : 10 ha.
 Marco de plantación : $d_p = 0.5$ m., $d_h = 1$ m.
 Evaporación máxima : $E_{tm} = 5.02$ mm/día
 Días de riego :
 Número de hileras : 200 hileras/ha
 Número de goteros : 100 goteros/hilera
 Caudal del goteros : $Q_g = 2.6$ l./h.
 Presión de trabajo del gotero : $H_g = 10$ m.

- Cálculo de los requerimientos hídricos

De los datos obtenidos para el área experimental, hacemos la proyección a 10 ha.

La lámina de agua que debemos reponer al suelo es:

$$75.5 \text{ l./m}^2$$

Para una hectárea tendremos:

$$75.5 \frac{\text{l.}}{\text{m}^2} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} = 755000 \text{ l.}$$

Esta es la cantidad de agua que debemos suministrar a 1 ha. en un mes.

La aplicación diaria de agua será :

$$Q_i = \frac{755000 \text{ l./mes}}{15 \text{ días/mes}} = 50333.33 \text{ l./has}$$

El caudal que suministra el sistema a 1 ha. en un día se lo obtiene a partir de la distribución de tubería y goteros existentes en 1 ha., el cual se aprecia en la figura A.6 .

$$Q_s = (20000 \text{ goteros})(2.6 \text{ l./h})$$

$$Q_s = 52000 \frac{\text{l.}}{\text{h} \times \text{ha.}}$$

Para regar las 10 ha., se han dividido en 10 módulos de una hectárea cada uno, del cual para nuestros cálculos vamos a regar 2 módulos, es decir, un sector de 2 hectáreas, luego el tiempo de riego necesario será :

$$50333.33 \frac{\text{l.}}{\text{ha}} \times 2 \text{ ha} = 100666.66 \text{ l.}$$

$$52000 \frac{\text{l.}}{\text{h} \times \text{ha}} \times 2 \text{ ha} = 104000 \text{ l./h.}$$

$$t_r = \frac{100666.66 \text{ l.}}{104000 \text{ l./h}} = 0.96 \text{ h}$$

$$t_r \approx 1 \text{ hora}$$

Como tenemos 5 sectores, el tiempo necesario para regar las 10 has. es de 5 horas.

La secuencia de los 5 sectores a regar es :

- Módulo 3 - 10
- Módulo 6 - 8
- Módulo 2 - 9
- Módulo 5 - 1
- Módulo 4 - 7

- Cálculos hidráulicos :

Para nuestros cálculos se van a regar 2 módulos, es decir 2 hectáreas. Los módulos son \longrightarrow 3 y 10

- Cálculo del ramal portagoteros

El ramal portagoteros más alejado, se encuentra en el módulo 3 del cual se obtiene .

$$L = 50 \text{ m.}$$

$$\# \text{ goteros/hilera} = 100$$

$$Q = 260 \text{ l./h} = 0.0722 \text{ l./s.}$$

$$F = 0.350 \longrightarrow \text{tomado de tabla N}^\circ 2 \text{ para } 100$$

$$\text{salidas } h_g = 10 \text{ m.}$$

Para un 20 % de variación de presión tenemos :

$$0.2 \times 10 = 2 \text{ m.}$$

Esta carga habrá que perderla entre el lateral de goteo y la tubería tercearia que lo abastece, y es un dato de diseño que se toma.

$$S_f = 30 \%$$

$$H_t = (0.3)(25)(0.365)$$

$$H_t = 2.74 \text{ m.}$$

2.74 es mayor a 1.7, entonces tomamos un diámetro mayor .

PVC d 50 mm.

$$S_f = 9.5 \%$$

$$H_t = (0.095)(25)(0.365)$$

$$H_t = 0.86 \text{ m.}$$

0.86 es menor a 1.7 m., y este valor es el correcto.

