

Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios

20 NOV 1979

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - O.E.A.

BIBLIOTECA

ANEXOS IX y X

DIRECCION GENERAL

I. I. C. A.



PROYECTO INTEGRADO DE DESARROLLO RURAL

CHALLAPATA - TACAGUA



CONVENIO MACA IICA N° 8/78

Cooperación Técnica del BID ATC/TF (SP)-1.579-BO

La Paz - Bolivia

1974

1974

1974



20 NOV 1979

IICA  
250  
353  
anexo 9-10

A N E X O 9.

ESTUDIO DE LA DEMANDA

DE

RECURSOS HIDRICOS

00005614

## I N D I C E

| <u>Contenido</u>   | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| PROBABILIDADES DE PRECIPITACION  | 1             |
| Cálculo de evapotranspiración potencial                                    | 2             |
| Cálculo de coeficientes de transformación                                  | 7             |
| Eficiencia de riego alcanzable   | 10            |
| Orientación general sobre superficie factible de riego                     | 12            |
| CALCULO DE DOTACION DE RIEGO   | 14            |
| Cultivo de alfalfa   | 14            |
| Cultivo de papa  | 14            |
| Cultivo de cebada en grano   | 15            |
| Cultivo de haba  | 15            |
| Cultivo de cabada en berza   | 16            |
| Cultivo de trigo   | 16            |
| CALCULO DE DOTACIONES DE RIEGO PONDERADA MENSUALES                         | 17            |
| Cuadro resumen de dotaciones ponderadas mensuales y volúmenes de erogación | 21            |
| Módulo de riego  | 23            |
| Dotación mensual de agua de riego por canales                              | 32            |
| Cálculo de la lámina de riego  | 33            |
| Cálculo de los intervalos de riego y número de riego                       | 35            |
| Gráficos de frecuencia de riego  | 35 a.         |
| Horarios de turnos de riego por rancho                                     | 46            |
| Ejemplo de plan de riego para una propiedad                                | 48            |



ANEXO 9. DEMANDA DE RECURSOS HIDRICOS

PROBABILIDADES DE PRECIPITACION

Para el cálculo de probabilidades de precipitación se tuvo en cuenta la propiedad de la desviación standard ( $\sigma$ ) según la cual el 68.28% de los datos se hallan agrupados entre los valores  $(Mx + \sigma)$  y  $(Mx - \sigma)$

En virtud de este procedimiento se ha ejecutado el cuadro siguiente, calculado en forma gráfica mediante el uso de papel probabilidad normal.

| M E S            | Precipitación<br>Media (Mx) | Precipitación confia-<br>ble al 75% de Probabil. |
|------------------|-----------------------------|--|
| Enero            | 90.5                        | 54.5   |
| Febrero          | 86.8                        | 55.5   |
| Marzo            | 57.7                        | 38.0   |
| Abril            | 11.6                        | 6.5  |
| Mayo             | 3.8                         | 0  |
| Junio            | 1.6                         | 0  |
| Julio            | 0.8                         | 0  |
| Agosto           | 3.2                         | 0  |
| Septiembre       | 15.2                        | 0  |
| Octubre          | 12.0                        | 1.5  |
| Noviembre        | 25.3                        | 7.0  |
| Diciembre        | 66.4                        | 50.0   |
| <b>TOTAL AÑO</b> | <b>374.9</b>                | <b>213.0</b>                                     |

Cálculo de Evapotranspiración Potencial

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se ha seguido el procedimiento de Blanney y Criddle dada las condiciones de aridez de la zona de proyecto, siendo este procedimiento el que más se adapta a condiciones de climas áridos.

La ecuación de Blanney y Criddle, determina la Evapotranspiración potencial en base a la temperatura media mensual y el porcentaje mensual de horas anuales de sol.

$$Ep = (0.457 \cdot t^{\circ}c + 8.13) p \text{ en donde}$$

Ep = Evapotranspiración potencial

t<sup>°</sup>c = Temperatura media mensual

p = Porcentaje mensual de horas anuales de sol

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

| 1<br>MES | 2<br>Temperatura<br>Media Mensual<br>t <sup>°</sup> c | 3<br>0.457xt <sup>°</sup> c | 4<br>(3)+<br>8.13 | 5<br>p<br>para 18 <sup>o</sup> 5<br>L.S. | 6<br>Ep.<br>(4x5) |
|----------|---|-----------------------------|-------------------|--|-------------------|
| E        | 12.9  | 5.89                        | 14.02             | 9.17                                     | 128.6             |
| F        | 12.5  | 5.71                        | 13.84             | 8.05                                     | 111.4             |
| M        | 12.4  | 5.67                        | 13.80             | 8.56                                     | 118.1             |
| A        | 11.0  | 5.03                        | 13.16             | 7.97                                     | 104.9             |
| M        | 8.2   | 3.75                        | 11.88             | 7.91                                     | 94.0              |
| J        | 5.6   | 2.56                        | 10.69             | 7.50                                     | 80.2              |
| J        | 5.7   | 2.60                        | 10.73             | 7.83                                     | 84.0              |
| A        | 7.1   | 3.24                        | 11.37             | 8.07                                     | 91.7              |
| S        | 10.1  | 4.62                        | 12.75             | 8.14                                     | 103.8             |
| O        | 11.2  | 5.12                        | 13.25             | 8.73                                     | 115.7             |
| N        | 12.3  | 5.62                        | 13.75             | 8.82                                     | 121.3             |
| D        | 12.6  | 5.76                        | 13.89             | 9.25                                     | 128.5             |
| AÑO      |   |                             |                   |  | 1.282.2           |

Cálculo de Ep. por Blanney y Criddle  
para Challapata 18.5 L.S.

Cálculo de uso consuntivo y necesidad de riego para diferentes cultivos en Challapata - Bolivia, según la ecuación de Blanney y Criddle.

Con el dato de evapotranspiración potencial, calculado en la sección anterior, afectado por el coeficiente estacional de cultivo K, se calcula la evapotranspiración actual o real.

$$Ea = Ep \times k$$

en donde:

Ea = Evapotranspiración actual o real

Ep = Evapotranspiración potencial

k = Coeficiente estacional de cultivo.

A este valor de Ea, se le resta la precipitación efectiva y se obtiene la necesidad de riego neta mensual.

$$NR = Ea - p.p. ef.$$

en donde:

NR = Necesidad de riego mensual (en mm)

Ea = Evapotranspiración actual

pp.ef = Precipitación efectiva

(80% de la precipitación probable el 75%)

Cultivo: Alfalfa , K = 0.85 Prof.Rodic (D) =1.00

Ciclo : Agosto a marzo

| MES   | DIAS | Ep    | %K    | K     | Ea    | pp.prob.<br>75% | pp.<br>efec.80% | NR    | n.r.d. |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|--------|
| A     | 31   | 91.7  | 12.5  | 0.444 | 40.7  | 0               | 0               | 40.7  | 1.31   |
| S     | 30   | 103.8 | 25.0  | 0.714 | 74.1  | 0               | 0               | 74.1  | 2.47   |
| O     | 31   | 115.7 | 37.5  | 9.915 | 105.9 | 1.5             | 1.2             | 104.7 | 3.38   |
| N     | 30   | 121.3 | 50.0  | 1.045 | 126.7 | 7.0             | 5.6             | 121.1 | 3.98*  |
| D     | 31   | 128.5 | 62.5  | 1.093 | 140.4 | 50.9            | 40.0            | 100.4 | 3.24   |
| E     | 31   | 128.6 | 75.0  | 1.071 | 137.7 | 54.5            | 43.6            | 94.1  | 3.04   |
| F     | 28   | 111.4 | 87.5  | 0.979 | 109.1 | 55.5            | 44.4            | 64.7  | 2.31   |
| M     | 31   | 118.1 | 100.0 | 0.816 | 196.4 | 38.0            | 30.4            | 66.0  | 2.13   |
| 665.8 |      |       |       |       |       |                 |                 |       |        |

6.690 m<sup>3</sup>/Ha.

Cultivo : Papa

Ciclo: Octubre a marzo

| MES   | DIAS | Ep    | %k   | k     | Ea    | pp.prob.<br>75% | pp.<br>effec. | NR   | n.r.d. |
|-------|------|-------|------|-------|-------|-----------------|---------------|------|--------|
| O     | 31   | 115.7 | 16.7 | 0.336 | 38.9  | 1.5             | 1.2           | 37.7 | 1.22   |
| N     | 30   | 121.3 | 33.3 | 0.705 | 85.5  | 7.0             | 5.6           | 79.9 | 2.61   |
| D     | 31   | 128.5 | 50   | 0.864 | 110.6 | 50.0            | 40.0          | 70.6 | 2.28   |
| E     | 31   | 128.6 | 66.7 | 0.901 | 115.9 | 54.5            | 43.6          | 72.3 | 2.33   |
| F     | 28   | 111.4 | 83.3 | 0.838 | 93.3  | 55.5            | 44.4          | 48.9 | 1.75   |
| M     | 31   | 118.1 | 100  | 0.672 | 79.4  | 38.0            | 30.4          | 49.0 | 1.58   |
| 358.4 |      |       |      |       |       |                 |               |      |        |

Cultivo: Haba K = 0.65 Prof. rad (D) 0.50

Ciclo: Agosto a marzo

| MES | DIAS | Ep    | % k   | k     | Ea    | pp. prob.<br>75% | pp. effect | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------|------------|----------------|
| A   | 31   | 91.7  | 12.5  | 0.339 | 31.1  | 0                | 0          | 31.1       | 1.00           |
| S   | 30   | 103.8 | 25.0  | 0.546 | 56.7  | 0                | 0          | 56.7       | 1.89           |
| O   | 31   | 115.7 | 37.5  | 0.700 | 81.0  | 1.5              | 1.2        | 79.8       | 2.57           |
| N   | 30   | 121.3 | 50.0  | 0.799 | 96.9  | 7.0              | 5.6        | 91.3       | 2.99*          |
| D   | 31   | 128.5 | 62.5  | 0.836 | 107.4 | 50.0             | 40.0       | 67.4       | 2.17           |
| E   | 31   | 128.6 | 75.0  | 0.819 | 105.3 | 54.5             | 43.6       | 38.9       | 1.99           |
| F   | 28   | 111.4 | 87.5  | 0.748 | 83.3  | 55.5             | 44.4       | 38.9       | 1.39           |
| M   | 31   | 118.1 | 100.0 | 0.624 | 73.7  | 38.0             | 30.4       | 43.3       | 1.40           |

470.2

Cultivo: Cebada (grano) K = 0.75 Prof. rad (D) =0.90

Ciclo: Septiembre a abril

| MES | DIAS | Ep    | % k   | k     | Ea    | pp. prob.<br>75% | pp. effect | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(m.m.) |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------|------------|------------------|
| S   | 30   | 103.8 | 14.3  | 0.429 | 44.5  | 0                | 0          | 44.5       | 1.48             |
| O   | 31   | 115.7 | 28.6  | 0.690 | 79.8  | 1.5              | 1.2        | 78.6       | 2.54             |
| N   | 30   | 121.3 | 42.9  | 0.863 | 104.7 | 7.0              | 5.6        | 99.1       | 3.25*            |
| D   | 31   | 128.5 | 57.2  | 0.952 | 122.3 | 50.0             | 40.0       | 82.3       | 2.65             |
| E   | 31   | 128.6 | 71.5  | 0.959 | 123.3 | 54.5             | 43.6       | 79.7       | 2.57             |
| F   | 28   | 111.4 | 86.8  | 0.869 | 96.8  | 55.5             | 44.4       | 52.4       | 1.87             |
| M   | 31   | 118.1 | 100.0 | 0.720 | 85.0  | 38.0             | 30.4       | 54.6       | 1.76             |
| A   | 30   | 104.9 |       |       |       |                  |            |            |                  |

656.4

491.2

Cultivo: Cebada berza K = 0.75 Prof. rad (D) = 0.90

Ciclo: Diciembre a Marzo

| MES DIAS | Ep    | %k  | k     | Ea    | pp. prob. 75% | pp. effect 80% | NR (mm.) | n.r.d. (mm) |
|----------|-------|-----|-------|-------|---------------|----------------|----------|-------------|
| D 31     | 128.5 | 20  | 0.547 | 70.3  | 50.0          | 40.0           | 30.3     | 0.98        |
| E 31     | 128.6 | 40  | 0.839 | 107.9 | 54.5          | 43.6           | 64.3     | 2.07        |
| F 28     | 111.4 | 60  | 0.964 | 107.4 | 55.5          | 44.4           | 63.0     | 2.25        |
| M 31     | 118.1 | 80  | 0.925 | 109.2 | 38.0          | 30.4           | 78.8     | 2.54 *      |
| M 30     | 104.9 | 100 | 0.720 | 75.5  | 6.5           | 5.2            | 70.3     | 2.37        |
|          |       |     |       |       |               |                | 306.7    |             |

Cultivo: Trigo K = 0.75 Prof., rad (D) 0.90

Ciclo: Septiembre a marzo

| MES DIAS | Ep    | %k    | k     | Ea    | pp. prob. 75% | pp. effect 80% | NR (mm) | nrd. (mm) |
|----------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------------|---------|-----------|
| S 30     | 103.8 | 14.3  | 0.429 | 44.5  | 0             | 0              | 44.5    | 1.48      |
| O 31     | 115.7 | 28.6  | 0.690 | 79.8  | 1.5           | 1.2            | 78.6    | 2.54      |
| N 30     | 121.3 | 42.9  | 0.863 | 104.7 | 7.0           | 5.6            | 99.1    | 3.25*     |
| D 31     | 128.5 | 57.2  | 0.952 | 122.3 | 50.0          | 40.0           | 81.2    | 2.65      |
| E 31     | 128.6 | 71.5  | 0.959 | 123.3 | 54.5          | 43.6           | 79.7    | 2.57      |
| F 28     | 111.4 | 86.8  | 0.869 | 96.8  | 55.5          | 44.4           | 52.4    | 1.87      |
| M 31     | 118.1 | 100.0 | 0.720 | 85.0  | 38.0          | 30.4           | 54.6    | 1.76      |
|          |       |       |       |       |               |                | 491.2   |           |

Cálculo de la necesidad de riego ponderada para la superficie actual bajo riego.

| Cultivo          | Has.           | N.R.m3/Ha. | Productos           |
|------------------|----------------|------------|---------------------|
| Alfalfa          | 2.482.1        | 6658       | 16.525.821.8        |
| Papa             | 55.6           | 3584       | 199.270.4           |
| Haba             | 600.0          | 4702       | 2.821.200.0         |
| Cebada (g)       | 335.1          | 49.12      | 1.646.011.2         |
| Cebada (b)       | 332.7          | 30.67      | 1.020.390.9         |
| Trigo            | 101.9          | 49.12      | 500.532.8           |
| <b>T O T A L</b> | <b>3.907.4</b> |            | <b>22.713.227.1</b> |

=====

$$NP \text{ ponderada} = \frac{22.713.227.1}{3.907.4} = 5.813 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

Cálculo de coeficientes de transformación

| xx   | Con | 6658 | en 3/Ha. | se riega | 1 Ha. de xx         |
|------|-----|------|----------|----------|---------------------|
| Papa | "   | 3584 | "        | "        | x = 0. Has. 5384 m2 |
|      | "   | 4702 | "        | "        | x = 0 Has. 7062 m2  |
|      | "   | 4912 | "        | "        | x = 0 Has. 7378 m2  |
|      | "   | 3067 | "        | "        | x = 0 Has. 4606 m2  |
|      | "   | 4912 | "        | "        | x = 0 Has. 7378 m2  |

|      |     |       |        |          |                        |
|------|-----|-------|--------|----------|------------------------|
| Papa | Con | 3584  | m3/Ha. | se riega | 1 Ha. de papa          |
| "    | "   | 6658  | "      | "        | x = 1 Ha. 8577 m2 papa |
| "    | "   | 4702  | "      | "        | x = 1 Ha. 3119 m2 papa |
| "    | "   | 49.12 | "      | "        | x = 1 Ha. 3705 m2 papa |
| "    | "   | 3067  | "      | "        | x = 0 Ha. 8557 m2 papa |
| "    | "   | 4912  | "      | "        | x = 1 Ha. 3705 m2 papa |

-0-0-0-

|      |     |       |         |          |                    |
|------|-----|-------|---------|----------|--------------------|
|      | Con | 4702  | m3/Has. | se riega | 1 Ha. de Haba      |
| xx   | "   | 6658  | "       | "        | x = 1 Ha. 4160 m2  |
| papa | "   | 3584  | "       | "        | x = 0 Ha. 7622 m2  |
|      | "   | 49.12 | "       | "        | x = 1 Ha. 0447 m2  |
|      | "   | 3067  | "       | "        | x = 0 Ha. 6523 m2  |
|      | "   | 4912  | "       | "        | x = 1 Ha. 0.447 m2 |

-0-0-0-

|      |     |      |        |          |                       |
|------|-----|------|--------|----------|-----------------------|
|      | Con | 4912 | m3/Ha. | se riega | 1 Ha. de cebada grano |
| xx   | "   | 6658 | "      | "        | x = 1 Ha. 3554 m2     |
|      | "   | 4702 | "      | "        | x = 0 Ha. 9.572 m2    |
|      | "   | 3067 | "      | "        | x = 0 Ha. 6244 m2     |
|      | "   | 4912 | "      | "        | x = 1 Ha.             |
| papa | "   | 3384 | "      | "        | x = 0 Ha. 7296 m2     |

Con 3067 m<sup>3</sup>/Ha. se riega 1 Ha. de cebada en berza

|   |      |   |   |                               |
|---|------|---|---|-------------------------------|
| " | 6658 | " | " | x = 2 Ha. 1708 m <sup>2</sup> |
| " | 3584 | " | " | x = 1 Ha. 1686 m <sup>2</sup> |
| " | 4702 | " | " | x = 1 Ha. 5330 m <sup>2</sup> |
| " | 4912 | " | " | x = 1 Ha. 6016 m <sup>2</sup> |
| " | 4912 | " | " | x = 1 Ha. 6016 m <sup>2</sup> |

| Cultivo a reemplazar | Cultivo reemplazante |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                      | Alfalfa              | Papa                | Haba                | Cebada (grano)      | Cebada (berza)      | Trigo               |
| Alfalfa              | 1                    | 1 <sup>H</sup> 8577 | 1 <sup>H</sup> 4160 | 1 <sup>H</sup> 3554 | 2 <sup>H</sup> 1708 | 1 <sup>H</sup> 3554 |
| Papa                 | 0 <sup>H</sup> 5383  | 1                   | 0 <sup>H</sup> 7622 | 0 <sup>H</sup> 7296 | 1 <sup>H</sup> 1686 | 0 <sup>H</sup> 7296 |
| Haba                 | 0 <sup>H</sup> 7062  | 1 <sup>H</sup> 3119 | 1                   | 0 <sup>H</sup> 9572 | 1 <sup>H</sup> 5330 | 0 <sup>H</sup> 9572 |
| Cebada (grano)       | 0 <sup>H</sup> 7378  | 1 <sup>H</sup> 3705 | 1 <sup>H</sup> 0447 | 1                   | 1 <sup>H</sup> 6016 | 1                   |
| Cebada (berza)       | 0 <sup>H</sup> 4606  | 0 <sup>H</sup> 8557 | 0 <sup>H</sup> 6523 | 0 <sup>H</sup> 6244 | 1                   | 0 <sup>H</sup> 6244 |
| Trigo                | 0 <sup>H</sup> 7378  | 1 <sup>H</sup> 3705 | 1 <sup>H</sup> 0447 | 1                   | 1 <sup>H</sup> 6016 | 1                   |

Este cuadro permite reemplazar cualquier cultivo por otro sin modificar los cálculos de dotaciones considerados en el plan de riego. Es decir que permite cierta flexibilidad al agricultor para cambiar cultivos según su criterio sin afectar al funcionamiento del distrito y sin variar la dotación en cabecera de finca.

En el momento de iniciación del proyecto (aunque sería aconsejable tomar esta medida de inmediato) Se deberá congelar

las superficies irrigadas y los cultivos a los datos disponibles del año 1977-78 y las variaciones admisibles son las dadas por el cuadro anterior.

### Eficiencia de riego alcanzable

La eficiencia actual del sistema es baja, debido fundamentalmente al estado de los canales y a la falta de una tecnología adecuada en el uso del agua de riego.

La eficiencia de conducción del sistema se estima en la actualidad (1) en un 47% y se incluye en ella pérdidas por infiltración, operación y distribución.

En cuanto a la eficiencia de aplicación se estima en base a observaciones "in situ" tiene un valor aproximado al 60%

La eficiencia total es entonces:

$$Ft = Ec \times Ea = 0.47 \times 0.60 = 0.282 = 28.2\%$$

Es muy posible que en la actualidad, la eficiencia real de aprovechamiento del agua por la planta sea algo menor en algunas propiedades y algo mayor en otras, pero el valor dado puede ser considerado como valor medio.

Con estos datos se puede deducir que si en el período 77-78 se erogaron del embalse 31.047.798 m<sup>3</sup> para el riego de 3.907 Has. el volumen unitario erogado del embalse es de 7.945.8 m<sup>3</sup>/Has. y el volumen realmente aprovechado por la plan

---

(1) MACA Dpto. de Ingeniería-Informe Técnico "Tacagua".

///ta es de 2.240.7 m<sup>3</sup>/Ha.

De acuerdo al punto anterior (NR) la necesidad de riego neta ponderada es de 5.813 m<sup>3</sup>/Has. lo que demuestra que las plantas reciben solo el 38.5% del agua necesaria y ésto explica los bajos rendimientos obtenidos.