- Cálculo de la tubería secundaria

Tramo I - 2

$$L = 50.1 \text{ m}$$

$$Q = 26000 \text{ l./h} = 7.2 \text{ l./s.}$$

De la figura A.4 obtenemos:

uPVC d 90 mm.

$$S_f = 1.8 \%$$

aplicando la ecuación 2.3 tenemos

$$H_{s_1} = S_f L$$

$$H_{s_1} = (0.018) (50.1 \text{ m})$$

De la figura A.3 obtenemos:

PE d 16 mm

Sf = 1.7 %

aplicando la ecuación 2.5 tenemos:

$$H_{pg} = S_f L F = (0.017) (50 \text{ m}) (0.35)$$

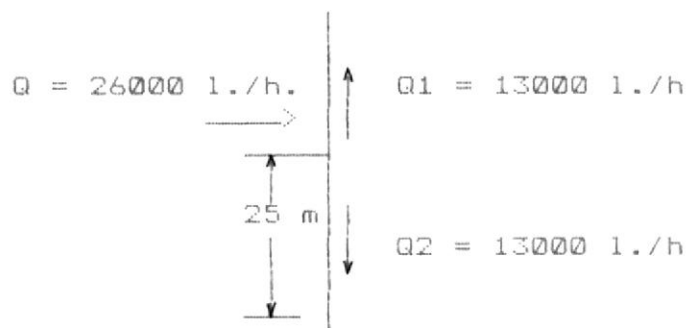
$$H_{pg} = 0.2975 \text{ m}$$

$$H = 2 - 0.2975$$

$$H = 1.7 \text{ m}$$

esta es la carga que debe perderse en la tubería terciaria.

- Cálculo de la tubería terciaria del módulo 3



$L = 25 \text{ m.}$

$Q = 13000 \text{ l/h} = 3.61 \text{ l./s.}$

$F = 0.365 \longrightarrow$ Tomado de tabla N^o 2.

De la figura A.4 obtenemos

uPVC d 40 mm.

$$H_{s1} = 0.9 \text{ m.}$$

Tramo MNI - 1

$$L = 275.1 \text{ m}$$

$$Q = 52000 \text{ l./h} = 14.4 \text{ l./s.}$$

De la figura A.4 obtenemos :

uPVC d 110 mm

$$Sf = 2.6 \%$$

$$H_{s2} = (0.026) (275.1 \text{ m})$$

$$H_{s2} = 7.15 \text{ m.}$$

- Cálculo de la tubería principal

Tramo TOM

$$L = 103 \text{ m.}$$

$$Q = 104000 \text{ l./h} = 28.9 \text{ l./s.}$$

De la figura A.4 obtenemos:

uPVC d 160 mm

$$Sf = 1.4 \%$$

$$H_p = (0.014) (103 \text{ m.})$$

$$H_p = 1.44 \text{ m.}$$

Las pérdidas de carga para los ramales portagoteros y tuberías terciarias de los demás módulos son iguales a los calculados anteriormente, es decir son del mismo diámetro, pero para las tuberías

secundarias se muestran en la tabla siguiente.

TRAMO	L (m)	Q (l./h)	Q (l./s.)	uPVC d(mm)	Sf (%)	H (m.)
A - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
B - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
C - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
D - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
E - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
F - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
G - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
J - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
H - 2	50.1	26000	7.2	90	1.8	0.9
J - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
G - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
E - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
F - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
A -1a	75.1	52000	14.4	90	7	5.26
D -1b	75.1	52000	14.4	90	7	5.26
B - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
C - 1	25.1	52000	14.4	90	7	1.76
MP	150	52000	14.4	110	2.6	3.9
MR	150	52000	14.4	110	2.6	3.9
Oa	100	52000	14.4	110	2.6	2.6
Ob	100	52000	14.4	110	2.6	2.6

Tabla Nº 17 Cálculo de las tuberías secundarias para la proyección a 10 ha.

- Cálculo de pérdida de carga a través de accesorios

La pérdida de carga en la práctica se considera en un 20 % de todas las pérdidas por tuberías.

La pérdida de carga total viene dada por :

$$H_T = H_{pg} + H_t + H_{s1} + H_{s2} + H_p + H_g + H_o + 20\% (H_{pg} + H_t + H_{s1} + H_{s2} + H_p + H_g)$$

$H_e = 5\text{ m}$, considerando que tiene que succionar de esa profundidad.