Mediante la impermeabilización de los canales se lograría una eficiencia de conducción cercana al 90% con ello, en la primera etapa del proyecto se lograría una eficiencia total.

$$Ft = 0.90 \times 0.60 = 0.54 = 54\%$$

Mediante una adecuada labor de extensión en riego, se logrará una tecnología mejorada en la aplicación del agua y con ello un aumento de la eficiencia de aplicación hasta llegar al 80% meta fácilmente alcanzable de esta forma la eficiencia total que se obtenga al final del proyecto será:

$$Ft = 0.90 \times 0.80 = 0.72 = 72\%$$

Siendo la necesidad de riego meta ponderada de 5813 m<sup>3</sup>/Ha. en la primera etapa del proyecto la necesidad de riego bruta o dotación ponderada sería.

$$DR = \frac{5813}{0.54} = 10.765 \text{ m}^3/\text{Has.}$$

y en la consolidación del proyecto.

$$DR = \frac{5.813}{0.72} = 8.074 \text{ m}^3/\text{has.}$$

Esto significaría una erogación de 42.063.161 m<sup>3</sup>, en

el primer caso y 31.548.348 m<sup>3</sup> en el segundo caso.

Como la capacidad útil del embalse es de 31.600.000 m<sup>3</sup> solo en años de aportes excepcionales se podrían erogar los 47.6 Hm<sup>3</sup> necesarios en la primera etapa, por lo que se propone la erogación normal de 31.5 Hm<sup>3</sup> acompañada de una intesiva campaña de extensión, para llegar en el monor tiempo posible a la eficiencia propuesta.

De todos modos, el solo hecho de impermeabilizar los canales, traerá aparejado un incremento del agua útil para los cultivos; si a esto agregamos la confección de un plan de erogación del embalse y en cambio en el procedimiento de entrega de agua, las condiciones iniciales del proyecto serán muy superiores a las actuales.

En el transcurso del proyecto se logrará un paulatino incremento de la eficiencia de aplicación mediante la preparación adecuada de los terrenos para riego (nivelación y manejo del agua) hasta llegar a la meta propuesta, que es cuando el cultivo recibirá la cantidad de agua correcta.

#### Orientación general sobre superficie factible de riego

En base a la eficiencia fijada en el párrafo anterior y a la necesidad de riego neta calculada se deduce que el volúmen /Ha. a erogar del embalse será

$$DR = \frac{5.813}{0.72} = 8.074 \text{ m}^3/\text{Has.}$$

Si el volúmen útil del embalse es de 31.600.000 m<sup>3</sup>

la superficie máxima factible de riego será:

$$\text{AFR} = \frac{31.600.000 \text{ m}^3}{8.074 \text{ m}^3/\text{Has.}} = 3913 \text{ Ha.}$$

Valor que es levemente superior a la superficie cultivada en la actualidad.

Porcentuales de cultivo (actuales)

En la actualidad los cultivos que se realizan en el área son alfalfa, papa, haba, cebada en grano, cebada en berza y trigo, en las siguientes proporciones.

|                |               | <u>Has</u>     |
|----------------|---------------|----------------|
| Alfalfa        | : 63.5%       | 2.482.1        |
| papa           | : 1.4%        | 55.6           |
| Haba           | : 15.4%       | 600.0          |
| Cebada (grano) | : 8.6%        | 335.1          |
| Cebada (berza) | : 8.5%        | 332.7          |
| Trigo          | : 2.6%        | <u>101.9</u>   |
|                | <u>100.0%</u> | <u>3.907.4</u> |
|                |               | =====          |

No es posible por el momento incorporar nuevas especies ya que no existe experiencia en la zona de otros cultivos. En el caso de Papa y Trigo, los cultivos no son de tipo comercial sino que se utilizan para autoconsumo.

## CALCULO DE DOTACION DE RIEGO

Cultivo: Alfalfa Ef Apl 80% Ef.cond.: 90%

Ef. total = 72%

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>e/s.Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| A   | 31   | 40.7       | 1.31           | 56.5       | 2.678.400           | 0.21         |
| S   | 30   | 74.1       | 2.47           | 102.9      | 2.592.000           | 0.40         |
| O   | 31   | 104.7      | 3.38           | 145.4      | 2.678.400           | 0.54         |
| N   | 30   | 121.1      | 4.04           | 168.2      | 2.592.000           | 0.65         |
| D   | 31   | 100.4      | 3.24           | 139.4      | 2.678.400           | 0.52         |
| E   | 31   | 94.1       | 3.04           | 130.7      | 2.678.400           | 0.49         |
| F   | 28   | 64.7       | 2.31           | 89.9       | 2.419.200           | 0.37         |
| M   | 31   | 66.0       | 2.13           | 91.7       | 2.678.400           | 0.34         |
|     |      |            |                | 665.8      | 924.7               |              |

Cultivo: Papa El total 72%

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>c/s Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| O   | 31   | 37.7       | 1.22           | 52.4       | 2.678.400           | 0.20         |
| N   | 30   | 79.9       | 2.66           | 111.0      | 2.592.000           | 0.43         |
| D   | 31   | 70.6       | 2.28           | 98.0       | 2.678.400           | 0.37         |
| E   | 31   | 72.3       | 2.33           | 100.4      | 2.678.400           | 0.37         |
| F   | 28   | 48.9       | 1.75           | 67.9       | 2.419.200           | 0.28         |
| M   | 31   | 49.0       | 1.58           | 68.0       | 2.678.400           | 0.25         |
|     |      |            |                | 358.4      | 497.7               |              |

Cultivo: cebada Ef. Total =72% (grano)

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>c/s Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| S   | 30   | 44.5       | 1.48           | 61.8       | 2.592.000           | 0.24         |
| O   | 31   | 78.6       | 2.54           | 109.2      | 2.678.400           | 0.41         |
| N   | 30   | 99.1       | 3.30           | 137.6      | 2.592.000           | 0.53         |
| D   | 31   | 82.3       | 2.65           | 114.3      | 2.678.400           | 0.43         |
| E   | 31   | 79.7       | 2.57           | 110.7      | 2.678.400           | 0.41         |
| F   | 28   | 52.4       | 1.87           | 72.8       | 2.419.200           | 0.30         |
| M   | 31   | 54.6       | 1.76           | 75.8       | 2.678.400           | 0.28         |
|     |      | 491.2      |                | 682.2      |                     |              |

Cultivo: Haba - Ef. Total = 72%

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>c/s Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| A   | 31   | 31.1       | 1.00           | 43.2       | 2.678.400           | 0.16         |
| S   | 30   | 56.7       | 1.89           | 78.8       | 2.592.000           | 0.30         |
| O   | 31   | 79.8       | 2.57           | 110.8      | 2.678.400           | 0.41         |
| N   | 30   | 91.3       | 3.04           | 126.8      | 2.592.000           | 0.49         |
| D   | 31   | 67.4       | 2.17           | 93.6       | 2.678.400           | 0.35         |
| E   | 31   | 61.7       | 1.99           | 85.7       | 2.678.400           | 0.32         |
| F   | 28   | 38.9       | 1.39           | 54.0       | 2.419.200           | 0.22         |
| M   | 31   | 43.3       | 1.40           | 60.1       | 2.678.400           | 0.22         |
|     |      | 470.2      |                | 653.0      |                     |              |

## Cultivo: Cebada (berza)

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>c/s Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| D   | 31   | 30.3       | 0.98           | 42.1       | 2.678.400           | 0.16         |
| E   | 31   | 64.3       | 2.07           | 89.3       | 2.678.400           | 0.33         |
| F   | 28   | 63.0       | 2.25           | 87.5       | 2.419.200           | 0.36         |
| M   | 31   | 78.8       | 2.54           | 109.4      | 2.678.400           | 0.41         |
| A   | 30   | 70.3       | 2.34           | 97.6       | 2.592.000           | 0.38         |
|     |      | 306.7      |                | 425.9      |                     |              |

## Cultivo: Trigo

| MES | DIAS | NR<br>(mm) | n.r.d.<br>(mm) | DR<br>(mm) | Segundos<br>del mes | DR<br>c/s Ha |
|-----|------|------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| S   | 30   | 44.5       | 1.48           | 61.8       | 2.592.000           | 0.24         |
| O   | 31   | 78.6       | 2.54           | 109.2      | 2.678.400           | 0.40         |
| N   | 30   | 99.1       | 3.30           | 137.6      | 2.592.000           | 0.53         |
| D   | 31   | 82.3       | 2.65           | 114.3      | 2.678.400           | 0.43         |
| E   | 31   | 79.7       | 2.57           | 110.7      | 2.678.400           | 0.43         |
| F   | 28   | 52.4       | 1.87           | 72.8       | 2.419.200           | 0.30         |
| M   | 31   | 54.6       | 1.76           | 75.8       | 2.678.400           | 0.28         |
|     |      | 491.2      |                | 682.2      |                     |              |

## CALCULO DE DOTACIONES DE RIEGO PONDERADA MENSUALES

MES = AGOSTO

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. riego<br>e/s/ Ha. | Producto       |
|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.21                   | 521.241        |
| Papa           | -              | -                      |                |
| Haba           | 600.0          | 0.16                   | 96.000         |
| Cebada (g)     | -              | -                      |                |
| Cebada (b)     | -              | -                      |                |
| Trigo          | -              | -                      |                |
| <b>Totales</b> | <b>3.082.1</b> |                        | <b>617.241</b> |

Dot. prod.  
Agosto =  
=  $\frac{617.241}{3082.1} = 0.20$   
c/s Ha

MES = SEPTIEMBRE

| Cultivo      | Has. Riego     | Dot. riego<br>e/s Ha. | Productos        |
|--------------|----------------|-----------------------|------------------|
| Alfalfa      | 2.482.1        | 0.40                  | 992.840          |
| Papa         | -              | -                     |                  |
| Haba         | 600.0          | 0.30                  | 180.000          |
| Cebada (g)   | 335.1          | 0.24                  | 80.424           |
| Cebada (b)   | -              | -                     |                  |
| Trigo        | 101.9          | 0.24                  | 24.456           |
| <b>Total</b> | <b>3.519.1</b> |                       | <b>1.277.720</b> |

SEPTIEMBRE

Dot. prod=  
0.36 e/s Ha.

## MES = OCTUBRE

| Cultivo      | Has. Riego     | Dot. riego<br>e/s. Ha. | Productos        |              |
|--------------|----------------|------------------------|------------------|--------------|
| Alfalfa      | 2.482.1        | 0.54                   | 1.340.334        |              |
| Papa         | 55.6           | 0.20                   | 11.120           | Octubre      |
| Haba         | 600.0          | 0.41                   | 246.000          | Dot.prod.=   |
| Cebada (g)   | 335.1          | 0.41                   | 137.391          | 0.50 e/s.Ha. |
| Cebada (b)   | -              | -                      | -                |              |
| Trigo        | 101.9          | 0.40                   | 40.760           |              |
| <b>Total</b> | <b>3.574.7</b> |                        | <b>1.775.605</b> |              |

## MES = NOVIEMBRE

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos        |            |
|----------------|----------------|-----------------------|------------------|------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.65                  | 1.613.365        |            |
| Papa           | 55.6           | 0.43                  | 23.908           | Dot. Prod. |
| Haba           | 600.0          | 0.49                  | 294.000          | 0.60 % Ha. |
| Cebada (g)     | 335.1          | 0.53                  | 117.603          |            |
| Cebada (b)     | -              | -                     | -                |            |
| Trigo          | 101.9          | 0.53                  | 54.007           |            |
| <b>Totales</b> | <b>3.574.7</b> |                       | <b>2.162.883</b> |            |

## MES = DICIEMBRE

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos             |
|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.52                  | 1.290.692             |
| Papa           | 55.6           | 0.37                  | 20.572 Dot. Prod. =   |
| Haba           | 600.0          | 0.35                  | 210.000 0.45 e/s = Ha |
| Cebada (g)     | 335.1          | 0.43                  | 144.093               |
| Cebada (b)     | 332.7          | 0.16                  | 53.232                |
| Trigo          | 101.9          | 0.43                  | 43.817                |
| <b>Totales</b> | <b>3.907.4</b> |                       | <b>1.762.406</b>      |

## MES = ENERO

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos             |
|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.49                  | 1.216.229             |
| Papa           | 55.6           | 0.37                  | 20.572 Dot. prod.     |
| Haba           | 600.0          | 0.32                  | 192.000 =0.44 e/s Ha. |
| Cebada (g)     | 335.1          | 0.41                  | 137.391               |
| Cebada (b)     | 332.7          | 0.33                  | 109.791               |
| Trigo          | 101.9          | 0.43                  | 43.817                |
| <b>Totales</b> | <b>3.907.4</b> |                       | <b>1.719.800</b>      |

MES = FEBRERO

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos        |
|----------------|----------------|-----------------------|------------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.37                  | 918.377          |
| Papa           | 55.6           | 0.28                  | 15.568           |
|                |                |                       | Dot. prod. =     |
| Haba           | 600.0          | 0.22                  | 132.000          |
|                |                |                       | 0.34 e/s Ha.     |
| Cebada (g)     | 335.1          | 0.30                  | 100.530          |
| Cebada (b)     | 332.7          | 0.36                  | 119.772          |
| Trigo          | 101.9          | 0.30                  | 30.570           |
| <b>Totales</b> | <b>3.907.4</b> |                       | <b>1.316.817</b> |

MES = MARZO

| Cultivo        | Has. Riego     | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos        |
|----------------|----------------|-----------------------|------------------|
| Alfalfa        | 2.482.1        | 0.34                  | 843.914          |
| Papa           | 55.6           | 0.25                  | 13.900           |
|                |                |                       | Dot. prod.       |
| Haba           | 600.0          | 0.22                  | 132.000          |
|                |                |                       | = 0.32 e/s Ha    |
| Cebada (g)     | 335.1          | 0.28                  | 93.828           |
| Cebada (b)     | 332.7          | 0.41                  | 136.407          |
| Trigo          | 101.9          | 0.28                  | 28.532           |
| <b>Totales</b> | <b>3.907.4</b> |                       | <b>1.248.581</b> |

MES = ABRIL

| Cultivo        | Has. Riego   | Dot. Riego<br>e/s Ha. | Productos                  |
|----------------|--------------|-----------------------|----------------------------|
| Alfalfa        | -            | -                     |                            |
| Papa           | -            | -                     |                            |
| Haba           | -            | -                     | Dot. prod.<br>0.38 e/s Ha. |
| Cebada (g)     | -            | -                     |                            |
| Cebada (b)     | 332.7        | 0.38                  | 126.426                    |
| Trigo          | -            | -                     |                            |
| <b>Totales</b> | <b>332.7</b> |                       | <b>126.426</b>             |

Cuadro Resumen de Dotaciones Ponderadas Mensuales y Volúmenes de Erogación

| MES          | Has. Riego | Dot. Prod. | Caudal con<br>tinuo e/s | Vol. erogación m <sup>3</sup> |
|--------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------------|
| Agosto       | 3.082.1    | 0.20       | 616.4                   | 1.650.966                     |
| Septiembre   | 3.519.1    | 0.36       | 1.266.9                 | 3.283.805                     |
| Octubre      | 3.574.7    | 0.50       | 1.787.3                 | 4.787.104                     |
| Noviembre    | 3.574.7    | 0.60       | 2.144.8                 | 5.559.373                     |
| Diciembre    | 3.907.4    | 0.45       | 1.758.3                 | 4.709.431                     |
| Enero        | 3.907.4    | 0.44       | 1.719.3                 | 4.604.973                     |
| Febrero      | 3.907.4    | 0.34       | 1.328.5                 | 3.213.907                     |
| Marzo        | 3.907.4    | 0.32       | 1.250.4                 | 3.349.071                     |
| Abril        | 332.7      | 0.38       | 126.4                   | 327.629                       |
| <b>Total</b> |            |            |                         | <b>31.486.259</b>             |

Las dotaciones ponderadas del cuadro resumen, son las dotaciones necesarias para irrigar un hectárea de cultivo suponiendo que recibe agua en forma continua durante todo el mes, lo cual no es aconsejable ya que es necesario disponer de tiempo para reparaciones y mantenimiento de los canales. Por otro lado, es aconsejable acostumar a los regantes a turnos estables de riego, es decir, un día fijo a la semana. Por tales motivos se propone un turno semanal de lunes a viernes (5 días dejando sábado y domingo) para mantenimiento, lo que hace un total de 22 días al mes con riego y 8 en corte.

En esta forma, la dotación se incrementa en una cantidad resultante del producto de la dotación continua por la razón entre los días del mes y los días de riego.

$$\text{Dot. turno} = \text{dot. pond. e/s Ha} \times \frac{\text{Días mes}}{\text{Días riego}}$$

| MES | DOT.POND. | R.D.R. | DOT. | TURNO | Has. Riego | Caudal e/s erogación | Vol.eroc. m3 |
|-----|-----------|--------|------|-------|------------|----------------------|--------------|
| A   | 0.20      | 1.41   | 0.28 |       | 3.082.1    | 863                  | 1.640.390    |
| S   | 0.36      | 1.36   | 0.49 |       | 3.519.1    | 1.724                | 3.276.979    |
| O   | 0.50      | 1.41   | 0.71 |       | 3.574.7    | 2.538                | 4.824.230    |
| N   | 0.60      | 1.36   | 0.82 |       | 3.574.7    | 2.931                | 5.571.245    |
| D   | 0.45      | 1.41   | 0.63 |       | 3.907.4    | 2.462                | 4.679.770    |
| E   | 0.44      | 1.41   | 0.62 |       | 3.907.4    | 2.423                | 4.605.638    |
| F   | 0.34      | 1.27   | 0.43 |       | 3.907.4    | 1.680                | 3.193.344    |
| M   | 0.32      | 1.41   | 0.45 |       | 3.907.4    | 1.758                | 3.341.606    |
| A   | 0.38      | 1.36   | 0.52 |       | 332.7      | 173                  | 328.838      |
|     |           |        |      |       |            |                      | 31. 462.040  |

En otras palabras, durante el mes de agosto se eroga del embalse un caudal de 863 e/s, desde el lunes a las 8 hrs. hasta el sábado a las 8 hrs. durante un total de 120 hrs. quedando 48 hrs. para operaciones de mantenimiento.

El riego será diurno y nocturno, haciéndose rotación a nivel de terciarios a los efectos de que no le corresponda siempre a un mismo regante, regar de noche.

Módulo de riego.- Se denomina módulo de riego, al caudal capaz de ser manejado por un agricultor. En el caso de



TOTAL CANAL NORTE

|             | O         | N         | D         | E         | F         | M         | A        |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| * 2017H6872 | 2017H6872 | 2221H7379 | 2221H7379 | 2221H7379 | 2221H7379 | 2221H7379 | 204H0517 |
|             | 0.76      | 0.88      | 0.73      | 0.69      | 0.47      | 0.48      |          |
|             | 038.6     | 1.202.5   | 997.6     | 942.6     | 642.9     | 656.0     |          |
|             | 0.58      | 0.67      | 0.49      | 0.45      | 0.28      | 0.31      |          |
|             | 201.9     | 233.2     | 170.5     | 156.7     | 97.5      | 1079.     |          |
|             | 0.58      | 0.72      | 0.61      | 0.58      | 0.38      | 0.39      |          |
|             | 125.4     | 155.6     | 131.8     | 125.3     | 82.1      | 84.3      |          |
|             |           |           | 0.22      | 0.46      | 0.46      | 0.58      | 0.52     |
|             |           |           | 44.8      | 93.8      | 93.8      | 118.3     | 106.1    |
|             | 0.56      | 0.72      | 0.61      | 0.61      | 0.38      | 0.39      |          |
|             | 27.3      | 35.1      | 29.7      | 29.7      | 18.5      | 19.0      |          |
|             | 0.28      | 0.58      | 0.52      | 0.52      | 0.36      | 0.35      |          |
|             | 10.6      | 22.0      | 19.7      | 19.7      | 13.7      | 13.3      |          |
|             | 403.8     | 1.648.4   | 1.394.0   | 1.368.1   | 947.8     | 998.8     | 106.1    |
|             | 0.70      | 0.82      | 0.63      | 0.62      | 0.43      | 0.45      | 0.52     |





2do. LATERAL NORTE

| A        | S        | D        | N        | D        | E        | F        | M        | A       |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 704h1014 | 819h1715 | 832h1520 | 832h1520 | 903h5535 | 903h5535 | 903h5535 | 903h5535 | 71h4015 |
| 0.30     | 0.54     | 0.76     | 0.88     | 0.73     | 0.69     | 0.47     | 0.48     |         |
| 163.2    | 293.7    | 413.4    | 478.6    | 397.0    | 375.3    | 255.6    | 261.1    |         |
| 0.22     | 0.41     | 0.58     | 0.67     | 0.49     | 0.45     | 0.28     | 0.31     |         |
| 35.2     | 65.7     | 92.9     | 107.3    | 78.5     | 72.1     | 44.9     | 49.7     |         |
| 0.33     | 0.33     | 0.58     | 0.72     | 0.61     | 0.58     | 0.38     | 0.39     |         |
| 28.8     | 28.8     | 50.6     | 62.8     | 53.2     | 50.6     | 33.2     | 34.0     |         |
|          |          |          |          | 0.22     | 0.46     | 0.46     | 0.58     | 0.52    |
|          |          |          |          | 15.7     | 32.8     | 32.8     | 41.4     | 37.1    |
|          | 0.33     | 0.56     | 0.72     | 0.61     | 0.61     | 0.38     | 0.39     |         |
|          | 9.2      | 15.6     | 20.0     | 17.0     | 17.0     | 10.6     | 10.8     |         |
|          |          | 0.28     | 0.58     | 0.52     | 0.52     | 0.36     | 0.35     |         |
|          |          | 3.6      | 7.5      | 6.7      | 6.7      | 4.7      | 4.5      |         |
| 198.4    | 397.4    | 576.1    | 676.2    | 568.1    | 554.5    | 381.8    | 401.5    | 37.1    |
| 0.28     | 0.48     | 0.69     | 0.81     | 0.63     | 0.61     | 0.42     | 0.44     | 0.52    |

TOTAL CANAL SUR

|              | O         | N         | D         | E         | F         | M         | A       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 53 1557h0368 | 1557h0368 | 1685h7311 | 1685h7311 | 1685h7311 | 1685h7311 | 1685h7311 | 128h643 |
|              | 0.76      | 0.88      | 0.73      | 0.69      | 0.47      | 0.48      |         |
|              | 847.8     | 981.5     | 814.4     | 769.7     | 524.3     | 535.5     |         |
|              | 0.58      | 0.67      | 0.49      | 0.45      | 0.28      | 0.31      |         |
|              | 146.1     | 168.7     | 123.4     | 113.4     | 70.6      | 78.1      |         |
|              | 0.58      | 0.72      | 0.61      | 0.58      | 0.38      | 0.39      |         |
|              | 68.9      | 85.5      | 72.6      | 68.9      | 45.1      | 46.4      |         |
|              |           |           | 0.22      | 0.46      | 0.46      | 0.58      |         |
|              |           |           | 28.3      | 59.1      | 59.1      | 74.6      | 0.52    |
|              | 0.56      | 0.72      | 0.61      | 0.61      | 0.38      | 0.39      |         |
|              | 29.7      | 38.3      | 32.4      | 32.4      | 20.3      | 20.8      |         |
|              | 0.28      | 0.58      | 0.52      | 0.52      | 0.36      | 0.35      |         |
|              | 5.0       | 10.2      | 9.1       | 9.1       | 6.3       | 6.2       |         |
|              | 1097.5    | 1284.2    | 1080.2    | 1052.6    | 725.7     | 761.6     | 66.9    |
|              | 0.70      | 0.82      | 0.64      | 0.62      | 0.43      | 0.45      | 0.52    |

TOTAL  
72h5857

2h0119

Papa

4h0830

Trigo

4h0030

Cebada (b)

3h2617

Cebada (g)

15h9887

Haba

Alfalfa  
43h2374

CULTIVO  
Total Has.