$$H_T = 0.297 + 0.86 + 0.9 + 7.15 + 1.44 + 10 + 5 + 0.2 (20.64)$$

$$H_T = 29.7 \text{ m.}$$

- Cálculo de la potencia de la bomba

$$Q = 28.9 \text{ l./s.} = 0.0289 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$\tau = 996.81 \text{ Kg/m}^3$$

$$H_T = 30 \text{ m.}$$

$$\eta = 70 \%$$

$$P = \frac{(0.0289 \text{ m}^3/\text{s.}) (996.81 \text{ Kg/m}^3) (30 \text{ m.})}{75 (0.7)}$$

$$P = 16.46 \text{ CV}$$

- Selección de la bomba

Se lo hace de acuerdo a la curva característica que presenta la bomba, para lo cual se necesita los siguientes datos:

$$Q = 28.9 \text{ l./s} = 458.12 \text{ GPM}$$

$$H_T = 30 \text{ m.}$$

Para las 10 Ha. se ha seleccionado una motobomba centrífuga cuya curva característica se muestra en la figura 3.18, y de acuerdo al Q , H_T dados, obtenemos las siguientes características:

tipo : Motobomba centrífuga

$$P = 20 \text{ HP}$$

$$\phi_i = 162 \text{ mm}$$

$$N = 3500 \text{ RPM}$$

$$\eta = 74 \%$$

ϕ_i = diametro del impele.

- Cálculo del coeficiente de uniformidad

Aplicado la formula dada en el capítulo 2.7 tenemos:

$$v = 0.05$$

$$e = 1$$

$$x = 0.5$$

$$h = H_{pg} = 0.2975$$

$$h_m = H_q = 10 \text{ m.}$$



bombas
y motobombas



centrifugas

A.220 H-10
A: julio/80
Remp. Abril/87

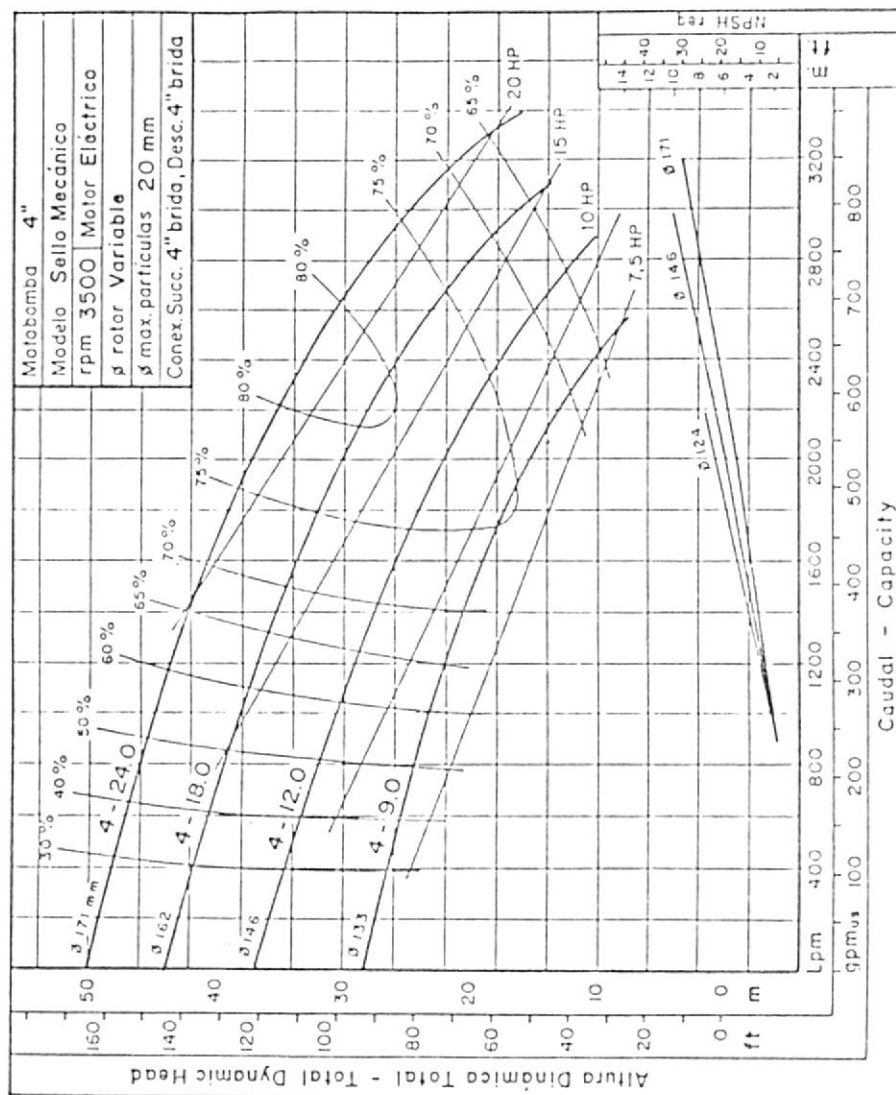


Fig. 3.18 Curva característica de una Motobomba.

$$\frac{q \text{ mín.}}{q \text{ m}} = 1 - 0.22 \times \frac{h}{hm}$$

$$\frac{q \text{ mín.}}{q \text{ m}} = 1 - \frac{(0.22)(0.5)(0.23 \text{ m.})}{10 \text{ m.}} = 0.997$$

$$CU = 100 \left(1 - 1.27 \frac{v}{\sqrt{e}} \right) \frac{q \text{ mín.}}{q \text{ m.}}$$

$$CU = 100 \left(1 - \frac{(1.27)(0.05)}{\sqrt{1}} \right) 0.997$$

$$CU = 93.4 \% > 92 \%$$

Con esto demostramos que el diseño de la proyección a 10 ha. esta bien realizado.

- Costo de Instalación.

Los costos de los equipos y materiales que se emplearían para la proyección a 10 has. se muestran a continuación.



DESCRIPCION	UNID	LONG [m.]	COSTO S/.	COSTO TOTAL S/.
TUBERIA DE PE DE d 16 mm.	-	100.000	63.960	63'960.000
TUBERIA uPVC d 160 mm.	-	100	77.000	1'309.000
TUBERIA uPVC d 110 mm.	-	775	36.000	4'680.000
TUBERIA uPVC d 90 mm.	-	825	33.000	4'554.000
TUBERIA uPVC d 50 mm.	-	1000	17.500	2'922.500
TAPONES d 50 mm	40	-	1.190	47.600
CONECTORES DE d 16 mm.	2.000	-	4.000	8'000.000
GOTEROS HB	2000000	-	400	80'000.000
TEE REDUCTORA uPVC DE 110 X 90 mm.	5	-	70.000	350.000
TEE REDUCTORA uPVC DE 160 x 110 mm.	2	-	250.000	500.000
TEE REDUCTORA uPVC DE 90 X 50 mm.	10	-	72.700	727.000
TEE uPVC d 110 mm	1	-	55.000	55.000
TEE uPVC d 50 mm	20	-	2.010	40.200
REDUCTORES uPVC d 90 x 50 mm.	10	-	11.896	118.960
CODO 90° uPVC d 110 mm	4	-	1.200	48.000
CODO 90° uPVC d 90 mm.	2	-	25.000	50.000
CODO 90° uPVC d 50 mm.	10	-	1.500	150.000

ADAPTADOR MACHO 90 X 3	18	-	16.500	297.000
ADAPTADOR MACHO 110 X 4	2	-	28.000	56.000
VALVULA COMPUERTA d 90 mm.	9	-	135.000	1'215.000
VALVULA COMPUERTA d 110 mm.	1	-	395.000	395.000
VALVULA COMPUERTA d 160 mm.	1	-	565.000	565.000
FILTRO 4E 6" SPINCLEAN	1	-	3'600.000	3'600.000
MANOMETRO	1	-	150.000	150.000
MOTOBOMBA A DIESEL	1	-	10'340.000	10'340.000

Tabla Nº 18 Presupuesto para la proyección a 10 ha.
Julio/93.

La instalación para la 10 ha tendran un costo aproximado
de 184'130.260.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del presente proyecto se han llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.- El sistema de riego por goteo instalado en el Campus Politécnico resulta una alternativa de aplicación, en lugares donde hay escases de agua.
- 2.- Con goteros autocompensados se obtienen un 10% de variación de caudal en tuberías portagoteros y una variación de presión que se encuentra dentro del 20 % de la presión de trabajo del gotero.
- 3.- El tiempo de riego es importante tomar en cuenta dentro de este sistema para el cultivo de tomate, y de acuerdo a los resultados obtenidos en la práctica se debe considerar:
 - Los primeros cuatro días después del transplante el tiempo de riego empleado será el calculado.
 - En la etapa de floración el tiempo de riego real será un 25% más del tiempo de riego calculado.
 - En la etapa de desarrollo del fruto el tiempo de riego real será un 50% más del tiempo de riego calculado.