CANAL PRINCIPAL SUR (REGANTES DIRECTOS)

| A       | S       | O       | N       | D       | E       | F       | M       | A      |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 59h2261 | 66h5708 | 68h5827 | 68h5827 | 72h5857 | 72h5857 | 72h5857 | 72h5857 | 4h0030 |
| 0.30    | 0.54    | 0.76    | 0.88    | 0.73    | 0.69    | 0.47    | 0.48    |        |
| 13.0    | 23.3    | 32.9    | 38.0    | 31.6    | 29.8    | 20.3    | 20.8    |        |
| 0.22    | 0.41    | 0.58    | 0.67    | 0.49    | 0.45    | 0.28    | 0.31    |        |
| 3.5     | 6.6     | 9.3     | 10.7    | 7.8     | 7.2     | 4.5     | 5.0     |        |
| 0.33    | 0.33    | 0.58    | 0.72    | 0.61    | 0.58    | 0.38    | 0.39    |        |
| 1.1     | 1.1     | 1.9     | 2.3     | 2.0     | 1.9     | 1.2     | 1.3     |        |
| 0.33    | 0.33    | 0.56    | 0.72    | 0.61    | 0.61    | 0.38    | 0.39    |        |
| 1.3     | 1.3     | 2.3     | 2.9     | 2.5     | 2.5     | 1.6     | 1.6     |        |
| 0.28    | 0.28    | 0.28    | 0.58    | 0.52    | 0.52    | 0.36    | 0.35    |        |
| 0.6     | 0.6     | 0.6     | 1.2     | 1.0     | 1.0     | 0.7     | 0.7     |        |
| 16.5    | 32.3    | 47.0    | 55.1    | 45.8    | 44.2    | 30.1    | 41.7    | 2.1    |
| 0.28    | 0.48    | 0.68    | 0.80    | 0.63    | 0.61    | 0.41    | 0.44    |        |

1er. LATERAL SUR

|     | O        | N        | D        | E        | F        | M        | A       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 5   | 618h0112 | 618h0012 | 678h2358 | 678h2358 | 678h2358 | 678h2358 | 60h2246 |
| .54 | 0.76     | 0.88     | 0.73     | 0.69     | 0.47     | 0.48     |         |
| .6  | 335.8    | 388.8    | 322.6    | 304.9    | 207.7    | 272.1    |         |
| 41  | 0.58     | 0.67     | 0.49     | 0.45     | 0.28     | 0.31     |         |
| 4   | 64.2     | 74.1     | 54.2     | 49.8     | 31.0     | 34.3     |         |
| 33  | 0.58     | 0.72     | 0.61     | 0.58     | 0.38     | 0.39     |         |
| 8   | 22.4     | 27.8     | 23.6     | 22.4     | 14.7     | 15.1     |         |
|     |          |          | 0.22     | 0.46     | 0.46     | 0.58     | 0.52    |
|     |          |          | 13.2     | 27.7     | 27.7     | 34.9     | 31.3    |
| 33  | 0.56     | 0.72     | 0.61     | 0.61     | 0.38     | 0.39     |         |
| 1   | 12.0     | 15.5     | 13.1     | 13.1     | 8.2      | 8.4      |         |
|     | 0.28     | 0.58     | 0.52     | 0.52     | 0.36     | 0.35     |         |
|     | 1.5      | 3.1      | 2.8      | 2.8      | 1.9      | 1.9      |         |
| 9   | 435.9    | 509.3    | 429.5    | 420.7    | 291.2    | 306.7    | 31.3    |
| .50 | 0.70     | 0.82     | 0.63     | 0.62     | 0.43     | 0.45     | 0.52    |

TOTAL  
934h9096

10h2400

Papa

27h5931

Tri-go

64h4667

Cebada (b)

76h9958

Cebada (g)

Haba  
125h2391

Alfalfa  
630h3749

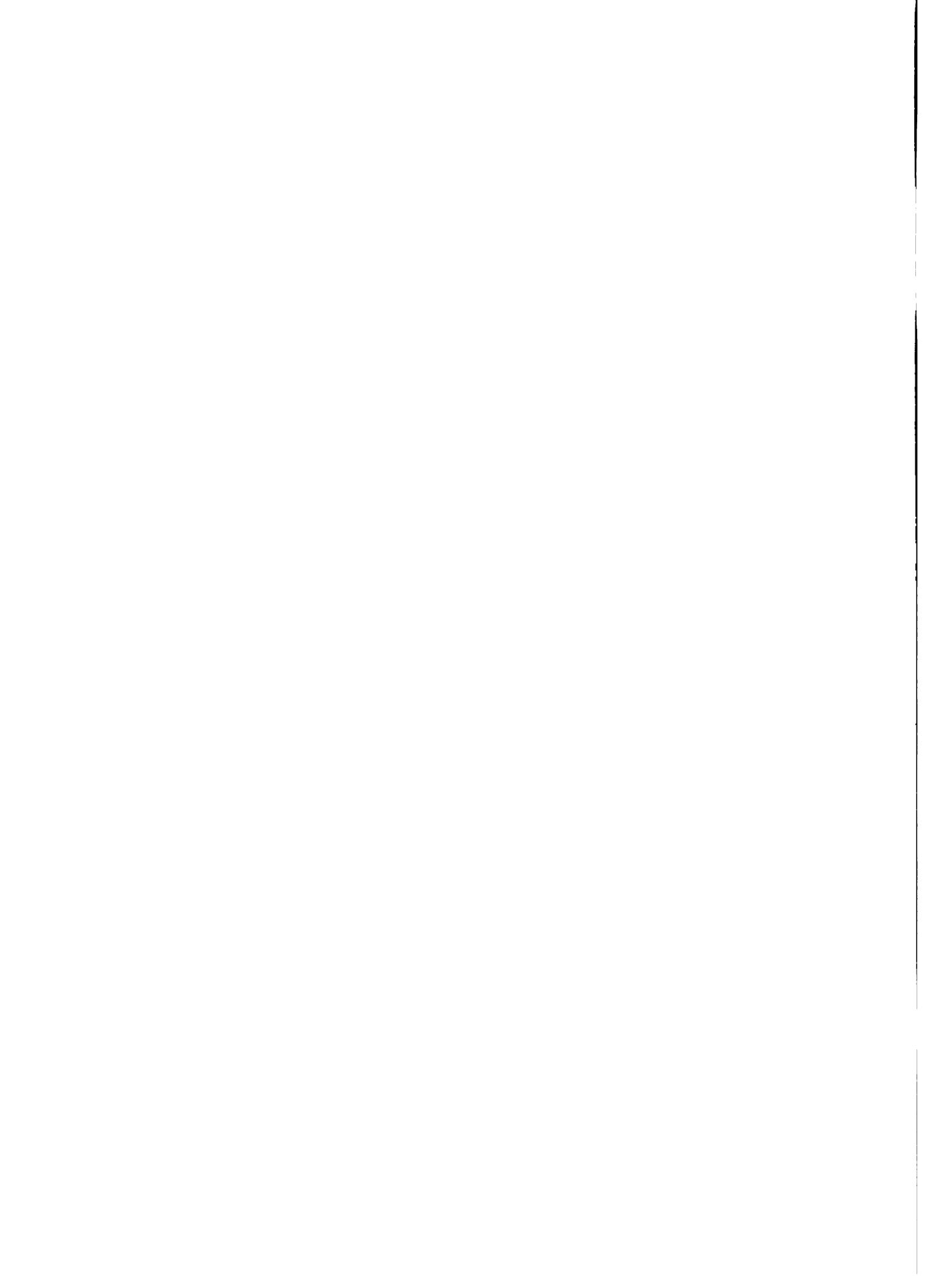
CULTIVO  
Total Has

2do. LATERAL SUR

| A            | S        | O        | N        | D        | E        | F        | M        | A       |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| ego 755h6140 | 860h2029 | 870h4429 | 870h4429 | 934h9096 | 934h9096 | 934h9096 | 934h9096 | 64h4667 |
| 0.30         | 0.54     | 0.36     | 0.88     | 0.73     | 0.69     | 0.47     | 0.48     |         |
| 189.1        | 340.4    | 479.1    | 554.7    | 460.2    | 435.0    | 296.3    | 302.6    |         |
| 0.22         | 0.41     | 0.58     | 0.67     | 0.49     | 0.45     | 0.28     | 0.31     |         |
| 27.6         | 51.3     | 72.6     | 83.9     | 61.4     | 56.4     | 35.1     | 38.8     |         |
| 0.33         | 0.33     | 0.58     | 0.72     | 0.61     | 0.58     | 0.38     | 0.39     |         |
| 25.4         | 25.4     | 44.6     | 55.4     | 47.0     | 44.6     | 29.2     | 30.0     |         |
|              |          |          |          | 0.22     | 0.46     | 0.46     | 0.58     | 0.52    |
|              |          |          |          | 14.2     | 29.6     | 29.6     | 37.4     | 33.5    |
|              |          |          |          | 0.61     | 0.61     | 0.38     | 0.39     |         |
|              |          |          |          | 16.8     | 16.8     | 10.5     | 10.8     |         |
|              |          |          |          | 0.52     | 0.52     | 0.36     | 0.35     |         |
|              |          |          |          | 5.3      | 5.3      | 3.7      | 3.6      |         |
| 216.7        | 406.2    | 614.6    | 719.8    | 604.9    | 587.7    | 404.4    | 423.2    | 33.5    |
| 0.29         | 0.50     | 0.71     | 0.80     | 0.65     | 0.63     | 0.43     | 0.45     | 0.52    |

MENSUAL DE AGUA DE RIEGO POR CANALES

| S    | O      | N       | D       | E       | F       | M       | A     |
|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 55.8 | 81.7   | 96.6    | 81.3    | 80.0    | 55.0    | 58.4    | 6.3   |
| 15.0 | 746.0  | 875.6   | 744.6   | 733.6   | 511.0   | 538.9   | 62.7  |
| 97.4 | 576.1  | 676.2   | 568.1   | 554.5   | 381.8   | 401.5   | 37.1  |
| 68.2 | 1403.8 | 1648.4  | 1394.0  | 1368.1  | 947.8   | 998.8   | 106.1 |
| 32.3 | 47.0   | 55.1    | 45.8    | 44.2    | 30.1    | 31.7    | 2.1   |
| 03.9 | 435.9  | 509.3   | 429.5   | 420.7   | 291.2   | 306.7   | 31.3  |
| 26.2 | 614.6  | 719.8   | 604.9   | 587.7   | 404.4   | 423.2   | 33.5  |
| 62.4 | 1097.5 | 1284.2  | 1080.2  | 1052.6  | 725.7   | 761.6   | 66.9  |
| 30.6 | 2501.3 | 2.932.6 | 2.474.2 | 2.420.7 | 1.673.5 | 1.760.4 | 173.0 |



Cálculo de la lámina de riego

La lámina de riego se calcula con la ecuación de almacenaje considerando la reposición de la misma, cuando se ha consumido el 60% del agua acumulada en el perfil.

La textura de los suelos del área oscila entre Franco Arenoso y Franco Arcillo Limoso predominando los suelos franco arenosos.

Para este suelo, la capacidad de almacenaje será:

$$d = \frac{wc = wn}{100} \quad a.D$$

en donde:

d = Lámina

wc = capacidad de campo

wn = coeficiente de marchitez

a = peso específico aparente

D = profundidad de las raíces

Luego para 1 m. de prof. de raíces

$$d = \frac{14 = 6}{100} \quad 1.5.1 = 1.20 \text{ m/m}$$

a lo que es lo mismo

$$d = 1.20 \text{ mm/cm}$$

La lámina de reposición será

$$dr = d \times 0.6 = 72 \text{ mm/m} = 0.72 \text{ mm/cm}$$

Las láminas de reposición para las diferentes culturas, según la profundidad de raíces consideradas será:

| CULTIVO | D (m) | dr (mm) |
|---------|-------|---------|
| Alfalfa | 1.00  | 72      |
| Papa    | 1.00  | 72      |
| Haba    | 0.50  | 36      |
| Cebada  | 0.90  | 65      |
| Trigo   | 0.90  | 65      |

Cálculo del tiempo de riego por cultivo para un módulo de 50 e/s y lámina de riego correspondiente:

Alfalfa:  $dr = 72 = 720 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

$$Tr = \frac{720.000 \text{ e}/\text{Ha.}}{50 \text{ e/s}} = 14.400 \text{ H} = 240' = 4 \text{ hs.}$$

Haba:

$dr = 36 \text{ mm} = 360 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

$$Tr = \frac{360.000}{50} = 7.200 \text{ H} = 120' = 2 \text{ hs.}$$

Cebada y trigo:

$dr = 65 \text{ mm} = 650 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

$$Tr = \frac{650.000}{50} = 13.000 = 216.7 = 3 \text{ h } 37'$$

Papa:

$dr = 72 \text{ mm} = 720 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

$$Tr = \frac{720.000}{50} = 14400 \text{ H} = 24 \text{ d} = 4 \text{ hs.}$$

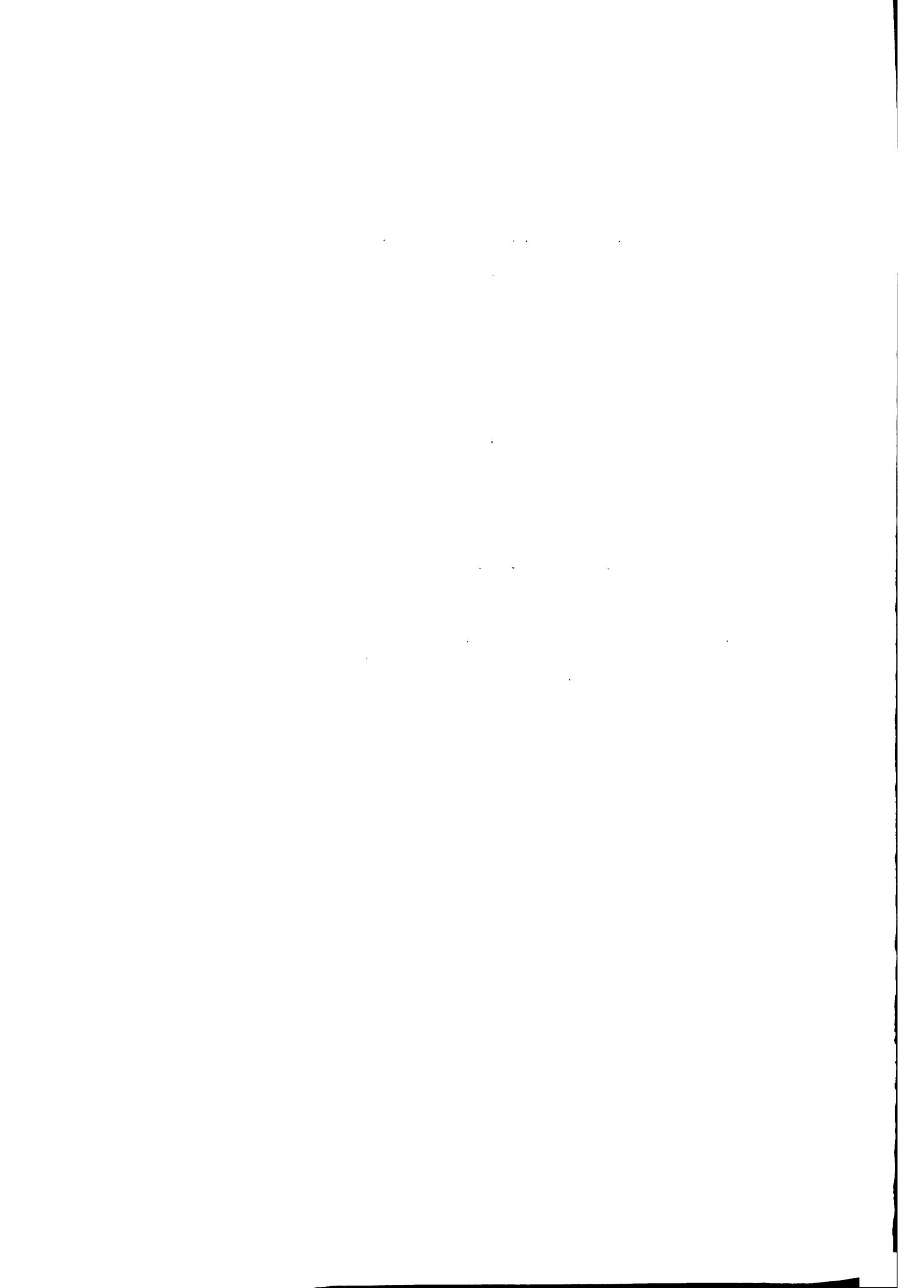
Si el módulo de entrega de agua es de 50 e/s el tiempo necesario por cultivo y por riego será:

| CULTIVO    | VOLUMEN<br>POR Ha. m <sup>3</sup> /Ha | PARA Q = 50 e/s<br>tiempo |
|------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Alfalfa    | 720                                   | 4 hs. 00'                 |
| Haba       | 360                                   | 2 hs. 00'                 |
| Cebada (g) | 650                                   | 3 hs. 36'                 |
| Cebada (b) | 650                                   | 3 hs. 36'                 |
| Trigo      | 650                                   | 3 hs. 36'                 |
| Papa       | 720                                   | 4 hs. 00'                 |

Cálculo de los intervalos de riego y número de riego

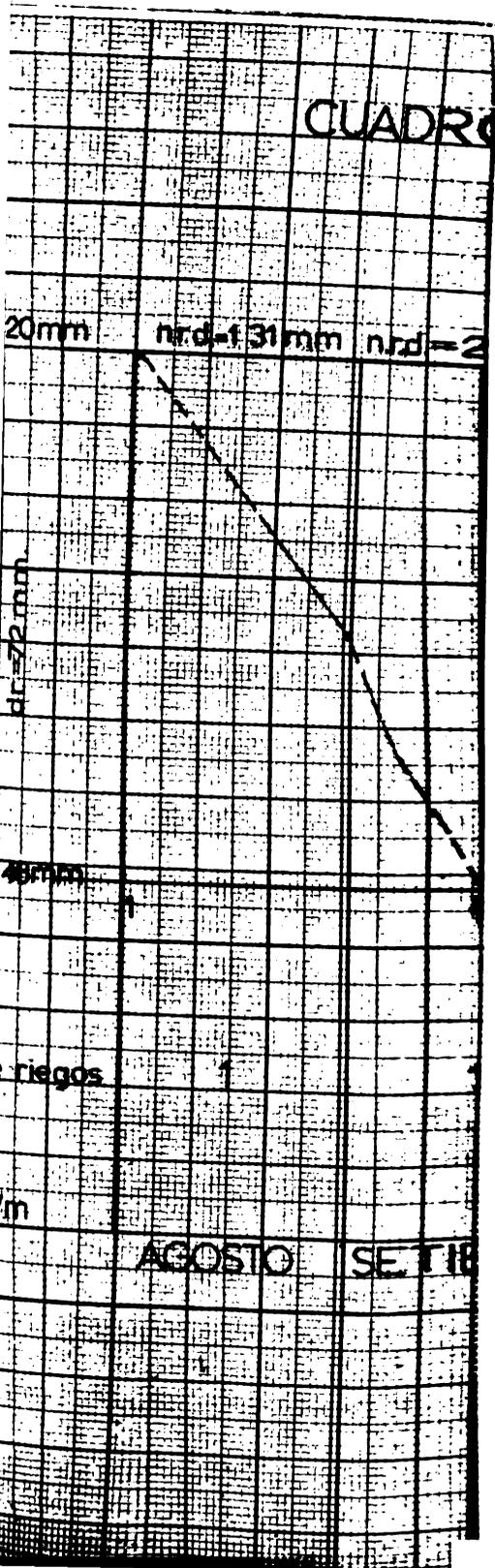
En función de las láminas de reposición calculada y la necesidad de riego diaria se calcula el intervalo de riego.

Se utiliza la forma gráfica por estar más adoptada a la realidad.



En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

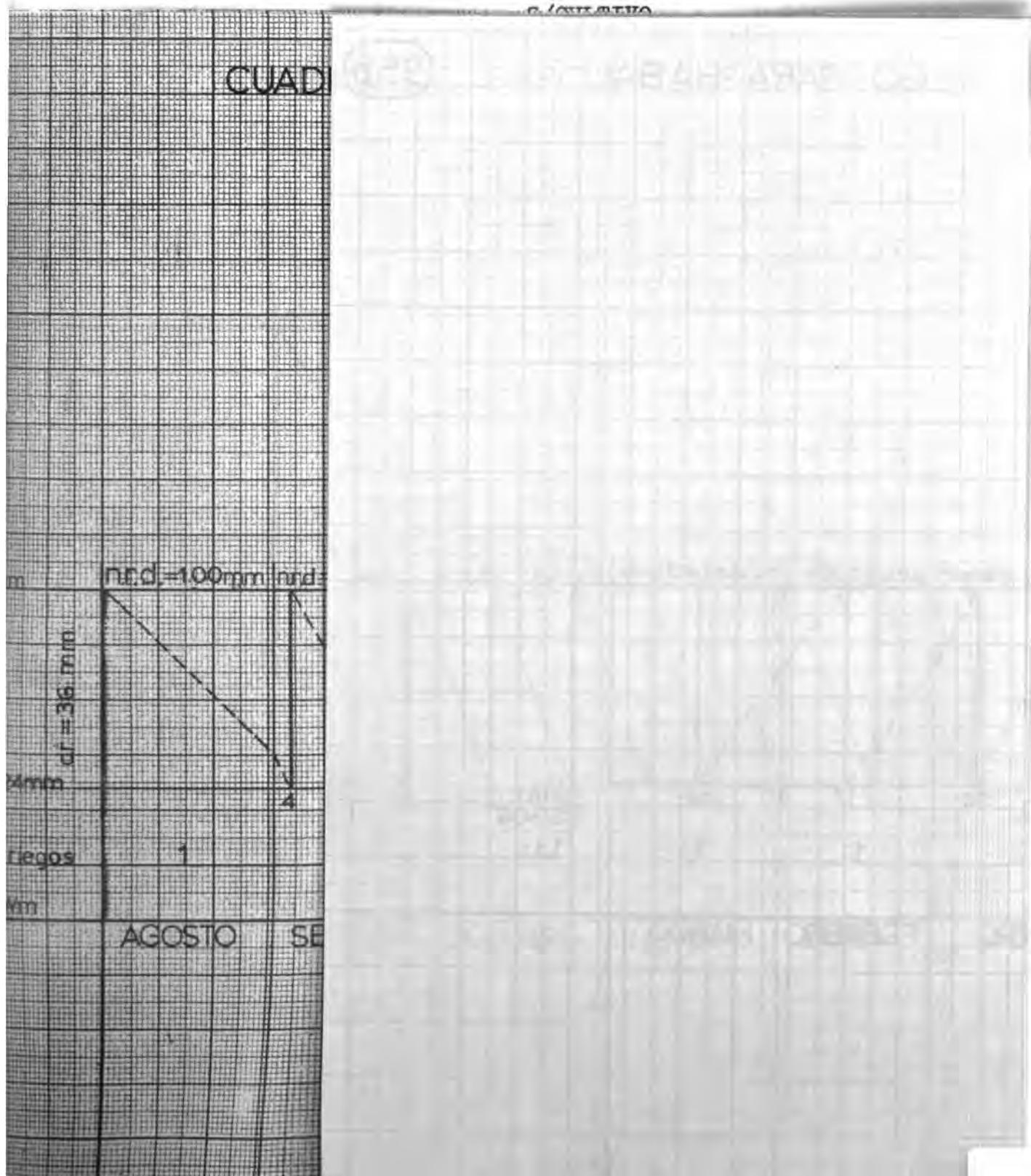
CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES



100 of 11

En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES**



..... 0.0.0.0 .....

..... 0.0.0.0 .....

..... 0.0.0.0 .....

En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

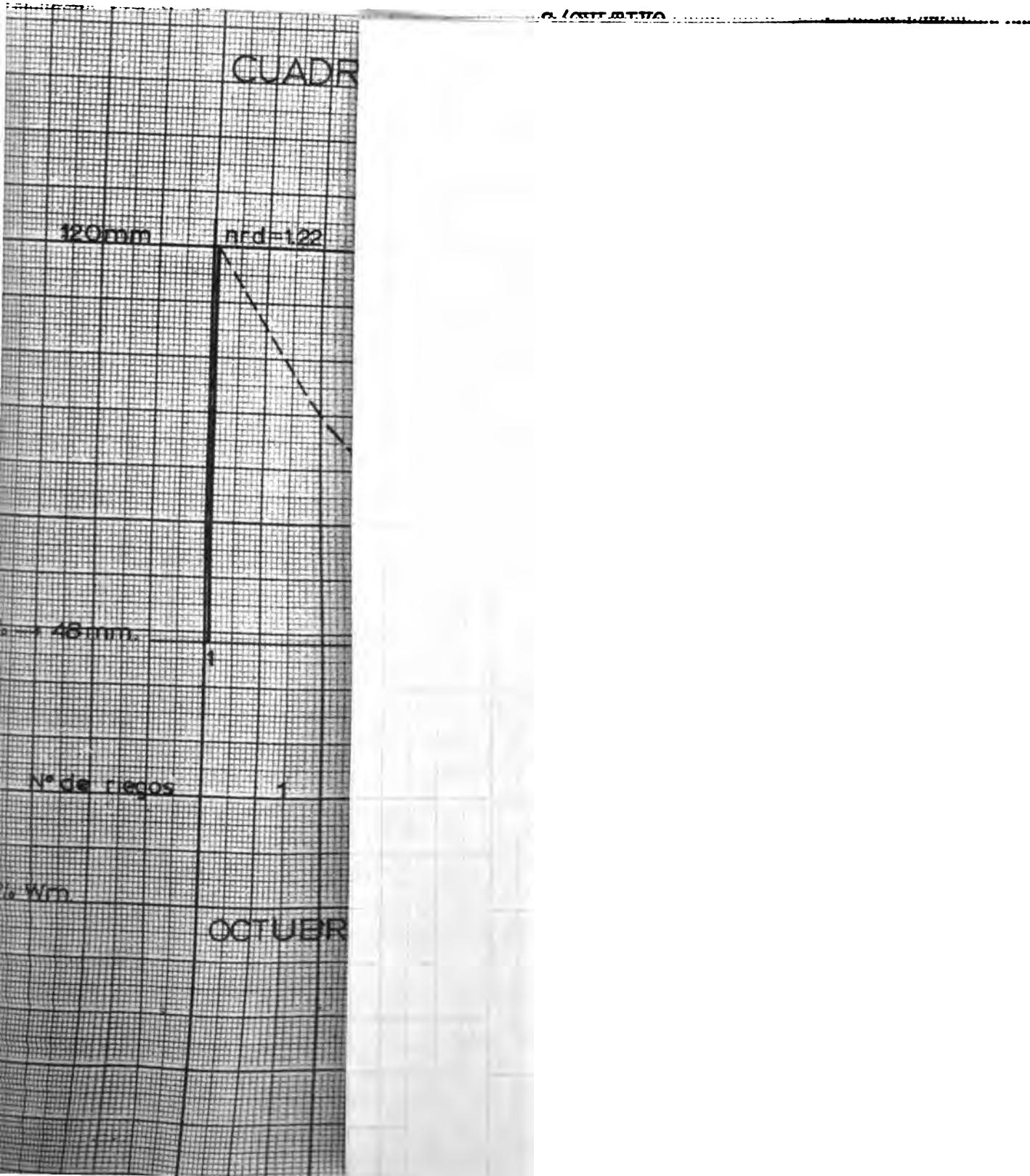
**CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES**



1. The first part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice" and "The Hon. Mr. Justice".

En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

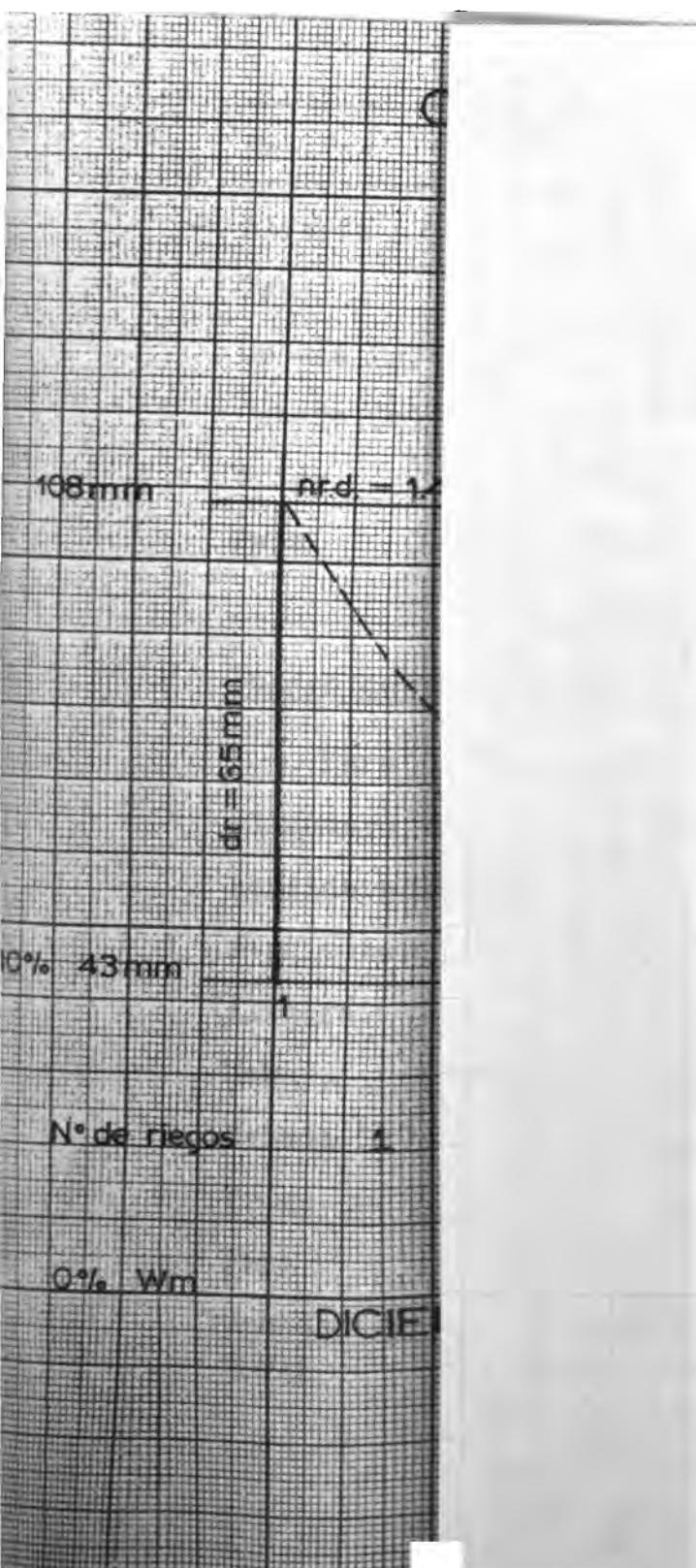
CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES



.....

En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES



100

En base a los gráficos anteriores se obtiene el siguiente

**CUADRO DE FRECUENCIAS DE RIEGO MENSUALES  
S/CULTIVO**

| Cultivo    | A | S | O | N | D | E | F | M | A |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alfalfa    | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | - |
| Haba       | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | - |
| Cebada (g) | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| Cebada (b) | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Trigo      | - | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| Papa       | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - |

Cuadro de Hectáreas - riego

Para la confección de este cuadro se tiene en cuenta el número de Has. cultivadas y el número de riegos del mes considerado. Por ejemplo, el Rancho Chipu Chipu tiene las siguientes hectáreas cultivadas:

|              |                |
|--------------|----------------|
| Alfalfa      | 24H3678 m2     |
| Haba         | 6H3727 m2      |
| Cebada (g)   | 2H2942 m2      |
| Trigo        | +              |
| Papa         | 0H6551 m2      |
| Cebada (b)   | 3H3550 m2      |
| <b>TOTAL</b> | <b>37H0448</b> |

En el mes de octubre se irrigan solo los cultivos de alfalfa, haba, cebada (g) trigo y papa, con una frecuencia de 1, 2, 1 y 1, riego durante el mes.

Por lo tanto en el caso de haba que requiere dos riegos durante el mes de octubre, se debe considerar dos veces las superficies.

| CULTIVO    | HAS. REALES | FRECUENCIA DE RIEGO PARA OCTUBRE | OCTUBRE HAS. RIEGO |
|------------|-------------|----------------------------------|--------------------|
| Alfalfa    | 24h3678     | 1                                | 24h3678            |
| Haba       | 6h3727      | 2                                | 12h7454            |
| Cebada (g) | 2h2942      | 1                                | 2h2942             |
| Trigo      | -           | -                                | -                  |
| Papa       | 0h6551      | 1                                | 0h6551             |
|            |             |                                  | 40h0625            |

Calendario de cultivos para el Area de Tacagua

| Cultivo    | A | S | O | N | D | E | F | M | A |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alfalfa    | x | x | x | x | x | x | x | x | - |
| Haba       | x | x | x | x | x | x | x | x | - |
| Cebada (g) | - | x | x | x | x | x | x | x | - |
| Trigo      | - | x | x | x | x | x | x | x | - |
| Papa       | - | - | x | x | x | x | x | x | - |
| Cebada (b) | - | - | - | - | x | x | x | x | x |

El volúmen necesario por los cultivos es de 46.782 m3

El volúmen entregado a la propiedad 287 H 05' x 50  
e/s = 51.675 m<sup>3</sup>

La diferencia entre ambos volúmenes es debido a las  
pérdidas por eficiencia y por ajuste de lámina.

Horas de riego semanales por cultivo (para 50 e/s)

| Cultivo    | Has.    | Nº<br>riego | Horas se<br>manales. | 1º<br>Sem. | 2da.<br>Sem. | 3ra.<br>Sem. | 4ta.<br>Sem. |
|------------|---------|-------------|----------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Alfalfa    | 26h2195 | 2           | 209h46'              | 33h39'     | 70h43'       | 33h39'       | 71h46'       |
| Haba       | 11h9695 | 2           | 47h53'               | 23h56'     | -            | 23h56'       | -            |
| Cebada (g) | 3h4201  | 2           | 24h44'               | 12h22'     | -            | 12h22'       | -            |
| Trigo      | 0h5072  | 2           | 3h40'                | 1h50'      | -            | 1h50'        | -            |
| Papa       | 0h2632  | 1           | 1h03'                | -          | -            | -            | -            |

Hectáreas regadas por semana

| Cultivo    | 1ra. Sem. | 2da. Sem. | 3ra. Sem. | 4ta. Sem. | Total   |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Alfalfa    | 8h4087    | 17h6796   | 8h4087    | 17h9420   | 52h4390 |
| Haba       | 11h9695   | -         | 11h9695   | -         | 23h9390 |
| Cebada (g) | 3h4201    | -         | 3h4201    | -         | 6h8402  |
| Trigo      | 0h5072    | -         | 0h5072    | -         | 1h0144  |
| Papa       | -         | 0h2632    | -         | -         | 0h2632  |



| CANTON                                | CANALES PRINCIPALES NOROCCIDENTALES |              |                  |                | CANALES PRINCIPALES NORTOCCIDENTALES |            |   |  |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------|------------------|----------------|--------------------------------------|------------|---|--|
|                                       | ALFALFA                             | TRIGO        | CEBADA GRANO     | PAPA           | CEBADA EN BERZA                      | TOTAL HAS. | M3.   |  |
| 10                                    | 1.2428                              | 0.7401       | 0.4550           | 1.5552         | 0.3256                               | 6.4587     | 70.451  |  |
| 17                                    | 24.3678                             | --           | 2.2942           | 0.6551         | 3.3550                               | 37.0448    | 254.857   |  |
| 17                                    | 13.3754                             | 2.5189       | 1.6529           | 0.9857         | 1.7358                               | 24.5104    | 241.117   |  |
| 12                                    | 31.7627                             | 3.3524       | 9.1328           | 0.4500         | 6.6298                               | 65.1579    | 643.852   |  |
| 16                                    | 70.7487<br>53.1%                    | 6.6114<br>5% | 13.5349<br>10.2% | 3.6460<br>2.7% | 12.0462<br>9%                        | 133.1718   | 1.210.277                                       |  |
|                                       |                                     |              |                  |                |                                      |            | cons.brut.en<br>1/4 neto 9.088,1<br>2.135,7     |  |
| <u>L E R. L A T E R A L N O R T E</u> |                                     |              |                  |                |                                      |            |   |  |
| 6                                     | 13.3754                             | 2.5188       | 1.6529           | 0.9856         | 1.7357                               | 24.5100    | 241.116   |  |
| 9                                     | 25.6274                             | 2.8763       | 3.1563           | 4.5560         | 5.4292                               | 54.7291    | 608.469   |  |
| 11                                    | 20.9941                             | 3.4298       | 8.1082           | 7.5922         | 12.9965                              | 74.9089    | 706.353   |  |
| 15                                    | 26.2195                             | 0.5072       | 3.4201           | 0.2632         | 4.9981                               | 47.3776    | 429.647   |  |
| 19                                    | 130.0408                            | 3.4293       | 36.7142          | 3.3817         | 18.9795                              | 243.7654   | 2.270.083                                       |  |
| 20                                    | 30.6323                             | 0.1470       | 6.9207           | --             | 5.7638                               | 53.5688    | 529.020   |  |
| 20                                    | 83.1715                             | --           | 5.9826           | --             | 6.2565                               | 102.8626   | 704.554   |  |
| 20                                    | 90.4425                             | --           | 3.8780           | --             | 5.9502                               | 110.5797   | 764.527   |  |
| 26                                    | 185.4705                            | 0.4388       | 18.3418          | 3.1863         | 35.8724                              | 255.8894   | 1.516.452                                       |  |
| 12                                    | 93.5141                             | 0.8481       | 14.5624          | 0.8824         | 9.7349                               | 126.8931   | 776.485   |  |
| 51                                    | 52.4514                             | 0.1340       | 12.6454          | 0.5649         | 12.8862                              | 89.9280    | 723.905   |  |
| 59                                    | 751.9395                            | 14.3293      | 115.3826         | 21.4123        | 120.6030                             | 1.185.0126 | 9.270.611                                       |  |
|                                       | 63.5%                               | 1.2%         | 9.7%             | 1.8%           | 10.2%                                |            | cons.bruto en 3/Ha. 7.823,2<br>" neto " 1.838,4 |  |

TIVOL  
Herrera  
Uchusuma  
Querezene  
Querezene

RANVA

Continuac

Continúa /-

/-

|        | HABA     | ALFALFA    | TRIGO                                | CEBADA<br>GRANO | PAPA    | CEBADA<br>EN BERZA | TOTAL HAS.                | M3.                |  |
|--------|----------|------------|--------------------------------------|-----------------|---------|--------------------|---------------------------|--------------------|--|
|        |          |            | <u>2do. L A T E R A L N O R T E</u>  |                 |         |                    |                           |                    |  |
| ualli  | 13.8301  | 31.7627    | 3.3524                               | 9.1328          | 0.4500  | 6.6297             | 65.1577                   | 643.851            |  |
| amarca | 56.1477  | 128.3386   | 11.1807                              | 41.4594         | 4.4936  | 14.9995            | 256.6195                  | 1.861.238          |  |
| marca  | 63.2889  | 180.3537   | 7.8789                               | 23.2451         | 3.0319  | 26.3557            | 304.1542                  | 2.201.821          |  |
|        | 26.9443  | 203.4354   | 5.4097                               | 13.4111         | 5.0050  | 23.4166            | 277.6221                  | 1.847.479          |  |
| L.N.   | 160.2110 | 543.8904   | 27.8217                              | 87.2484         | 12.9805 | 71.4015            | 903.5535                  | 6.554.389          |  |
|        | 17.7%    | 60.2%      | 3.1%                                 | 9.7%            | 1.4%    | 7.9%               | Cons.brut.3/Ha.<br>" neto | 7.254<br>1.704,7   |  |
|        |          |            |                                      |                 |         |                    |                           |                    |  |
|        |          |            | <u>T O T A L C A N A L N O R T E</u> |                 |         |                    |                           |                    |  |
|        | 348.1415 | 1.366.5786 | 48.7624                              | 216.1659        | 38.0388 | 204.0507           | 2.221.7379                | 17.035.277         |  |
|        | 15.7%    | 61.5%      | 2.2%                                 | 9.7%            | 1.7%    | 9.2%               | 100%                      |                    |  |
|        |          |            |                                      |                 |         |                    | Cons.brut.3/Ha.<br>" neto | 7.667,5<br>1.801,9 |  |

AREAS RIEGO - CANAL PRINCIPAL

FO

Cas  
Cayac  
Cayac

|      | ENERO    | FEBRERO  | MARZO    | ABRIL   |
|------|----------|----------|----------|---------|
| 7179 | 8h5987   | 6h7843   | 6h4587   | 0h3256  |
| 4074 | 43h4175  | 40h3998  | 37h0448  | 3h3550  |
| 0306 | 28h7521  | 26h2462  | 24h5104  | 1h7358  |
| 9083 | 78h9881  | 71h7877  | 65h1579  | 6h6298  |
| 0303 | 28h7516  | 26h2457  | 24h5100  | 1h7357  |
| 8278 | 67h8130  | 60h1583  | 54h7291  | 5h4292  |
| 1083 | 96h6970  | 87h9054  | 74h9089  | 12h9965 |
| 0858 | 59h3471  | 52h3757  | 47h3776  | 4h9981  |
| 6241 | 294h9853 | 262h7449 | 243h7654 | 18h9795 |
| 9100 | 63h6738  | 59h3326  | 53h5688  | 5h7638  |
| 0581 | 110h3146 | 109h1191 | 102h8626 | 6h2565  |
| 9385 | 120h8887 | 116h5299 | 110h5797 | 5h9502  |
| 4103 | 268h4690 | 291h7618 | 255h8894 | 35h8724 |
| 7230 | 101h1741 | 102h8142 | 89h9280  | 12h8862 |
| 6270 | 234h2443 | 136h6280 | 126h8931 | 9h7349  |
| 9081 | 78h9878  | 71h7874  | 65h1577  | 6h6297  |
| 2741 | 312h7672 | 271h6190 | 256h6195 | 14h9995 |
| 0555 | 367h4431 | 330h5090 | 304h1542 | 26h3557 |
| 1448 | 304h5664 | 301h0387 | 277h6221 | 23h4166 |