4.- La producción de tomate y pimiento cubre los costos de inversiones iniciales anteriormente realizados.

5.- Para obtener una mayor producción se tienen que considerar:

- Hacer el titoreo para el tomate.
- Una buena aplicación al suelo de fertilizantes, fungicidas y abono foliar.

6.- Para 1 ha de los resultados de producción obtenidos en el Campus Politécnico se tendran:

$$2.65 \frac{\text{Kg}}{\text{planta}} \times \frac{20000 \text{ planta}}{1 \text{ ha}} \times \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ Kg.}} \times \frac{\text{S}/.500}{1 \text{ lb}} = \text{S}/.58'300.000$$

7.- Y por último se concluye que el terreno del Campus Politécnico se considera un sitio apto para el cultivo de tomate y pimiento.

De lo expuesto se recomienda lo siguiente:

- 1.- Calcular el coeficiente de uniformidad teórico para el diseño y experimental para la instalación.
- 2.- Los calendarios de riego reajustados que constan en el proyecto de grado del Sr. Jorge Mora, también pueden ser utilizados para futuras siembras.
- 3.- Después de la instalación se deben drenar las tuberías

abriendo los tapones de las líneas portagoteros, con el propósito de sacar cualquier partícula extraña, la cual a su vez puede obstruir los goteros.

4.- Limpieza del filtro una vez por semana.

5.- Poner el gotero a 10 cm de la planta para evitar la pudrición del tallo.

6.- Se puede incorporar tanques dosificadores de fertilizantes.

7.- Hacer el respectivo tutorio para el tomate.

A P E N D I C E

ANALISIS DE LABORATORIO

AREA DE RESPONSABILIDAD:

REFERENCIAS: CAMPO POLITECNICO PARCELAS PROSPERINA

FECHA DE ANALISIS: 0070292 20 cm

Laboratorio: **CEDEGE**

Nro. de Laboratorio: 048

N.º Parcela: _____

Profundidad (cm)	Horizonte	TIPO DE TAMAÑO Y DIAMETRO DE PARTICULAS (mm) 3A1														Frag. Gruesos 3B1							
		TOTAL				ARENA						LIMO					2 m	20-75	75-200				
		Arésa 2-0.08	Limo 0.08-0.002	Arécula 0.002	Grueso 2-1	Muy Grueso 1-0.8	Mediano 0.25-0.20	Fino 0.10-0.075	Muy Fino 0.075-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	0.02-0.002	0.02-0.002	0.02-0.002	0.02-0.002								
0-20		37	25	38	FA	FRANCO ARCILLOSO																	
Profundidad (cm)	N-N	8B2a	8B2b	P	Carbono orgánico	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	g C/100 g H ₂ O	pH	BC1c (1:1) KCl	BC1d (1:1) H ₂ O		
0-20	1,9	0,09		1,0															35,6	21,0		6,5	
INTERPRETAC.	Bajo	Bajo		Muy Bajo																		Dig. Acido	
Profundidad (cm)	8B2d	8B2e	8B2f	8B2g	8B2h	8B2i	8B2j	8B2k	8B2l	8B2m	8B2n	8B2o	8B2p	8B2q	8B2r	8B2s	8B2t	8B2u	8B2v	8B2w	8B2x	8B2y	8B2z
0-20	37	19	0,87	0,33																			
INTERPRETAC.	ALTO	ALTO		MODERAD. BAJO																			
Profundidad (cm)	CE ₂	CE ₁	CE ₀	CE ₋₁	CE ₋₂	CE ₋₃	CE ₋₄	CE ₋₅	CE ₋₆	CE ₋₇	CE ₋₈	CE ₋₉	CE ₋₁₀	CE ₋₁₁	CE ₋₁₂	CE ₋₁₃	CE ₋₁₄	CE ₋₁₅	CE ₋₁₆	CE ₋₁₇	CE ₋₁₈	CE ₋₁₉	CE ₋₂₀
0-20		0,38																					

Tabla A.1 Analisis de suelo hecho por CEDEGE.