RAN

204h0507

Granj  
Armaz  
Acall  
Ceped

204h0507

HECTAREAS RIEGO - CANAL PRINCIPAL SUR

| O      | AGOSTO  | SEPTIEMBRE   | OCTUBRE  | NOVIEMBRE   | DICIEMBRE  | ENERO  | FEBRERO  | MARZO  | ABRIL   |
|--------|---|--|--|---|--|--|--|--|---|
| litar  | 4h4638<br>8h0137<br>46h7486<br>44h6294  | 4h6738<br>9h2809<br>68h6748<br>54h1934   | 4h8838<br>9h2109<br>70h4767<br>54h1934   | 9h1376<br>16h0274<br>109h9985<br>79h9788  | 9h1376<br>16h0274<br>106h6468<br>75h5424   | 4h8838<br>9h2109<br>74h4797<br>55h1170   | 4h6738<br>8h0137<br>63h9012<br>41h8366   | 4h6738<br>8h0137<br>59h8982<br>40h9130   | 4h0030<br>0h9236  |
| ulica  | 20h6284<br>172h6436<br>199h6924<br>45h0568<br>56h7554<br>46h8636<br>57h2990<br>46h3037<br>11h2720<br>17h7564<br>12h6666<br>10h9342<br>49h7541 | 29h4010<br>218h6815<br>26h3722<br>67h1432<br>73h6584<br>54h8774<br>66h8924<br>53h9918<br>20h9291<br>27h7366<br>15h7256<br>13h7096<br>74h2974 | 30h4010<br>219h6561<br>26h3722<br>67h8727<br>74h5588<br>54h8774<br>68h3708<br>53h9918<br>20h9291<br>28h3001<br>15h7256<br>13h7096<br>75h3974 | 45h1420<br>374h4480<br>43h4306<br>109h4775<br>134h5858<br>101h3944<br>127h5558<br>96h3974<br>26h6264<br>42h9347<br>29h5722<br>24h1392<br>123h4923 | 47h3330<br>377h4619<br>44h7427<br>106h7057<br>126h4783<br>105h0438<br>125h1565<br>103h6155<br>24h9308<br>41h7140<br>27h9549<br>24h0578<br>114h9376 | 33h8812<br>236h7631<br>29h7072<br>74h4181<br>76h5386<br>62h3604<br>74h2112<br>63h1049<br>21h8747<br>30h5086<br>16h2278<br>14h7636<br>78h2813 | 30h4916<br>221h9253<br>28h3853<br>68h1943<br>71h7027<br>65h6632<br>73h6979<br>66h4249<br>14h0044<br>26h1661<br>15h7905<br>14h1776<br>68h0743 | 26h7046<br>204h8183<br>25h0503<br>61h6489<br>69h7229<br>58h1802<br>67h8575<br>57h3118<br>13h6583<br>23h9576<br>15h2883<br>13h1236<br>65h1835 | 3h7870<br>17h1070<br>3h3350<br>6h5454<br>1h9798<br>7h4830<br>5h8404<br>9h1131<br>0h3456<br>2h2085<br>0h5022<br>1h0540<br>2h8908 |
| o      | 12h0812   | 20h0620  | 20h0620  | 33h6078   | 29h8751  | 29h0520  | 18h7839  | 17h7939  | 0h9900  |
| lo     | 61h9916   | 76h9078  | 77h1528  | 134h8928  | 135h7631   | 83h3554  | 79h9741  | 73h7715  | 6h2026  |
| ientes | 145h6359<br>314h4878<br>171h6634  | 206h7538<br>380h7534<br>22h6676  | 212h8818<br>380h9760<br>209h2109   | 336h0532<br>700h4386<br>402h1611  | 332h4032<br>698h3589<br>379h1857   | 228h5585<br>414h4116<br>234h3850   | 202h4440<br>417h5165<br>212h6884   | 186h7673<br>383h8711<br>207h5223   | 15h6767<br>33h5405<br>5h1661  |
| zales  | 12h0812   | 20h0620  | 20h0620  | 33h6078   | 29h8751  | 29h0520  | 18h7839  | 17h7939  | 0h9900  |
| uni-   | 61h9916   | 76h9078  | 77h1528  | 134h8928  | 135h7631   | 83h3554  | 79h9741  | 73h7715  | 6h2026  |
| Puni-  | 145h6359<br>314h4878<br>171h6634  | 206h7538<br>380h7534<br>22h6676  | 212h8818<br>380h9760<br>209h2109   | 336h0532<br>700h4386<br>402h1611  | 332h4032<br>698h3589<br>379h1857   | 228h5585<br>414h4116<br>234h3850   | 202h4440<br>417h5165<br>212h6884   | 186h7673<br>383h8711<br>207h5223   | 15h6767<br>33h5405<br>5h1661  |
| lla-   | 12h0812   | 20h0620  | 20h0620  | 33h6078   | 29h8751  | 29h0520  | 18h7839  | 17h7939  | 0h9900  |
| ya     | 61h9916   | 76h9078  | 77h1528  | 134h8928  | 135h7631   | 83h3554  | 79h9741  | 73h7715  | 6h2026  |
| :      | 1.367h3416  | 1.791h3137   | 1.808h9052   | 3.096h4821  | 3.053h0727   | 1.937h5995   | 1.814h4254   | 1.685h7311   | 128h6943  |

SUPERFICIE EN CULTIVOS Y VOLUMENES DE RIEGO

PORCENTAJE  
1976/77

| PAJALFA             | TRIGO            | CEBADA GRANO | PAPA    | CEBADA EN BERZA | TOTAL Has.                                       | TOTAL m <sup>3</sup>                        |
|---------------------|------------------|--------------|---------|-----------------|--|---|
| CANAL PRINCIPAL SUR |                  |              |         |                 |  |   |
| 2538                |                  |              | 0.2100  |                 | 4.6738   | 73.940                                      |
| 1865                |                  |              |         |                 | 8.0137   | 61.908                                      |
| 1671                | 4.0830           | 3.2617       | 1.8019  | 4.0030          | 59.8982  | 691.100                                     |
| 2374                | 4.0830           | 3.2617       | 2.0119  | 4.0030          | 72.5857  | 826.948                                     |
| 6%                  | 5.6%             | 4.5%         | 2.8%    |                 | 5.5%   |   |
|                     | 1er. LATERAL SUR |              |         |                 |  | Cons. Bruto m <sup>3</sup> /Ha.<br>11.392.7 |
| 4254                | 1.9592           | 3.4008       |         | 0.9236          | 40.9130  | 474.857                                     |
| 4518                | 0.5000           | 1.0960       | 0.6932  | 3.7870          | 26.7046  | 257.281                                     |
| 6988                | 4.8080           | 9.2851       | 0.9746  | 17.1070         | 204.8183   | 2394.865                                    |
| 0355                | 1.2174           | 0.8055       |         | 3.3350          | 25.0503  | 283.963                                     |
| 2876                | 4.5292           | 4.7880       | 0.7295  | 6.5454          | 61.6489  | 564.372                                     |
| 9397                | 4.7145           | 5.3728       | 0.9004  | 1.9798          | 69.7229  | 755.300                                     |
| 6834                |                  | 3.8336       |         | 7.4830          | 58.1802  | 401.725                                     |
| 9453                |                  | 3.2397       | 1.4784  | 5.8404          | 67.8575  | 497.867                                     |
| 5106                | 0.7480           | 1.1470       |         | 9.1131          | 57.3118  | 454.555                                     |
| 6561                | 2.0412           |              |         | 0.3456          | 13.6588  | 168.834                                     |
| 2054                | 0.3776           | 3.0516       | 0.5635  | 2.2085          | 23.9576  | 205.384                                     |
| 7271                | 0.5940           | 1.5255       |         | 0.5022          | 15.2883  | 104.957                                     |
| 2942                |                  | 1.1354       |         | 1.0540          | 13.1236  | 76.198                                      |
| 8609                | 21.4891          | 38.6810      | 55.3396 | 60.2246         | 678.2358   | 6640.158                                    |
| 1%                  | 3.2%             | 5.7%         | 0.8%    | 8.9%            | Cons. Bruto<br>m <sup>3</sup> /Ha.<br>Cons. Neto | 9.790.3<br>2.300.7                          |

Vinto Gonzz  
S. Pedro, I  
Ylave  
S. Pedro P  
Sullca  
Sacka Quill  
Cayachaca  
Capaj Amay

| 2do. LATERAL SUR          |            |          |          |         |                   |            |            |  |  |  |  |
|---------------------------|------------|----------|----------|---------|-------------------|------------|------------|--|--|--|--|
| 13.0978                   | 36.6563    | 6.9540   | 4.4915   | 1.0931  | 2.8908            | 65.1835    | 458.225    |  |  |  |  |
| 3.2581                    | 8.8231     | 3.8215   | 0.9012   |         | 0.9900            | 17.7939    | 164.832    |  |  |  |  |
| 9.5839                    | 52.4077    | 1.7959   | 3.5364   | 0.2450  | 6.2026            | 73.7715    | 616.921    |  |  |  |  |
| 41.7912                   | 103.8447   | 6.2616   | 13.0651  | 6.1280  | 15.6767           | 186.7673   | 1.477.786  |  |  |  |  |
| 30.6454                   | 283.8424   | 7.0195   | 28.6007  | 0.2226  | 33.5405           | 383.8711   | 2.653.032  |  |  |  |  |
| 26.8627                   | 144.8007   | 1.7406   | 26.4009  | 2.5513  | 5.1661            | 207.5223   | 1.174.619  |  |  |  |  |
| 125.2391                  | 630.3749   | 27.5931  | 76.9958  | 10.2400 | 64.4667           | 934.9096   | 6.545.415  |  |  |  |  |
| 13.4%                     | 67.4%      | 3%       | 8.2%     | 1.1%    | 6.9%              | 100%       |            |  |  |  |  |
|                           |            |          |          |         | Cons.Bruto m3/Ha. | "          | 7.001.1    |  |  |  |  |
|                           |            |          |          |         | Cons.Neto         | "          | 1.645.3    |  |  |  |  |
| TOTAL CANAL SUR           |            |          |          |         |                   |            |            |  |  |  |  |
| 251.8684                  | 1.115.4732 | 53.1652  | 118.9385 | 17.5915 | 128.6943          | 1.685.7311 | 14.012.521 |  |  |  |  |
| 14.9%                     | 66.2%      | 3.2%     | 7.1%     | 1%      | 7.6%              | 100%       |            |  |  |  |  |
|                           |            |          |          |         | Cons.Bruto m3/Ha. | "          | 8.312.4    |  |  |  |  |
|                           |            |          |          |         | Cons.Neto         | "          | 1.953.4    |  |  |  |  |
| TOTAL GENERAL DEL SISTEMA |            |          |          |         |                   |            |            |  |  |  |  |
| 600.0099                  | 2.482.0518 | 101.9276 | 335.1044 | 55.6303 | 332.7450          | 3.907.4690 | 31.047.798 |  |  |  |  |
| 15.4%                     | 63.5%      | 2.6%     | 8.6%     | 1.4%    | 8.5%              | 100%       |            |  |  |  |  |
| 17.5%                     | 57.2%      | 2.5%     | 8.3%     | 4.7%    | 9.8%              | 100%       |            |  |  |  |  |

### Horarios de turnos de riego por Rancho

Con el dato de minutos por hectárea, correspondiente a cada cultivo para la lámina de reposición calculada, y la frecuencia de riego mensual, se calculan las horas mensuales de turno correspondiente a cada rancho y para un caudal de entrega de 50 e/s (Cuadro)

Para el cálculo del número de módulos de 50 e/s necesario para irrigar la totalidad de las hectáreas se procede de la siguiente forma:

El número total de horas mensuales de turno de toda el área de riego, dividido por el número de horas del mes en el que se erogue agua del embalse (5 días x 4 semanas x 24 Hrs.) nos dá el número de módulos semanales que es necesario erogar del embalse para irrigar la totalidad de la zona.

Sabiendo el número de módulos se hace un ajuste de los caudales de erogación mensuales y su distribución por canales.



CANAL NORTE

|  | OC<br>s   | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | ENERO     | FEBRERO   | MARZO     | ABRIL     |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | Horas/mes |
|  | 24h04'    | 33h21'    | 30h41'    | 25h43'    | 22h37'    | 21h26'    | 1h11'     |
|  | 133h53    | 239h39'   | 239h39'   | 142h41'   | 141h34'   | 129h26'   | 12h08'    |
|  | 89h07'    | 158h07'   | 149h00'   | 95h30'    | 93h18'    | 87h01'    | 6h17'     |
|  | 229h20'   | 401h32    | 389h25'   | 262h22'   | 258h41'   | 234h42'   | 23h59'    |
|  | 89h31'    | 158h07'   | 149h00'   | 95h30'    | 93h18'    | 87h01'    | 6h17'     |
|  | 194h52'   | 319h11'   | 308h47'   | 206h17'   | 199h45'   | 180h07'   | 19h38'    |
|  | 243h14'   | 368h56'   | 356h32'   | 272h33'   | 275h58'   | 228h58'   | 47h00'    |
|  | 168h00'   | 287h05'   | 285h15'   | 180h22'   | 174h31'   | 156h26'   | 18h05'    |
|  | 883h45'   | 1.549h06' | 1536h42'  | 1016h32'  | 982h45'   | 914h06'   | 68h39'    |
|  | 188h32'   | 336h38'   | 336h06'   | 213h34'   | 214h12'   | 193h21'   | 20h51'    |
|  | 384h07'   | 738h26'   | 738h26'   | 405h45'   | 413h29'   | 390h51'   | 22h38'    |
|  | 417h01'   | 792h48'   | 792h48'   | 431h02'   | 431h56'   | 410h25'   | 21h31'    |
|  | 872h52'   | 1682h40'  | 1681h05'  | 939h12'   | 1043h47'  | 914h03'   | 129h44'   |
|  | 462h43'   | 892h30'   | 889h26'   | 515h23'   | 535h53'   | 500h41'   | 35h12'    |
|  | 303h17'   | 559h18'   | 558h49'   | 349h01'   | 373h07'   | 326h31'   | 43h36'    |
|  | 229h20'   | 401h32'   | 389h25'   | 262h22'   | 258h41'   | 234h42'   | 23h59'    |
|  | 94h18'    | 1650h02'  | 1609h36'  | 1096h15'  | 200h38'   | 146h23'   | 54h15'    |
|  | 1096h17'  | 1933h16'  | 1904h46'  | 1183h21'  | 1152h05'  | 1056h46'  | 95h19'    |
|  | 1009h35'  | 1891h23'  | 1885h12'  | 1071h28'  | 1102h16'  | 1017h35'  | 84h41'    |
|  | 8077h25'  | 14393h37' | 14230h40' | 8764h23'  | 7968h31'  | 7230h31'  | 738h00'   |
|  | 67        | 120       | 120       | 73        | 66        | 60        | 6         |
|  | 17        | 30        | 30        | 18        | 16        | 15        | 15        |
|  | 850       | 1500      | 1500      | 900       | 800       | 750       | 75        |

Vinto Gonzalez  
S. Pedro Purri  
Tilave  
S. Pedro Purri  
Sullca  
Sacka Quillac  
Cayachata  
Capaj Amaya

Yanacachi  
Aucasoca  
Villacollo  
Huatascollo  
Aguas Calientes  
Toro  
Challapata  
Autocagua  
Allituma  
Milluri  
Chungaras

S. Pedro Sullca  
Cepedas  
Armaza  
Acallapu  
Granja Millit

RANCHO

CANAL SUR

| Agosto    | Septiembre | Octubre   | Noviembre | Diciembre | Enero     | Febrero   | Marzo     | Abril     |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Horas/mes | horas/mes  | horas/mes | horas/mes | horas/mes | horas/mes | horas mes | horas/mes | horas/mes |
| 17h26'    | 17h51'     | 18h41'    | 35h42'    | 35h42'    | 18h41'    | 18h16'    | 18h16'    | -         |
| 29h39'    | 32h02'     | 32h02'    | 59h18'    | 59h18'    | 32h02'    | 29h39'    | 29h39'    | -         |
| 157h49'   | 213h31'    | 220h43'   | 375h56'   | 363h52'   | 235h12'   | 220h32'   | 206h03'   | 14h29'    |
| 204h54'   | 263h24'    | 271h26'   | 470h56'   | 458h52'   | 285h55'   | 268h27'   | 253h58'   | -         |
| 110h06'   | 157h53'    | 157h53'   | 258h58'   | 242h55'   | 161h13'   | 136h09'   | 132h49'   | 3h20'     |
| 68h09'    | 88h16'     | 91h02'    | 150h36'   | 158h32'   | 104h44'   | 104h05'   | 90h23'    | 13h42'    |
| 626h41'   | 741h32'    | 745h26'   | 1359h12'  | 1370h06'  | 807h18'   | 805h17'   | 743h25'   | 61h52'    |
| 69h26'    | 86h02'     | 86h02'    | 153h28'   | 158h14'   | 98h06'    | 100h52'   | 88h48'    | 12h04'    |
| 154h41'   | 213h55'    | 216h50'   | 379h41'   | 369h39'   | 240h30'   | 238h38'   | 214h58'   | 23h40'    |
| 213h23'   | 263h30'    | 267h06'   | 503h20'   | 474h01'   | 274h01'   | 267h48'   | 260h38'   | 7h10'     |
| 187h27'   | 218h02'    | 218h02'   | 402h38'   | 415h50'   | 245h06'   | 255h27'   | 228h23'   | 27h04'    |
| 216h29'   | 240h54'    | 246h49'   | 462h19'   | 471h43'   | 267h56'   | 276h21'   | 255h14'   | 21h07'    |
| 173h37'   | 192h03'    | 192h03'   | 360h56'   | 387h02'   | 225h00'   | 246h22'   | 213h25'   | 32h57'    |
| 29h51'    | 52h28'     | 52h28'    | 74h28'    | 68h20'    | 53h43'    | 39h44'    | 38h29'    | 1h15'     |
| 57h55'    | 83h25'     | 85h40'    | 142h53'   | 138h28'   | 93h39'    | 88h32'    | 80h33'    | 7h59'     |
| 48h47'    | 58h20'     | 58h20'    | 112h54'   | 107h03'   | 60h09'    | 60h05'    | 58h16'    | 1h49'     |
| 40h27'    | 47h50'     | 47h50'    | 89h06'    | 88h49'    | 51h39'    | 52h11'    | 48h22'    | 3h49'     |
| 1996h59'  |            |           |           |           |           |           |           |           |
| 172h49'   | 240h25'    | 244h47'   | 432h48'   | 401h51'   | 255h14'   | 239h29'   | 229h02'   | 10h27'    |
| 41h48'    | 65h24'     | 65h24'    | 117h46'   | 104h16'   | 68h59'    | 66h03'    | 62h28'    | 3h35'     |
| 228h48'   | 267h15'    | 268h14'   | 497h09'   | 500h18'   | 290h40'   | 293h56'   | 271h30'   | 22h26'    |
| 498h58'   | 652h27'    | 676h58'   | 1.162h15' | 1149h03'  | 733h40'   | 706h47'   | 650h05'   | 56h42'    |
| 1196h39'  | 1386h45'   | 1387h38'  | 2651h19'  | 2644h18'  | 1508h56'  | 1568h57'  | 1447h39'  | 121h18'   |
| 632h55'   | 788h25'    | 798h37'   | 1479h36'  | 1396h30'  | 817h18'   | 782h16'   | 763h35'   | 18h41'    |
| 4973h50'  | 6108h15'   | 6178h35'  | 11262h48' | 11105h50' | 6644h01'  | 6597h26'  | 6132h00'  | 465h26'   |
| 41        | 51         | 51        | 94        | 92        | 55        | 55        | 51        | 4         |
| 10        | 13         | 13        | 23        | 23        | 14        | 14        | 13        | 1         |
| 500 e/s   | 650 e/s    | 650 e/s   | 1150 e/s  | 1150 e/s  | 700 e/s   | 700 e/s   | 650 e/s   | 50 e/s    |

## Ejemplo de Plan de Riego para una propiedad

Rancho : Vuelta Blanca

Superf.: Bajo riego: 47 Has. 3776 m<sup>2</sup>.

Detalle de cultivos en el mes de Noviembre:

|            | <u>Has.</u> | <u>Nº de Riegos</u> | <u>Has. Riego</u> |
|------------|-------------|---------------------|-------------------|
| Alfalfa    | 26 H 2195   | 2                   | 52 H 4390         |
| Haba       | 11 H 9695   | 2                   | 53 H 9390         |
| Cebada (g) | 3 H 4201    | 2                   | 6 H 8402          |
| Trigo      | 0 H 5072    | 2                   | 1 H 0144          |
| Papa       | 0 H 2632    | 1                   | 0 H 2632          |
|            | <hr/>       |                     |                   |
|            | 42 H 3795   |                     | 84 H 4958         |
|            | <hr/>       |                     |                   |

Tiempo de turno (Noviembre) para

50 e/s

287 hs. 05'

Caudal aconsejable (3 módulos)

150 e/s

Tiempo real de turno mensual (para 3 módulos)

95 hs. 42'

Volumen necesario para mes de noviembre

| Cultivo    | Has. Culti-<br>vadas , | m <sup>3</sup> /Ha.<br>Necesidad de<br>Riego | Volumen ne-<br>cesario m <sup>3</sup> . |
|------------|------------------------|--|---|
| Alfalfa    | 26 H 2195              | 1211   | 31.752                                  |
| Haba       | 11 H 9695              | 913  | 10.928                                  |
| Cebada (g) | 3 H 4201               | 991  | 3.389                                   |
| Trigo      | 0 H 5072               | 991  | 503                                     |
| Papa       | 0 H 2632               | 799  | 210                                     |
|            | <hr/>                  |  |   |
|            |                        |  | 46.782                                  |

AJUSTE DE CAUDALES PARA PRODUCTO DE 50 e/s

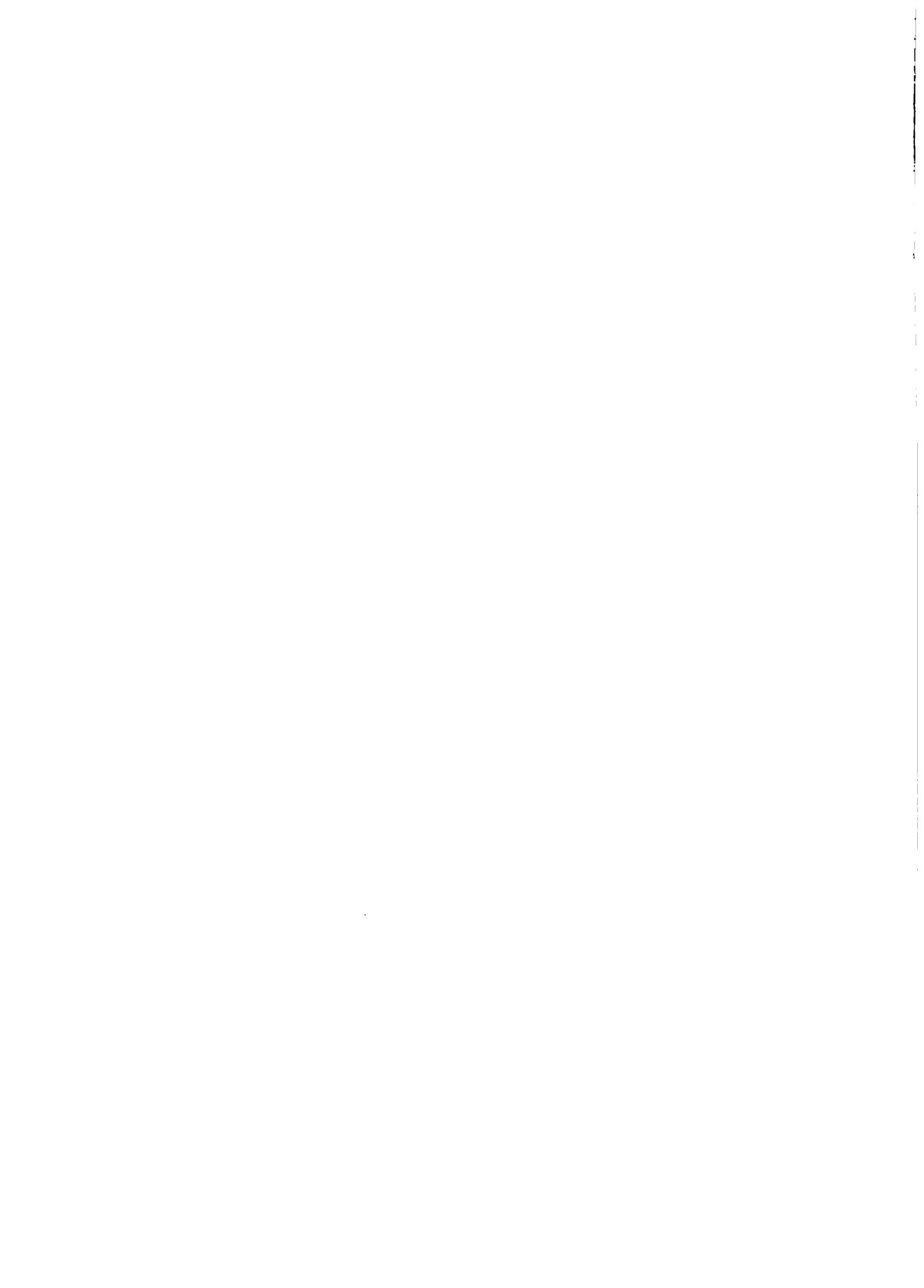
| MESES:              | A     | S     | O     | N     | D     | E     | F     | M     | A   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| CN. Directo         | 50    | 50    | 50    | 100   | 100   | 50    | 50    | 50    | 25  |
| 1er. L.N            | 350   | 450   | 450   | 800   | 800   | 500   | 500   | 450   | 100 |
| 2do. L.N            | 250   | 350   | 350   | 600   | 600   | 350   | 300   | 250   | 50  |
| TOTAL CN.           | 650   | 850   | 850   | 1.500 | 1.500 | 900   | 850   | 750   | 175 |
| Nº Módulos          | 13    | 17    | 17    | 30    | 30    | 18    | 17    | 15    | 3.5 |
| C.S. Directo        | 25    | 25    | 25    | 50    | 50    | 25    | 25    | 25    | -.- |
| 1er. L.S.           | 200   | 250   | 250   | 450   | 450   | 275   | 275   | 250   | 50  |
| 2do. L.S.           | 300   | 350   | 350   | 650   | 650   | 400   | 400   | 350   | 50  |
| TOTAL CS.           | 525   | 625   | 625   | 1.150 | 1.150 | 700   | 700   | 625   | 100 |
| Nº de módulos       | 105   | 125   | 125   | 23    | 23    | 14    | 14    | 12.5  | 2   |
| TOTAL CAU-<br>DAL   | 1.175 | 1.475 | 1.475 | 2.650 | 2.650 | 1.600 | 1.550 | 1.375 | 275 |
| Nº. de Mód-<br>ulos | 23.5  | 29.5  | 29.5  | 53    | 53    | 32    | 31    | 27.5  | 5.5 |

=====

A N E X O 10

NORMAS PARA LA SISTEMATIZACION DE FIN

CAS BAJO RIEGO



## C O N T E N I D O

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| <b>INTRODUCCION</b>   |               |
| <b>I. GENERALIDADES</b>   | 1             |
| <b>II. SISTEMATIZACION AGRICOLA</b>   | 3             |
| 2.1. Diversos Casos   | 3             |
| 2.2. Objetivos Básicos  | 5             |
| 2.3. Métodos de Riego Superficial   | 7             |
| <b>III. METODOLOGIA PARA LA SISTEMATIZACION</b>   | 12            |
| 3.1. Etapa de Reconocimiento Agroecológico  | 12            |
| 3.1.1. Relevamiento Topográfico   | 12            |
| 3.1.2. Relevamiento de Suelos   | 15            |
| 3.1.3. Evaluación del Agua para<br>Riego  | 22            |
| 3.1.4. Ensayos de Riego   | 31            |
| 3.1.5. Cultivos   | 47            |
| 3.2. Etapa de Cálculo y Diseño  | 49            |
| 3.2.1. Confección de planos   | 50            |
| 3.2.2. Elección de Métodos de Riego<br>según Textura y Topografía y<br>Delimitación de Parcelas | 51            |
| 3.2.2.1. Piletas  | 54            |
| 3.2.2.2. Melgas con Pendiente   | 59            |
| 3.2.2.3. Surcos   | 64            |
| 3.2.2.4. Otros Métodos  | 75            |
| 3.2.2.5. Delimitación de Par-<br>celas  | 75            |
| 3.2.3. Proyecto de Trazado de la Red<br>de Riego  | 76            |

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 3.2.3.1. Red de Riego Externa   | 76            |
| 3.2.3.2. Red de Riego Interna   | 78            |
| 3.2.3.3. Red de Desagues  | 80            |
| 3.2.4. Elección de cultivos   | 82            |
| 3.2.5. Cálculo de Necesidades de Riego<br>y Dotaciones                | 83            |
| 3.2.6. Determinación de Superficie Fac-<br>tible de Riego             | 89            |
| 3.2.7. Determinación de Zona de Servi-<br>cio y Trazado de Callejones | 89            |
| 3.2.8. Cálculo del Movimiento de Tierra                               | 92            |
| 3.3. Etapa de Ejecución de Obras                                      | 103           |
| 3.3.1. Elección de la Maquinaria                                      | 104           |
| 3.3.2. Pruebas de Funcionamiento                                      | 107           |
| <br>  |               |
| ANEXO 1 TABLAS  | 115           |
| ANEXO 2 PLANILLAS   | 139           |
| ANEXO 3 PLANOS  | 143           |
| BIBLIOGRAFIA  | 150           |

## INTRODUCCION

El presente trabajo, ha sido elaborado en cumplimiento de la Actividad A - 2, prevista en el Subproyecto 1 - Manejo de Fincas, del Proyecto de Desarrollo Rural Integrado del área de Challapata. El mencionado Subproyecto tiene como Objetivo General el de Planificar el desarrollo agropecuario de las fincas representativas del área, agrupadas según tamaño.

Se pretende con estas "Normas para la Sistematización de Fincas bajo Riego" dar una guía de sistematización agrícola indispensable para la optimización de los recursos suelo y agua, en el área del Proyecto.

El tema relativamente nuevo se apoya en los múltiples conocimientos sobre topografía, riego, drenaje, etc. que se poseen en la actualidad. Si bien es una materia técnica, requiere gran dosis de imaginación y creatividad. Por tal razón no existe un esquema tipo para proyectar una finca, pero si existen reglas generales que dan las bases para iniciar un proyecto; respetándolas existe libertad para proyectar, teniendo en cuenta que, por tratarse de fincas para producción agrícola, debe obtenerse la máxima funcionalidad con el menor costo posible.

El presente trabajo intenta dar una metodología para la sistematización, la cual es susceptible de mejoras y mo

////dificaciones, no obstante, se dán en él, los datos bá  
sicos que es preciso extraer del terreno y los conocimien  
tos necesarios para lograr un proyecto eficiente y funcio  
nal; lo demás, es fruto de la experiencia personal que va  
ya adquiriendo el técnico proyectista tras la elaboración  
de varios proyectos.

Las tablas y ábacos, incorporados a esta publica-  
ción, ayudan en la realización del proyecto pero no libe-  
ran al técnico de orientar con su criterio personal, la  
concreción del mismo.

## SISTEMATIZACION DE PREDIOS CON FINES DE

### RIEGO

#### I. GENERALIDADES

Antes de hablar de sistematización es conveniente aclarar el significado de sistema.

Se considera SISTEMA, a un conjunto de elementos que coordinados y operados convenientemente, realizan una determinada función con la mayor eficiencia.

SISTEMATIZAR es entonces, transformar en sistema, un conjunto de elementos, que puede estar incompleto, descoordinado, mal construido ó mal operado.

Aparte de estos conceptos básicos, es necesario, previo a entrar en el tema de sistematización propiamente dicho, conocer otros conceptos, como ser:

DISTRITO AGRICOLA, es un conjunto de predios agrícolas vinculados entre si por características físicas, políticas y/ó económicas. Desde el punto de vista de la sistematización interesan solo las características físicas que influyen sobre los predios, tanto las características naturales existentes (topografía, calidad del suelo, cantidad y calidad del agua, cultivos posibles, cantidad de agua requerida por dichos cultivos, etc.) como las impuestas (forma y tamaño de los predios, caudales de agua entrega-

..///

////dos, lluvias promedios mensuales, red de riego existente, disposiciones legales y reglamentarias sobre aguas y tierras, etc.)

Lo lógico sería que las características ó condiciones impuestas surgieran del estudio de las condiciones naturales existentes, pero en la realidad casi todos los distritos se han desarrollado y se desarrollan sin tener en cuenta las necesidades de operación de los predios integrantes de dichos distritos.

METODO; es la forma de llevar a cabo en forma ordenada una determinada función.

Para aclarar mejor estos conceptos es conveniente poner como ejemplo un Distrito de riego, en este caso el DISTRITO es un conjunto de predios vinculados entre si por una red de riego.

EL SISTEMA DE RIEGO, es el conjunto integrado por la fuente de agua, obras de captación, regulación, conducción, distribución, control, entrega y aplicación del agua a los predios de ese distrito.

Dentro del sistema, se deben cumplir varias funciones y para cada una de ellas existe un METODO (P. ej.: métodos de distribución, métodos de aforo, métodos de riego, etc.)

Esto significa que el método es parte del Sistema.

METODO DE RIEGO, es entonces, el conjunto de operaciones que se deben realizar en forma ordenada para la aplicación ópti

///ma del agua a un cultivo.

## II. SISTEMATIZACION AGRICOLA

Consiste en coordinar las características físicas, naturales e impuestas, que influyen sobre un predio agrícola con el fin de obtener la optimización de la producción agrícola sin alterar las condiciones naturales existentes, es decir, tendiendo a la conservación de los recursos naturales no renovables.

El presente trabajo está limitado a la SISTEMATIZACION DE FINCAS CON FINES DE RIEGO que consiste en la transformación en sistema del conjunto de elementos relacionados con el riego de un predio.

### 2.1. Diversos casos de Sistematización

Según se trate de un Distrito a proyectar ó de uno en funcionamiento se pueden presentar los siguientes casos de sistematización.

#### 2.1.1. Sistematización de predios en un distrito a proyectar:

Es este el caso más simple de sistematización ya que sólo es necesario tener en cuenta las condiciones naturales existentes y de éstas surgen las condiciones impuestas. Esto evita sobredimensionar o subdimensionar las obras de riego y perm

..///

///te además orientar las parcelas de modo tal que al nivelar los terrenos se obtenga el mínimo movimiento de tierra.

Sistematizar en estas condiciones es lo ideal para lograr la máxima eficiencia en el desarrollo del Distrito.

2.1.2. Sistematización de predios en un distrito en funcionamiento

En este segundo caso ya existen condiciones impuestas por el Distrito por lo que es preciso ajustarse a ellas y a las condiciones naturales existentes. En lo que se refiere a la red de riego solo se puede ajustar a las reales necesidades de los predios, mediante remodelaciones parciales sin llegar a realizar una modificación substancial de la misma.

2.1.3. Remodelación de Predios mal sistematizados ó deficientemente sistematizados

Es un caso similar al anterior con la diferencia de que ya ha habido intentos anteriores de sistematización ó bien que los predios han sido ya cultivados y/o regados, existiendo por tanto una infraestructura previa a lo que es necesario modificar para obtener una

mayor eficiencia en el uso del agua. Es el caso que se presenta con mayor frecuencia en los Distritos de riego en funcionamiento.

2.1.4. Reorganización parcelaria de un Distrito.

Este caso se presenta cuando, por deficiencias en el proyecto original del distrito ó bien por deficiencias en la legislación, se ha llegado a tener parcelas que por su tamaño, ó no son económicamente rentables (minifundios) ó no se obtiene de ellas su máxima rentabilidad (latifundios), debiendo en estos casos determinarse el tamaño de la Unidad Económica Superficial y con este dato proceder se a la reagrupación parcelaria y posterior sistematización del distrito.

En esta publicación se tratarán solamente los dos primeros casos que son los que se presentan con más frecuencia, en países en desarrollo de sus sistemas de riego.

2.2. Objetivos básicos de la Sistematización de predios con fines de riego:

Sea cual fuere el caso de sistematización que se presente, los objetivos básicos a tener en cuenta son los siguientes:

- (a) Obtener el menor movimiento de tierra posible.
- (b) Obtener la menor longitud de acequias de riego.
- (c) Obtener la mínima superficie ocupada por callejones internos.
- (d) Eliminar al mínimo los espacios perdidos, para obtener un máximo aprovechamiento del terreno.
- (e) Ubicación óptima de los centros de servicio (vivienda, bodega, depósito de maquinaria, etc.) a los efectos de disminuir al mínimo el tiempo "muerto" de personal y maquinaria.
- (f) Obtener el máximo rendimiento de la maquinaria.
- (g) Reducir la mano de obra calificada, simplificando al máximo la metodología de aplicación del agua de riego.
- (h) Conseguir la aplicación de cantidades óptimas de agua a los cultivos mediante la simplificación de las técnicas de aforo y un adecuado plan de riegos.
- (i) Conseguir la distribución uniforme del agua de riego.
- (j) Evitar la erosión (eólica e hídrica) para lo cual se debe actuar con criterio conservacionista.
- (k) Obtener un adecuado sistema de drenaje tanto de sobrantes de riego como de aguas pluviales.

- (1) Obtener un diseño que guarde relación con la rentabilidad del cultivo.

### 2.3. Métodos de Riego superficial:

Para conseguir el cumplimiento de los objetivos propuestos es preciso utilizar métodos de riego controlables, es decir, métodos en los cuales se puede controlar la cantidad de agua que entra en la unidad de riego y su distribución dentro de dicha unidad.

Existen numerosos métodos de riego, algunos utilizan como camino del agua la misma superficie del terreno por lo que se denominan métodos de riego superficial, otros distribuyen el agua en forma de lluvia (riego por aspersión), otros distribuyen el agua frente a cada planta por pequeños tubos capilares llamados goteros (riego por goteo) y por último existe otro método que distribuye el agua, sin mojar la superficie del terreno, por tuberías subterráneas (sub-irrigación o riego subterráneo).

De estos métodos solo se tratará en este trabajo de los métodos de riego superficial.

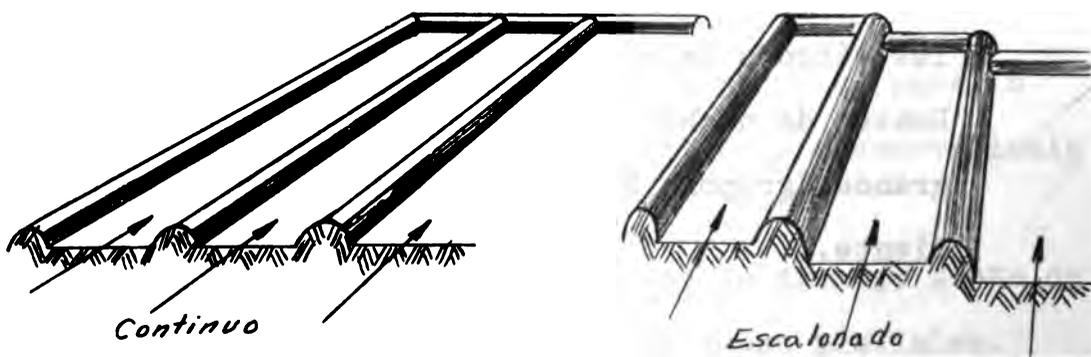
Dentro de dichos métodos se pueden diferenciar dos grandes grupos: Riego sin pendiente y Riego con pendiente.

2.3.1. Riego sin pendiente, se caracteriza por estar la unidad de riego nivelada tanto en sentido longitudinal (sentido del riego) como transversal, a "cero", es decir sin pendiente y por utilizarse un solo caudal de riego.

En estos métodos se agrega la cantidad de agua calculada, de una sola vez, y se deja que se insuma en la unidad de riego sin importar mayormente la infiltración del suelo en el área a regar. El tiempo que interesa es el de llenado de la unidad de riego.

La unidad de riego en el riego sin pendiente es una pileta ó pila rectangular, cuadrada ó redonda llamada cantero, era, tabla, batea, palangana, melgas a nivel ó surcos a nivel, la ubicación de las mismas puede ser continua cuando la topografía del terreno así lo permite, ó en superficie escalonada (terrazas)

FIGURA No. 1



2.3.2. Riego con pendiente, se caracteriza por estar la unidad de riego nivelada en el sentido longitudinal, con la pendiente natural del terreno y en el sentido transversal preferiblemente a "cero" y por usarse dos caudales, el de escurrimiento ó máximo no erosivo y el de infiltración.

En estos métodos si interesa, la velocidad de infiltración del suelo ya que en función de ella se va a calcular el caudal de infiltración.

En ellos el agua no se acumula y forma carga sino que corre permanentemente sobre la superficie de la unidad durante el tiempo que dura el riego.†

Los tiempos que deben calcularse son, el de escurrimiento el de infiltración y el de receso de la lámina de agua.

La unidad de riego, en el riego con pendiente es una franja de terreno limitado en el sentido transversal por bordos laterales. El ancho de dichas franjas está regulado por la pendiente transversal y según dicho ancho, es el nombre que reciben: Cajas, melgas, tablones, melgas anchas, melgas angostas, sur

..///

///cos anchos, surcos angostos, surcos en con-  
torno, corrugación.

FIGURA No. 2

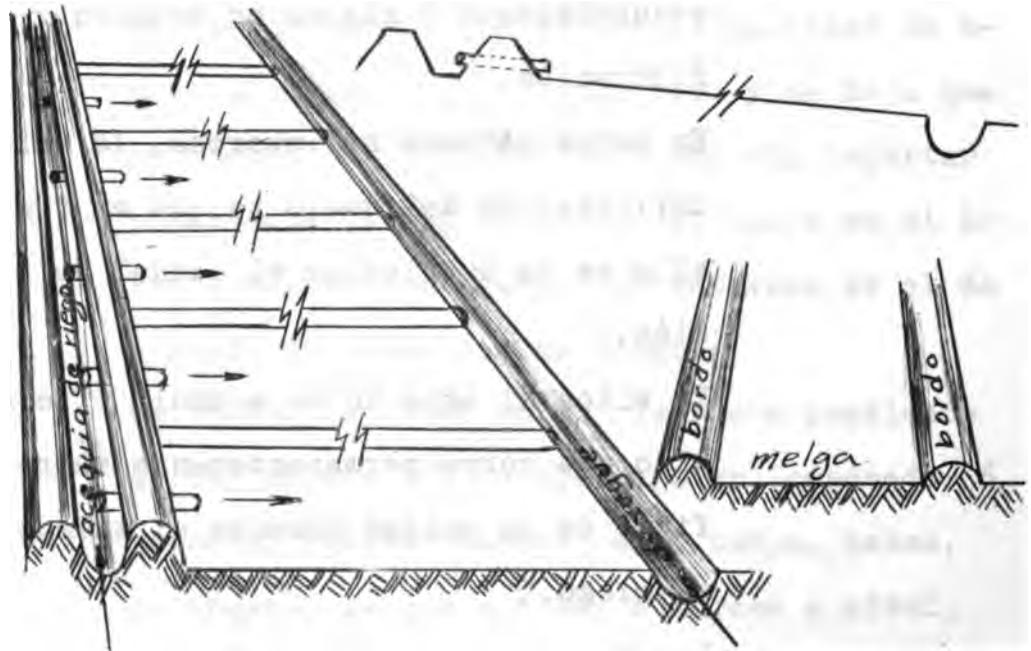
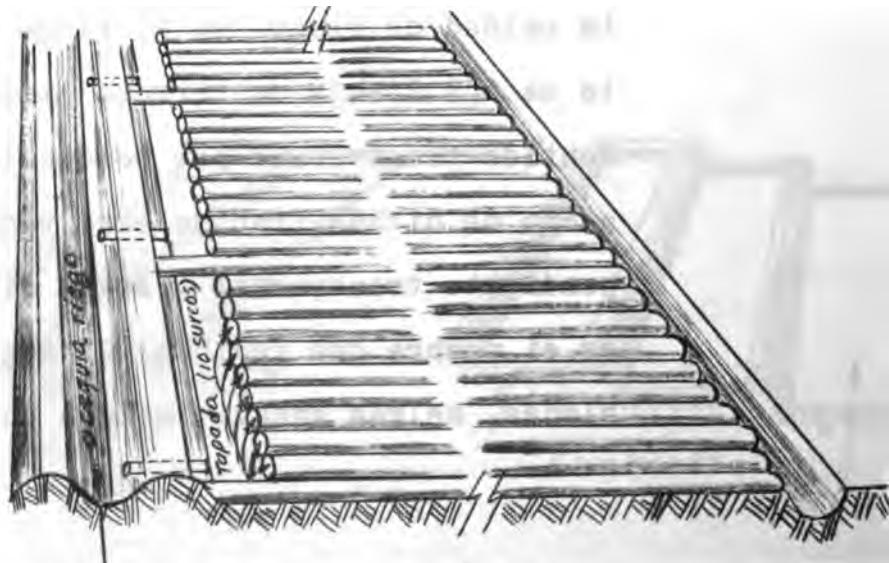


FIGURA No. 3

RIEGO POR SURCOS



### 2.3.3. Otros Métodos:

Existen otros métodos de riego que no utilizan como camino del agua a la superficie del terreno, estos métodos escapan a la finalidad de este manual y por su complejidad de diseño y su total diferencia con los métodos llamados "de superficie" requieren un tratamiento especial, objeto de otro manual. Tales métodos son los llamados "Riego por Aspersión", "Riego por Goteo" y "Sub-irrigación ó Riego Subterráneo". Dentro de los métodos llamados "de Superficie" existen otras formas de regar, que no se pueden considerar métodos ya que no es posible controlar la distribución del agua sobre la superficie del suelo (riegos por encharcamiento ó por desbordamiento).