	MES	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
PIMIENTO	Etm(mm/dia)	4.08	4.73	4.42
TOMATE	Etm(mm/dia)	4.12	5.02	3.77

TABLA Nº A.2 Evapotranspiración Máxima (Tomado del Proyecto de Grado del Sr. Jorge Mora).

MES/FECHA	SEPTIEMBRE	MES/FECHA	OCTUBRE	MES/FECHA	NOVIEMBRE	MES/FECHA	DICIEMBRE
7	1	3	1.25	4	1.5	2	1.25
8	1	5	1.25	6	1.25	4	1.25
9	1	8	1.5	9	1.25	7	1.25
10	1	13	1.5	11	1.25	9	1.25
14	0.78	16	1.5	14	1.25	11	1
16	0.96	20	1	16	1.25	14	1
19	1.1	23	1	18	1.25	16	1
23	1.16	26	1	20	1.25	21	1
26	1.3	28	1	23	1.25	23	1
29	1.35	30	1.5	25	1.25	24	1
				27	1.25	28	1
				30	1.25		

TABLA N^oA.3 Calendario de riego aplicado para el tomate (Expresado en horas).

MES/FECHA	SEPTIEMBRE	MES/FECHA	OCTUBRE	MES/FECHA	NOVIEMBRE	MES/FECHA	DICIEMBRE
8	1	3	1	4	1.5	2	1
9	1	5	1	6	1	4	1
10	1	8	1.5	9	1	7	1
14	0.6	13	1.5	11	1	9	1
16	0.65	16	1.5	14	1	11	1
19	0.68	20	1	16	1	14	1
23	0.73	23	1	18	1	16	1
26	0.82	26	1	20	1	21	1
29	0.87	28	1	23	1	23	1
		30	1.5	25	1	24	1
				27	1	28	1
				30	1		

TABLA Nº A.4 Calendario de riego aplicado para el pimiento (Expresado en horas).

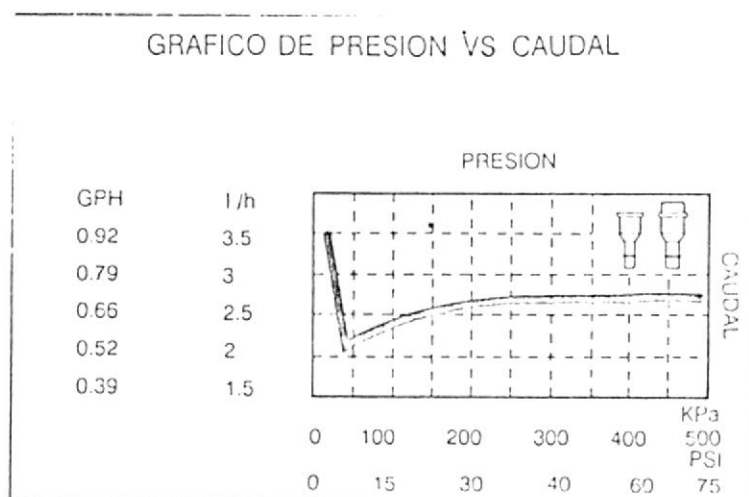


Fig. A.1 Curva característica de funcionamiento del gotero.