Es importante considerar un método de conducción dentro del predio que se adapta y facilita el manejo del agua, en los métodos de riego por superficie, este método de distribución de agua dentro de los predios es el llamado "Tipo californiano" y consiste en conducir el agua por tuberías subterráneas con tantas bocas de salida del agua como sea necesario según el diseño del predio que se ejecute. Tiene como ventajas principales el de

reducir las pérdidas por infiltración y eliminar las acequias dentro de la propiedad, lo que redundará en beneficio del uso de la maquinaria agrícola.

### III. METODOLOGIA PARA LA SISTEMATIZACION

Resumiendo los conceptos vertidos anteriormente, para sistematizar un predio se deben coordinar las características físicas que influyen sobre el mismo con el objeto de optimizar el riego. Para ello, es requisito previo indispensable conocer esas características físicas, lo que da origen a la primera etapa de la metodología a seguir.

#### 3.1. Etapa de Reconocimiento Agroecológico

Esta etapa consiste en el reconocimiento de todas las características agrofísicas del predio en estudio, tales como topografía y calidad del suelo, calidad y cantidad del agua, comportamiento del agua en el suelo y características básicas de los cultivos existentes y de los posibles en el área.

##### 3.1.1. Relevamiento ó levantamiento topográfico

Previo a comenzar los trabajos de levantamiento topográfico es preciso realizar una serie de acciones tendientes a preparar el terreno para que el levantamiento sea realmente representativo del mismo y

que el posterior dibujo de las curvas de nivel no conduzca a interpretaciones erróneas en el anteproyecto de sistematización.

Estas acciones deben comenzar por la limpieza ó desmonte del terreno, extracción de las raíces de árboles, y arbustos que puedan quedar en aquel después del desmonte, si el terreno fuese pedregoso es conveniente extraer la mayor cantidad de piedras posibles, por lo menos aquellas de mayor tamaño que impidan la normal roturación de la tierra. Hecho ésto, es conveniente roturar la tierra (arado de vertederas ó de discos), desmenuzarla (rastrea de discos ó rotavator) y emparejarla mediante el uso de: land planer ó aplanadora de campos.

Si el terreno es muy suelto (caso de terrenos arenosos ó francos) es aconsejable antes de proceder al emparejamiento, asentar el terreno con un riego por encharcamiento ó desbordamiento y posteriormente emparejar con land planer, es hacer notar que el land planer es una maquinaria necesaria tanto para el comienzo, como pa-

///ra la finalización de la preparación de tierras.

Realizados estos trabajos previos, se está en condiciones de comenzar el levantamiento planialtimétrico y de suelos. Las técnicas usadas en el levantamiento planialtamétrico están lo suficientemente tratadas en los manuales de topografía (ver bibliografía) Por tal motivo solo se dará aquí una reseña de los trabajos topográficos necesarios para la Sistematización.

- Levantamiento taquimétrico: se utiliza para levantamientos expeditivos y confección de planos con curvas de nivel. Consiste en ubicar los puntos en el terreno con respecto a un sistema de coordenadas cartesianas ó bien con respecto a una poligonal taquimétrica - simultáneamente con la ubicación del punto en el plano se calcula la elevación del mismo respecto a un plano ideal horizontal, este método tiene la ventaja de la rapidez de los trabajos de campo aunque tiene un margin de error considerable según la experiencia del topógrafo que lo ejecuta.

Es buen método para la confección de cur-

///vas de nivel pero no es aconsejable para la nivelación de terrenos para riego. De todos modos para la iniciación del estudio de proyecto de sistematización es muy útil contar con un levantamiento taquí métrico y el plano con curvas de nivel confeccionado con esos datos.

Con posterioridad y mientras se va haciendo el anteproyecto de sistematización, se puede ir ejecutando la nivelación con mayor precisión.

- Levantamiento altimétrico por cuadrícula, consiste en realizar previo al levantamiento en si, una cuadrícula en el terreno, con cañas ó estacas.

El distanciamiento entre estacas es variable según la topografía del terreno (entre 10 y 50 m. según el grado de ondulación del terreno, siendo el distanciamiento menor para terrenos muy ondulados y viceversa)

Cada estaca es representativa de un área del terreno y por lo tanto la elevación que se obtenga debe ser la elevación media de dicha área (para mayores detalles ver bibliografía II)

### 3.1.2. Relevamiento de Suelos

Es de interés en este tema transcribir los

principios básicos implicados en la selección de tierras para riego, dados por John T. Maletic en su publicación "Principios implicados en la selección de tierras para Riego".

Estos principios son los siguientes:

1. "Los recursos agua y suelo deberán ser combinados eficientemente en el plan de ingeniería y colonización que se encuentre más realista dentro de las metas asequibles a una nación".
2. La clasificación de la tierra, como un procedimiento sistemático para separar tierras sobre la consideración de su conveniencia ó aptitud para riego, proporciona una base firme para usar adecuadamente el recurso tierra dentro de un plan de desarrollo de riego"

Teniendo en cuenta estos principios se pueden realizar la llamada "Clasificación utilitaria de suelos con fines de riego". Esta consiste en determinar clases y subclases de suelo en función de la capacidad de uso de la tierra, en otras palabras, no se estudia el suelo como un factor estático sino como un factor dinámico o sea que es lo que va a pa

///sar con ese suelo una vez que comience a ser regado (Pronóstico)

Por otra parte, es también importante en la determinación de las clases, tener en cuenta la capacidad de pago de ese sueño, que es la diferencia entre la entrada bruta y los costes de producción (exceptuando el riego), permite un nivel de vida adecuado al campesino y provee un interés razonable sobre el costo de las obras de riego.

Los factores básicos a tener en cuenta para la selección de tierras son tres: Suelo, topografía y drenaje. En el factor suelo se debe considerar la profundidad, la textura, la salinidad y la presencia de sodio intercambiable.

En el factor topografía, pendiente, ondulaciones y tamaño y forma de los predios ó sea que se debe estimar el movimiento de tierras que se debe realizar para preparar el suelo para riego.

El factor drenaje debe considerar las necesidades de drenaje tanto superficial como subterráneo.

Otros factores a tener en cuenta y que

amplian el conocimiento sobre los suelos es estudio son los siguientes: Uso de la tierra, productividad y desarrollo de la tierra, requerimiento de agua, drenabilidad y evaluaciones suplementarias de suelo, topografía y drenaje.

La simbología utilizada por el Bureau of Reclamation de U.S.A. consiste en expresar todos los factores antes mencionados en un quebrado, en un cuyo numerador figuran la clase de tierra ó sus sub-clases y en el denominador los otros factores, hay factores opcionales que se colocan fuera del quebrado. Ejemplo:

FIGURA No. 4



En estudios a nivel regional las escalas de trabajo utilizadas dependen de la intensidad de la observación y del grado de detalle que se requiera. Se reconocen tres tipos básicos de estudios de suelo:

| Escalas                     |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| Reconocimiento              | 1:100.000 a 1:200.000 |
| Clasificación semidetallada | 1: 20.000 a 1: 50.000 |
| Clasificación detallada     | 1: 5.000 a 1: 10.000  |

En los casos de estudios de suelo a nivel parcelario se puede actuar con el mismo criterio pero aumentando las escalas según el tamaño de la parcela y el grado de detalle que se desee obtener.

Las clases o categorías de tierra usadas generalmente son seis (6):

- 1a. Categoría: Tierra arable sin limitaciones. Entran en categoría los suelos profundos y fértiles, con pendientes no mayores del 6%, capaces de soportar cualquier cultivo intensivo Buena permeabilidad - No tiene subclases.

- 2a. Categoría: Tierra arable - Son los mis nos suelos de la categoría anterior pero con pendien-tes mayores (hasta 5%) ó deficiencias de suelo ó drenaje - Tiene subclases que indican cuales son las deficiencias que se han tenido en cuenta para no ubicarlo en categoría la.
- 3a. Categoría: Suelos aptos para cultivos menos intensivos por cual- quiera de los defectos si- guientes:
- Profundidad insuficiente.
  - Fertilidad deficiente.
  - Pendientes superiores al 5% o terrenos muy ondulados.
  - Baja permeabilidad
  - Tiene siete (7) subclases según la deficiencia anotada.
- 4a. Categoría: Tierra arable con limitacio- nes, son suelos adecuados para cultivos extensivos ó es- peciales por la multiplica- ción de las deficiencias precedentes y de utilidad res-

//tringida. En otras palabras, la capacidad de estos suelos es tá cercana al límite permisible. Tiene subclases que indican la aptitud de esos suelos para determinados cultivos ó tipos de riego, además de la deficiencia de suelo topografía y drenaje.

5a. Categoría Son aquellas tierras que por falta de datos o bien porque re quieren estudios adicionales, no pueden ser clasificados en las categorías anteriores.

6a. Categoría Tierras no arables, impropias para el riego altas pendientes suelos inaptos ó de muy baja permeabilidad, etc.

El resto de factores a tener en cuenta en la clasificación utilitaria de suelos están especificadas en las tablas 1 y 2.

Las determinaciones u observaciones a realizar en el campo y /o laboratorio están dadas también en tabla No. 2, como infor nativo de evaluación.

### 3.1.3. Evaluación del Agua para Riego:

Tres (3) son los factores básicos que se deben tener en cuenta para la evaluación del agua para riego de un proyecto, y son el origen del agua, la calidad y la cantidad ó caudal disponible.

3.1.3.1. Origen del Agua. El agua para riego puede provenir de corrientes naturales superficiales ó de fuentes de agua subterránea.

Las aguas superficiales pueden a su vez provenir de escorrentías naturales provocadas por lluvias, deshielos o vertientes, ó de embalses naturales ó artificiales. Para poder ser utilizadas estas aguas se deben derivar por medio de conductos artificiales ó por bombeo directo desde las márgenes hasta su lugar de uso. Es importante conocer este origen pues implica costos adicionales al proyecto que pueden llegar a hacerlo antieconómico.

En el caso de las aguas subterráneas estas pueden provenir de pozos surgentes ó semisurgentes que explotan

capas inferiores de corrientes del subsuelo o bien de perforaciones que explotan la capa freática. También inciden estos orígenes pues los costos de perforación y bombeo son variables.

Sea cual fuere el origen del agua, el uso de la misma puede ser individual o colectivo lo que implica menores ó mayores limitaciones al uso.

3.1.3.2. Calidad del agua para riego.- Es un factor de fundamental importancia ya que depende de esa calidad, la conservación de las características de los suelos.

Como primera medida debe realizarse un análisis físico químico del agua para conocer su composición. Este análisis debe constar de una serie de datos generales tales como número de muestra, origen, localización, cultivos regados ó a regar, estado de los mismos, características del suelo a regar, fecha de extracción, aspecto, sabor y olor del agua, y cantidad y naturaleza de los materiales en suspensión.

Aparte de estos datos generales se deben de  
terminar los siguientes datos analíticos:

Carbonatos

Bicarbonatos

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Sodio

Sales totales

Boro

Nitratos

Potasio

Todos en miliequivalentes por litro y mili  
gramos por litro.

Además se debe obtener la conductividad e-  
léctrica actual y potencial expresadas en  
micromhos/cm a 25°C.

Si el agua va a ser usada también para uso  
doméstico deben determinarse además la du-  
reza total expresada en grados franceses  
(1 grado francés=50 mg/l de  $C_{O_3}Ca$ ) y reali  
zar un análisis bacteriológico.

3.1.3.2.1. Clasificación del agua para  
riego.- Existen varios crite-  
rios para la clasificación de  
las aguas, uno de los más usa-

..///

///dos es el establecido por el Laboratorio Regional de Salinidad de Riverside (California - U.S.A.) y modificado por Thorne & Peterson. Establece diversas categorías (tabla 3) de calidad basándose en:

- a) Salinidad total de acuerdo a la medida de la conductividad eléctrica a 25°C y expresada en micromhos/Cm., y
- b) Concentración relativa de sodio referida a la de calcio y magnesio.

$$\sqrt{\frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} = \text{R.A.S.}$$

en donde la concentración de sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) están expresadas en miliequivalente/litro.

Dicha relación es conocida como relación Adsorción Sodio (R.A.S.) La peligrosidad sódica del agua para un mismo R.A.S. aumenta a medida que aumenta la C.E. Esto permite clasificar las aguas según

su conductividad eléctrica (C.E.) en cinco categorías (de  $C_1$  a  $C_5$ ) y según su peligrosidad sódica en 4 categorías (de  $S_1$  a  $S_4$ ) Criterios de uso de la clasificación de Riverside modificada por Thorne y Peterson.

- Peligrosidad Salina:

Categoría C.1. (hasta 250 micromhos)

Puede usarse para el riego de todos los suelos sin que se presente peligro de salinización de los suelos aún en condiciones de alta eficiencia de aplicación del agua a los cultivos. Generalmente no es necesario determinar R.A.S. ni hacer un análisis completo de Aniones y Cationes.

Categoría C<sub>2</sub> (De 250 a 750 micromhos)

Puede usarse para el riego de todos los cultivos, salvo los extremadamente sensibles a la salinidad. Con suelos de baja permeabilidad deben efectuarse ocasionalmente, algún lavado.

Categoría C<sub>3</sub> (De 750 a 2.250 micromhos): Debe ser usada solamente en

suelos de permeabilidad moderada a buena. Es necesario aplicar regularmente riegos de lavado para evitar acumulaciones salinas peligrosas.

No apta para cultivos sensibles a la salinidad (tabla 4)

Categoría C<sub>4</sub> (De 2.250 a 4.000 micromhos): Solo pueden usarse en suelos de buena permeabilidad, donde pueda lavarse regularmente y para cultivos de buena tolerancia a la salinidad (Tabla 4)

Categoría C<sub>5</sub> (de 4.000 a 6.000 micromhos): Agua generalmente inapropiada para riego. Solo en condiciones de suelos muy permeables y cultivos altamente tolerantes (Tabla 4)

Categoría C<sub>6</sub> (más de 6.000 micromhos): Agua apta para riego.

En condiciones favorables de suelo, ciertos cultivos pueden regarse con aguas de mayor concentración salina, según se indica en tabla 5, además ultimamente se ha venido experimentando el riego

por goteo con aguas altamente salinas, dando resultados, hasta ahora, satisfactorios, por lo cual podría ser una solución en el futuro.

- Peligrosidad Sódica

Categoría S.1 (desde R.A.S 10 a 2 para categ.  $C_1$  a  $C_5$  respectivamente) Puede usarse en casi todos los suelos sin peligro. Algunas plantas muy sensibles al sodio pueden con el tiempo presentar alteraciones.

Categoría S.2 (Desde R.A.S.) 18 a 6 para categoría  $C_1$  a  $C_5$  respectivamente); En suelos de textura fina y baja permeabilidad existe peligro de sodificación. La presencia de yeso atenúa su peligrosidad.

Categoría S.3 (desde R.A.S. 10 para categoría  $C_1$  a  $C_5$  respectivamente.)

Puede provocar niveles dañinos de sodio en casi todos los suelos. Requieren manejo especial (buen drenaje, alta lixiviación y agregados de materia orgánica). La presencia de yeso atenúa su peligrosidad.

Categoría S.4. (desde R.A.S. superior a 26 a 10 según categoría):

Aguas inadecuadas para riego salvo en categorías C1 y C2 en donde el agregado de yeso puede modificar las condiciones.

Estas categorías de peligrosidad sódica modifican entonces las categorías de peligrosidad salina originando 20 categorías distintas de agua.

Es indispensable antes de comenzar con la ejecución de un proyecto conocer las características del agua que va a ser usada para riego a fin de prevenir posibles alteraciones futuras y el fracaso de los cultivos.

Otro factor a tener en cuenta es la presencia de Boro en las aguas para riego, ya que su presencia aún en bajas concentraciones, pueden originar intoxicaciones en los cultivos, en mayor o menor grado según su tolerancia (tabla 6)

3.1.3.3. Cantidad de agua disponible

Para lograr la optimización del riego en un predio es imprescindible conocer la cantidad o caudal de agua de que se dispone, ya que en base a ello se determinará la superficie factible de ser regada en dicho predio y los módulos que se disponen y se podrá de esa forma proponer un plan de riego adecuado. Es importante además conocer el tiempo durante el cual se dispone ese caudal.

Módulo: este concepto se aplica al caudal que es capaz de manejar un hombre y se determina en función de la pendiente de riego. a medida que aumenta ésta disminuye el caudal manejable, también debe considerarse la textura del terreno a regar que influye en los casos de pendientes altas y disminuye el caudal manejable en la medida que aumenta la granulometría del suelo.

En forma estimada se pueden considerar los módulos siguientes:

| <u>Pendientes de riego</u> | <u>Módulo en l/s</u>  |
|----------------------------|-----------------------|
| Mayor del 3%               | de 10 l/s a menos     |
| de 2% a 3%                 | entre 20 l/s y 10 l/s |
| de 0.8% a 2%               | entre 30 l/s y 20 l/s |
| de 0.2% a 0.8%             | entre 50 l/s y 30 l/s |
| menor de 0.2%              | de 50 l/s a más.      |

#### 3.1.4. Ensayos de Riego:

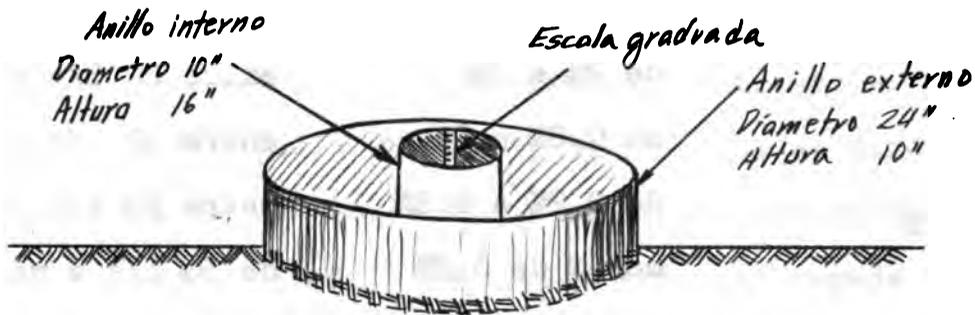
Con pñterioridad al emparejamiento del suelo realizado para el levantamiento topográfico y una vez realizada la zonificación de suelos es necesario ejecutar los ensayos ó pruebas de riego tales como infiltración, pa ra determinación de los parámetros de riego, Riego por Surco, que comprende infiltración en surco y determi nación del caudal máximo no erosivo, y Riego por mel gas, que comprende también infiltración en melga y de terminación de curvas de avance y receso para caudal máximo no erosivo.

En todos los casos se deben repetir estos ensayos en tantos lugares del predio como zonas de diferentes texturas se hayan detectado.

A continuación se da una reseña del procedimiento a seguir en los ensayos.

3.1.4.1. Uno de los métodos para determinar infiltra ción más usados es el del infiltrómetro do- ble anillo.

FIGURA No. 5



Las determinaciones con el método del doble anillo deben hacerse sobre terreno seco preferiblemente arado y asentado con un riego dado con suficiente anticipación al ensayo de modo que no influya sobre el mismo la humedad presente, En suelos pasados no es conveniente regar.

Para realizar el ensayo se deben tener presente las siguientes recomendaciones:

- a) Siendo la determinación con infiltrómetro una determinación "puntual" se debe colocar una red de 3 a 5 infiltrómetros uniformemente distribuidos en una pequeña área de cada zona identificada en el reconocimiento de suelos, obtener un dato promedio de dichas determinaciones y trabajar con él.
- b) Los anillos se deben instalar en forma concéntrica sobre suelo emparejado nivelando los bordes superiores de los anillos después de haberlos hincado a golpes parejos aproximadamente unas 2 pulgadas en el suelo. Se

debe usar la misma agua que se empleará en los riegos, llenando primero el anillo externo y luego el interno.

Para llenar el cilindro interno se calcula el volumen necesario para alcanzar la altura de agua que se piensa usar, ésto es indispensable en los casos de suelos sueltos ya que apenas entra el agua en contacto con el suelo comienza el proceso de infiltración es decir que durante el tiempo que se tarde en llenar el cilindro ya se ha infiltrado una cantidad considerable de agua, lo que da un error por defecto.

Ejemplo: El diámetro del cilindro a usar es de 25 cm. y se va a usar una altura de agua de 15 cm. (150 mm = 1500 m<sup>3</sup>/Ha.)