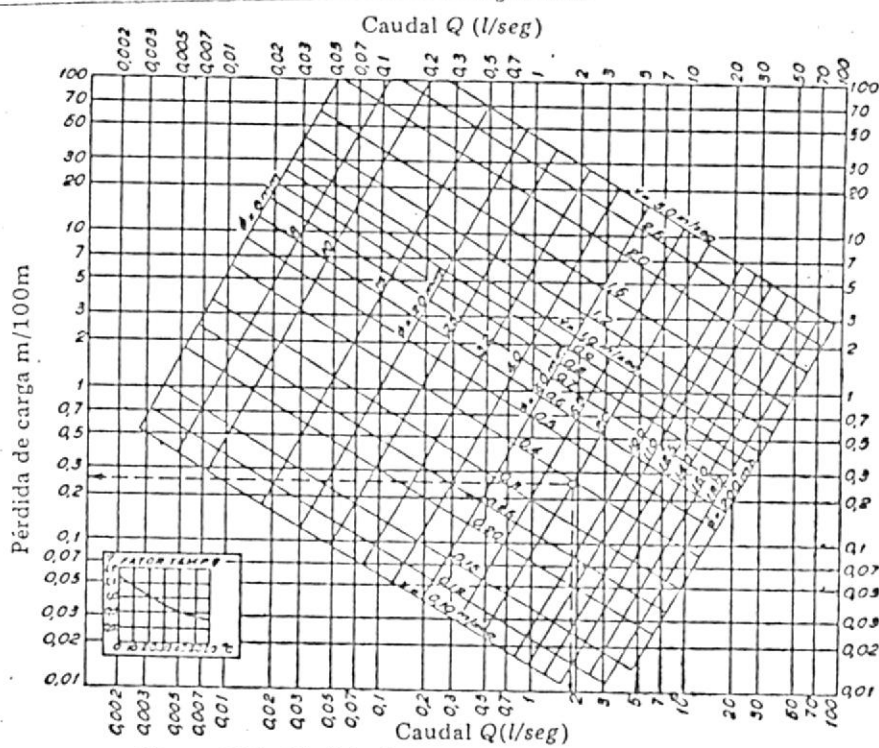


Fig. A.3 Diagrama de pérdida de carga para tubería de polietileno. FE.



DIAGRAMA DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION
 Tubería de uPVC Presión (NORMA INEN 1373)

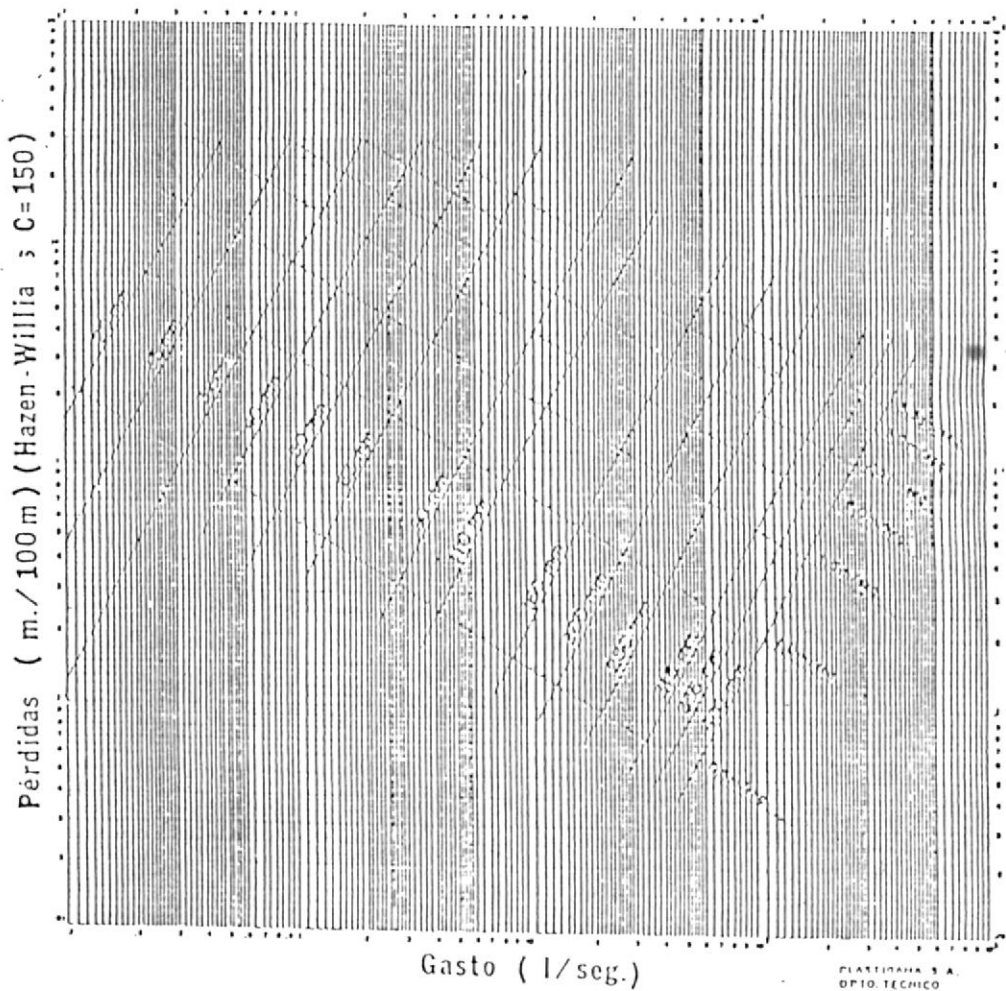


Fig. A.4 Diagrama de pérdida de carga para tubería de presión uPVC.



DIAGRAMA DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION
 Tubería de uPVC Presión Roscable (NORMA ASTM 1785)

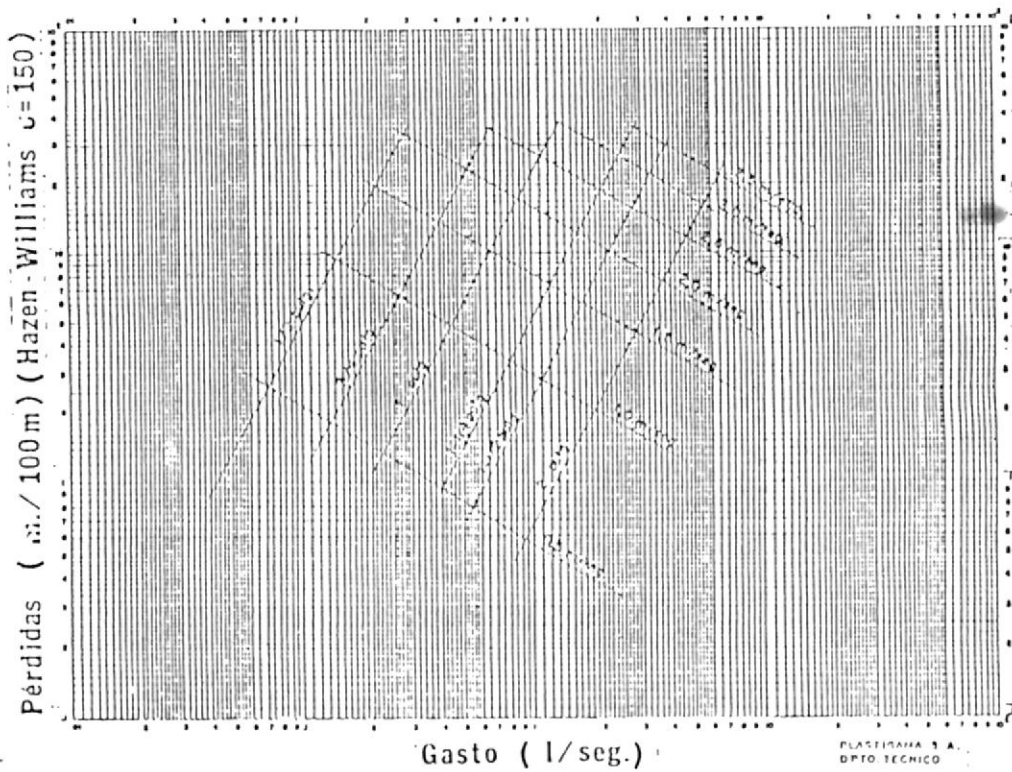


Fig. A.5 Diagrama de pérdida de carga para tubería de presión roscable uPVC.



E 1 : 25

Fig. A.6 Distribución de tuberías para 10 ha.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- J.M. DE AZEVEDO - GUILLERMO ACOSTA A. Manual de hidráulica (Mexico D.F. 1976 Harla).
- 2.- JOSE A. MEDINA SAN JUAN, Riego por goteo (Manual 1988 Mundi-Presa).
- 3.- CURSO INTERNACIONAL DE LIMA SOBRE REGADIO, 1979
- 4.- CLAUDIO MATAIX, Mecánica de fluido y Máquina hidráulicas (Mexico D.F. 1972 Harla).
- 5.- CATALOGO DE LA RAIN-BIRD, Turf Irrigation, Equipment, 1991 - 1992.
- 6.- RODRIGUEZ SUPPO FLORENCIO, Riego por Goteo (Mexico 1982 A.G.T).
- 7.- GOMEZ POMPA PEDRO, Riego a presión, asperción y goteo (España 1979 Ardos).
- 8.- AGRIPAC. Informe Técnico, Guayaquil. 1992.