El área del cilindro será:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 490 \text{ Cm}^2 \text{ y el volumen a agregar el cilindro.}$$

$$V = 490 \times 15 = 7.350 \text{ Cm}^3 = 7,35 \text{ ls.}$$

Agregada el agua al cilindro se comienza a controlar el tiempo y se hacen lecturas de la escala a tiempos prefijados según tipo de suelo. Se enrasa nuevamente cuando se ha infiltrado más o menos un 30% del agua colocado en el cilindro.

La altura de agua del cilindro externo debe manterse sensiblemente igual que la del cilindro interno.

Las anotaciones se realizan en una planilla como la indicada en la planilla 1 (Anexo 2) la que se ha llenado con un ejemplo para su mejor comprensión.

Una vez realizado el ó los ensayos, se está en condiciones de construir la curva (recta en papel logarítmico) y obtener los parámetros de la ecuación de KOSTIAKOV

$$d = K.t^m \text{ en donde}$$

d: es lámina acumulada

t: es el tiempo

k: ordenada al origen, valor constante característico de cada suelo que depende de la estructura inicial (en seco) del suelo.

m: pendiente de la recta valor constante del suelo que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua.

Al obtener los parámetros de la ecuación de Kostiakov ó ecuación de lámina acumulada se pueden obtener los valores de infiltración instantánea.

$$I = K. m. 60. t^{m-1} \text{ en donde}$$

I: Infiltración instantánea

k y m: parámetros de Kostiakov

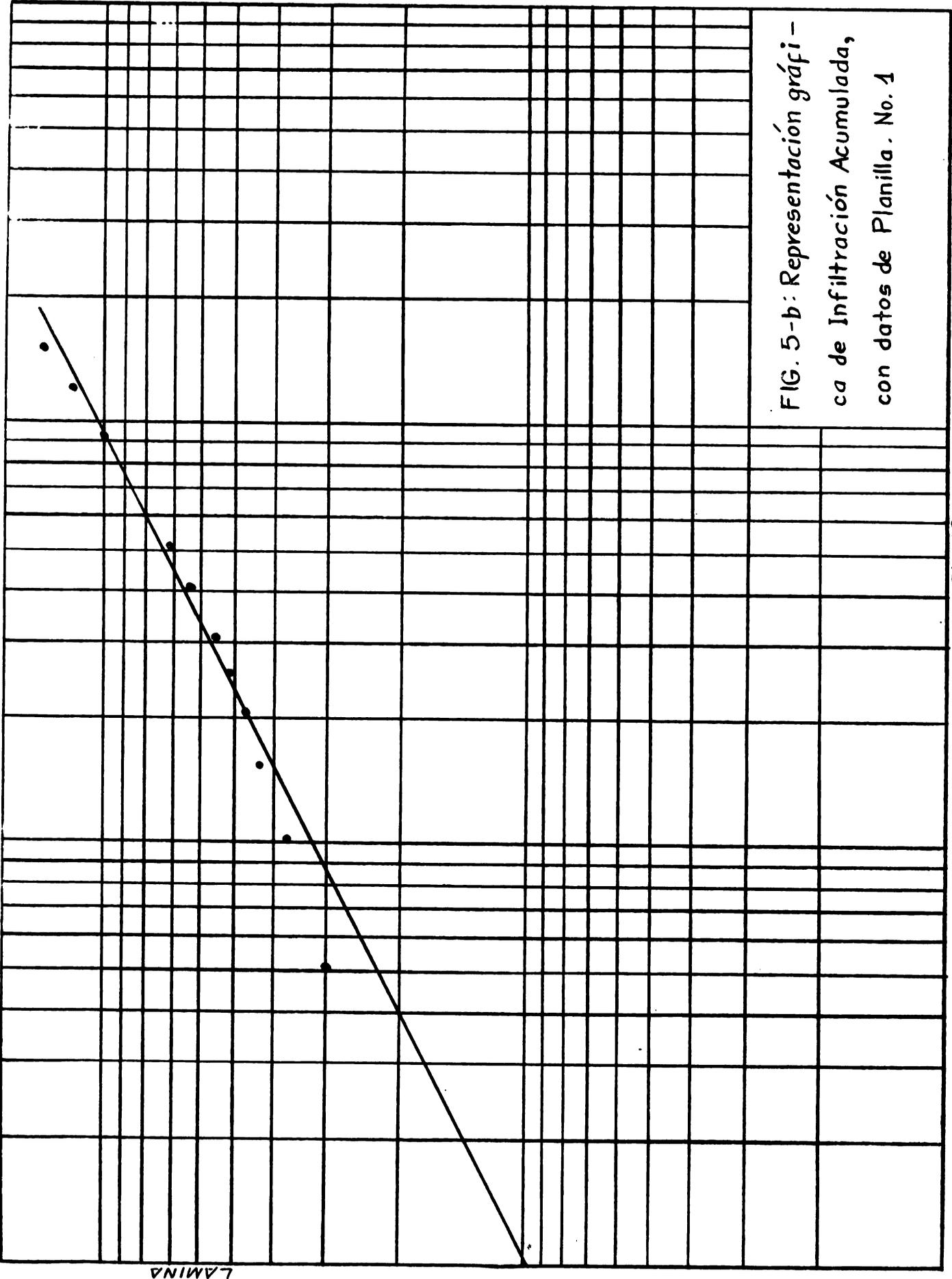


FIG. 5-b: Representación gráfica de Infiltración Acumulada, con datos de Planilla. No. 1



60: factor para expresar mm/hora

t: tiempo en minutos

de infiltración promedio

$$I_p = \frac{K \cdot t^m}{t} = K \cdot t^{m-1} = \frac{d}{t}$$

y de infiltración básica.

$$I_b = k \frac{(-n \cdot k)}{0.1} \frac{-n}{n + 1} \quad \text{en donde}$$

$I_b$  = infiltración básica

$k$  =  $K \cdot m \cdot 60$

-  $n$  =  $(m-1)$  por ser  $m < 1$  el resultado es negati  
vo.

La infiltración básica está en estrecha relación con la textura del suelo, disminuyendo a medida del suelo es más pesado, según indica la Tabla 7. Los distintos valores obtenidos por cálculo sirven en riego para lo siguiente:

d: permite "pronosticar" la lámina que se infil

I: permite determinar gráficamente la  $I_b$  de un suelo.

$I_p$ : Es el dato más usado en riego con pendiente pues permite calcular el caudal de infiltración.

$$Q_i = I_p \cdot A$$

Ib: Valor que permite caracterizar en forma aproximada la textura del suelo. Muy usado en riego por aspersión.

Determinación de la infiltración en Surco: La Metodología anteriormente desarrollada es indicada para determinar infiltración cuando se proyecta riego sin pendiente o riego por melgas pero no es aconsejable cuando se proyecta riego por surcos porque la infiltración en los surcos es tanto vertical como lateral y el infiltrómetro doble anillo da solo valores de infiltración vertical. En este caso conviene utilizar al mismo surco como infiltrómetro y trabajar con caudales, determinando el caudal infiltrado en función del caudal entrado y el salido.

$$Q_i = Q_e - Q_s$$

Hecho esto se calcula la lámina parcial infiltrada de la siguiente forma

$$d = \frac{Q_i \times t}{A} \times 600 \text{ en donde}$$

d: lámina parcial acumulada, en mm.

$Q_i$ : Caudal infiltrado expresado en l/s

t : tiempos parciales, expresados en seg.

A : Area del surco en M<sup>2</sup>

600: Factor para convertir d a mm.

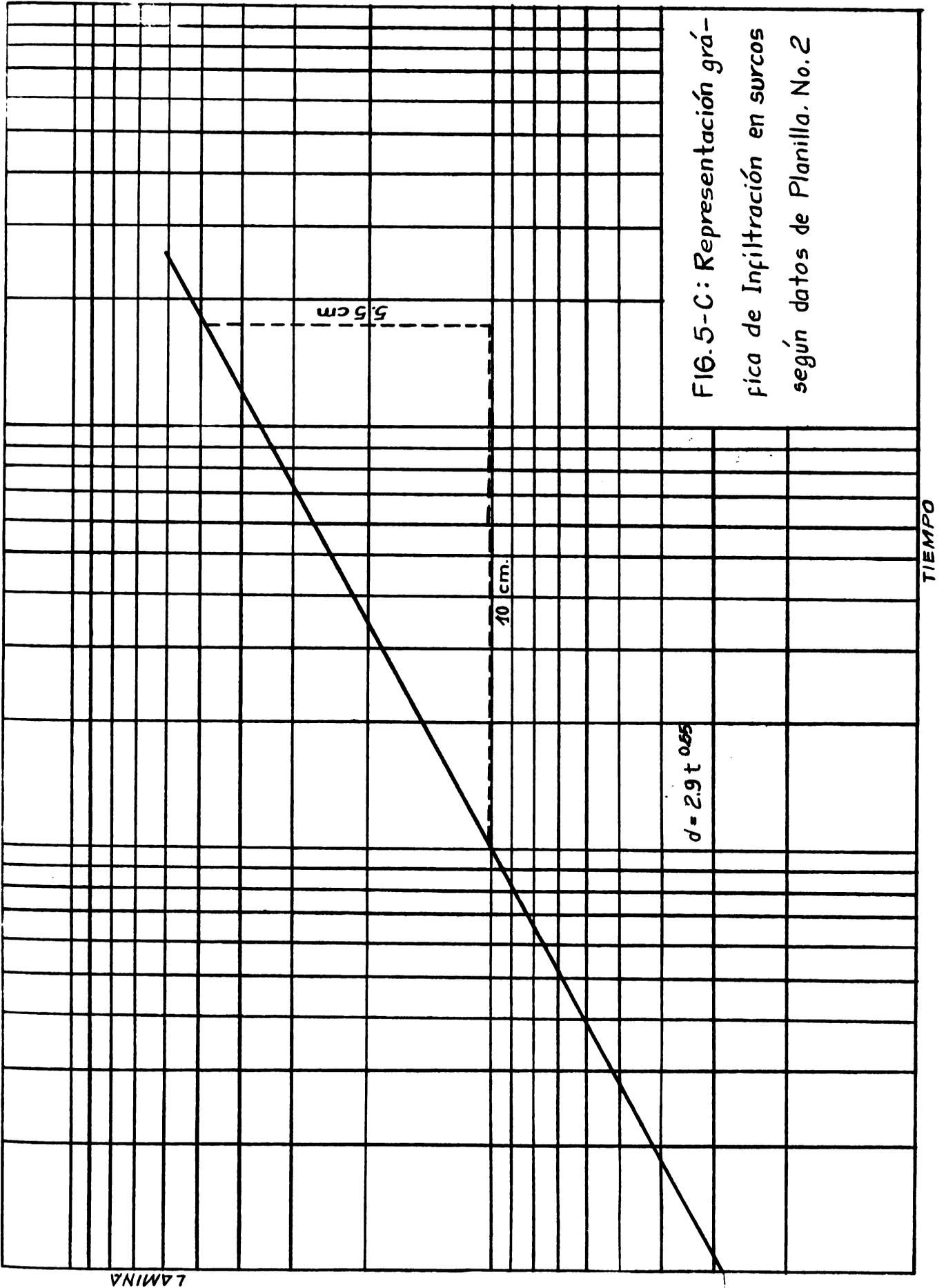


FIG. 5-C: Representación gráfica de Infiltración en surcos según datos de Planilla. No. 2

LAMINA

TIEMPO



La planilla a usar en el ensayo es la propuesta en planilla 2, la que se da con un ejemplo para su mejor comprensión.

De la misma manera que para el método de doble anillo se calculan los parámetros, gráfica o analíticamente y demás valores de infiltración.

3.1.4.2. Ensayo de riego por surcos.- Si bien estos ensayos no son realizables cuando se trata de planificar el riego a nivel de distrito, ya que se usan datos promedios aproximativos como se verá más adelante, en el caso de planificación de riego en un predio es aconsejable la realización de los mismos a fin de proyectar con mayor exactitud las dimensiones de los surcos (longitud, espaciamiento, caudales, etc.) Para mejor comprensión del procedimiento a seguir en el ensayo de riego por surco, se dará un ejemplo:

Se desea dimensionar los surcos para irrigar una parcela de suelo, de textura franco-arcilloso y con pendiente de 1%, con dos caudales y los parámetros calculados por el ensayo de infiltración son  $K = 2.9$  y  $m = 0.55$

- a) Se elige una superficie de la parcela con pendiente uniforme y de la máxima longitud posible (200 a 400 m.) en donde se trazan 3 ó 5 surcos.
- b) Se calcula el caudal máximo no erosivo ó caudal de escurrimiento según la ecuación de "Criddle" (Aproximativa) (tabla 8)

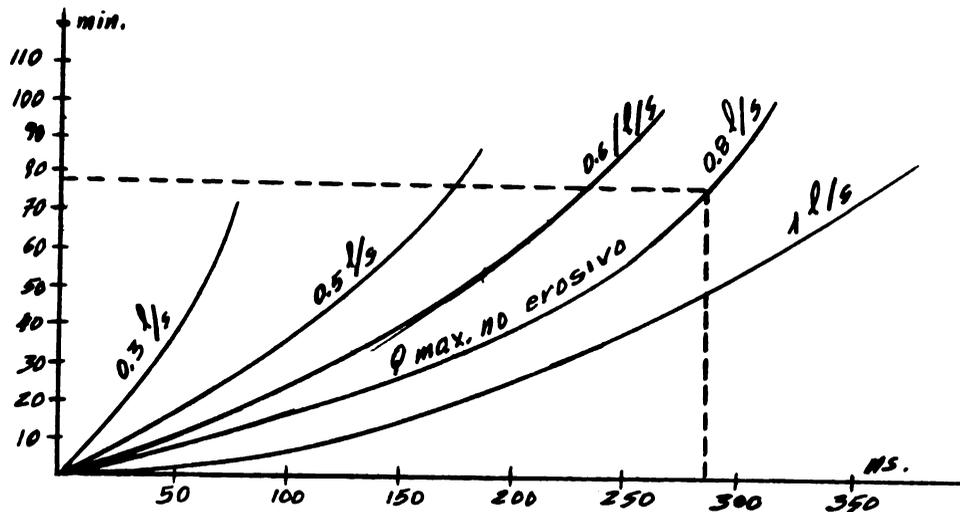
$$Q_{\max} = \frac{0.63}{S} = \frac{0.63}{1} = 0.63 \text{ l/s}$$

- c) Se determinan uno o dos caudales menores y uno o dos caudales mayores que el calculado, en el caso planteado pueden ser 0.3 l/s 0.5 l/s, 0.8 l/s y 1 l/s, los caudales se medirán en la cabecera del surco por cualquier método práctico (ver manual de aforos)

En los surcos trazados se colocan estacas cada 10 m. para medir el tiempo de avance de cada caudal.

- d) Se anota en la planilla (Planilla 3) el tiempo que tarda ~~cada~~ caudal en recorrer la longitud entre estacas y se mide el perímetro mojado en cada surco (en el ejemplo 0.60 m.)
- e) Una vez realizado el ensayo se grafican los datos en papel milimetrado colocando los tiempos en coordenadas y las longitudes en abcisas (Fig. 6) los datos que servirán para los cálculos posteriores son los del surco que ha soportado mayor caudal y no presenta signos de erosión (en el ejemplo 0.8 l/s.)

FIGURA No. 6



f) Se calcula la lámina de reposición a utilizar para ese suelo y el cultivo que se va a implantar, mediante el uso de la siguiente fórmula.

$$dr = \frac{Wc - Wm}{100} \cdot Pea \cdot D \cdot U \text{ en donde}$$

dr = lámina de reposición en m.

Wc = capacidad de campo del suelo elegido en %

Wm = Punto de marchitamiento de ese suelo en %

Pea = Peso específico aparente del suelo

D = Profundidad de las raíces del cultivo elegido, en m.

U = Umbral de riego elegido (generalmente 60%) es decir se volverá a regar cuan-

//do se haya consumido el 60% de la humedad disponible en el perfil.

Los valores de  $W_c$ ,  $W_m$  y  $Pe_a$  se obtienen de la tabla 7, Para el ejemplo y suponiendo un valor de  $D = 0.60$

$$dr = \frac{27 - 13}{100} \times 1.35 \times 0.60 \times 0.60 =$$

$$= 0.14 \times 1.35 \times 0.36 = 0.068 \text{ m.}$$

$$dr = 68 \text{ mm.}$$

- g) Se calcula el tiempo de infiltración para esa lámina. Del ensayo de infiltración  $d = 2.9 \times t^{0.55}$  despejando  $t$

$$t = \frac{(d)}{2.9}^{1/0.55} = \left(\frac{68}{2.9}\right)^{\frac{1}{0.55}} =$$

$$= (23.45)^{1.818} = 310$$

$$t_i = 310 \text{ min.} = 5 \text{ hs. } 10'$$

- h) Tiempo de escurrimiento, para conseguir una eficiencia de aplicación cercana al 90% se debe fijar un tiempo de escurrimiento igual a 1/4 del tiempo de infiltración por lo tanto

$$tes. = \frac{t_i}{4} = \frac{310}{4} = 77$$

El tiempo total de riego es la suma del tiempo de escurrimiento y el de infiltración.

$$T_{tr} = 77 + 310 = 387$$

- i) Infiltración promedio, se calcula para el tiempo de infiltración (310 min)

$$I_p = \frac{d}{t} = \frac{68}{310} = 0.219 \text{ mm/min}$$

Para expresarla en l/s. M2, dividimos ese valor por 60.

$$I_p \text{ l/sM}^2 = \frac{0.219}{60} = 0.00365 \text{ l/s M}^2$$

- j) Entrando en la Fig. 6 por ordenadas con un tiempo de escurrimiento  $t_e = 77$  min. hasta cortar su curva de avance elegida (0.8 l/s), desde ese punto se baja y se obtiene la longitud de surco apropiada

$$L = 280 \text{ m}$$

- k) Cálculo del caudal de infiltración

$$Q_i = I_p \times A$$

$$A = \text{área del surco } L \times p = 280 \times 0.60 \\ = 168 \text{ m}^2.$$

Recapitulando, en la parcela del ejemplo se van a trazar surcos de 280 m. de largo y se regará durante 77 minutos con un caudal de 0.8 l/s, luego se reduce el caudal a 0.6 l/s y se mantiene éste durante 310 minutos.

De esta manera se obtiene una eficiencia de aplicación cercana al 90%, valor óptimo para un sistema de riego por superficie.

3.1.4.3. Ensayo de riego por melga.- Al igual que para surcos, para diseñar el método de riego por melgas es necesario conocer el comportamiento del agua y de distintos caudales en dichas melgas para luego darle las dimensiones más aconsejables.

Siguiendo con el mismo criterio que para surcos se desarrollará un ejemplo para mejor comprensión.

El ensayo se realiza sobre un terreno franco con pendiente de 0.5%. Los parámetros de infiltración de ese suelo son  $K = 3.5$  y  $m = 0.60$

a) Se calcula el caudal máximo no erosivo según la fórmula empírica de Criddle para melgas (tabla 9)

$$Q_{\max} = 5.57 \cdot s^{-0.75}$$

$$Q_{\max} = 5.57 \times (0.5)^{-0.75} = 9.37 \text{ l/s.m}$$

El caudal está dado en litros/segundo por cada m. de ancho de melga, por lo tanto se debe multiplicar este caudal por los metros de ancho de las melgas de ensayo (se suponen 6 m.)

$$Q_{\max} = 9.37 \times 6 = 56 \text{ l/s por melga}$$

- b) Se elige por lo menos un caudal mayor y uno menor que el máximo no erosivo y se realiza el ensayo a campo. Previo a esto es necesario colocar estacas cada 10 m. para controlar el avance, las melgas deben ser lo más largas posibles (200 a 400 m)
- c) Se anotan (Planilla 4) los tiempos de avance de la lámina para cada caudal y una vez cortada el agua, se anotan los tiempos de receso que es el tiempo que tarda en desaparecer el brillo que deja la lámina de agua sobre la superficie de la melga.
- d) Con estos datos se construyen las curvas de avance y receso para cada melga (Fig. 7)
- e) Se calcula la lámina de reposición con los datos de tabla 7, para una profundidad de raíces de 0.90 m. y umbral de 60%

$$dr = \frac{22 - 10}{100} \times 1.40 \times 0.90 \times 0.60 = 0.091 \text{ m.}$$

$$dr = 91 \text{ mm.}$$

- f) Se calcula el tiempo de infiltración

$$d = 3.5 t^{0.6} \quad \text{luego}$$

$$t_i = \left( \frac{91}{3.05} \right)^{1/0.6} = (26)^{1.666} = 228 \text{ minutos}$$

$$tes_c = \frac{t_i}{4} = 57 \text{ min.}$$

$$T_{t.r.} = tes_c + t_i = 4 \text{ hs. } 45 \text{ min } = 285 \text{ min.}$$

- g) Infiltración promedio

$$I_p = \frac{91}{228} = 0.399 \text{ mm/min}$$

$$I_p \text{ l/s} \cdot M^2 = \frac{0.399}{60} = 0.007 \text{ l/s.M}^2$$

- h) Cálculo de la longitud óptima de la melga, se elige el caudal máximo que no haya provocado erosión (56 l/s) y se trabaja con las curvas correspondientes (Fig. 7)

Se entra por ordenadas para un tiempo de escurrimiento de 57 min. se prolonga entre valor hasta cortar la curva de avance, se baja hasta la abcisa y se determina así la longitud de las melgas.

$$L = 200 \text{ ms.}$$

- i) Cálculo del tiempo total de riego.

El tiempo total de riego en melgas no es igual a la suma del tiempo de escurrimiento y del tiempo de infiltración ya que se considera que durante el receso de la lámina el agua sigue infiltrándose por lo que hay que reducir dicho tiempo.

El procedimiento gráfico es el siguiente, en el punto en donde el tiempo de escurrimiento cortó a la curva de avance, se suma el tiempo de infiltración (paralelo al eje de ordenadas), obteniéndose un nuevo punto desde el cual se traza una paralela a la curva de receso, hasta cortar el eje de ordenadas, ese es el valor del tiempo total de riego.

$$T_{t_r} = 235 \text{ min.}$$

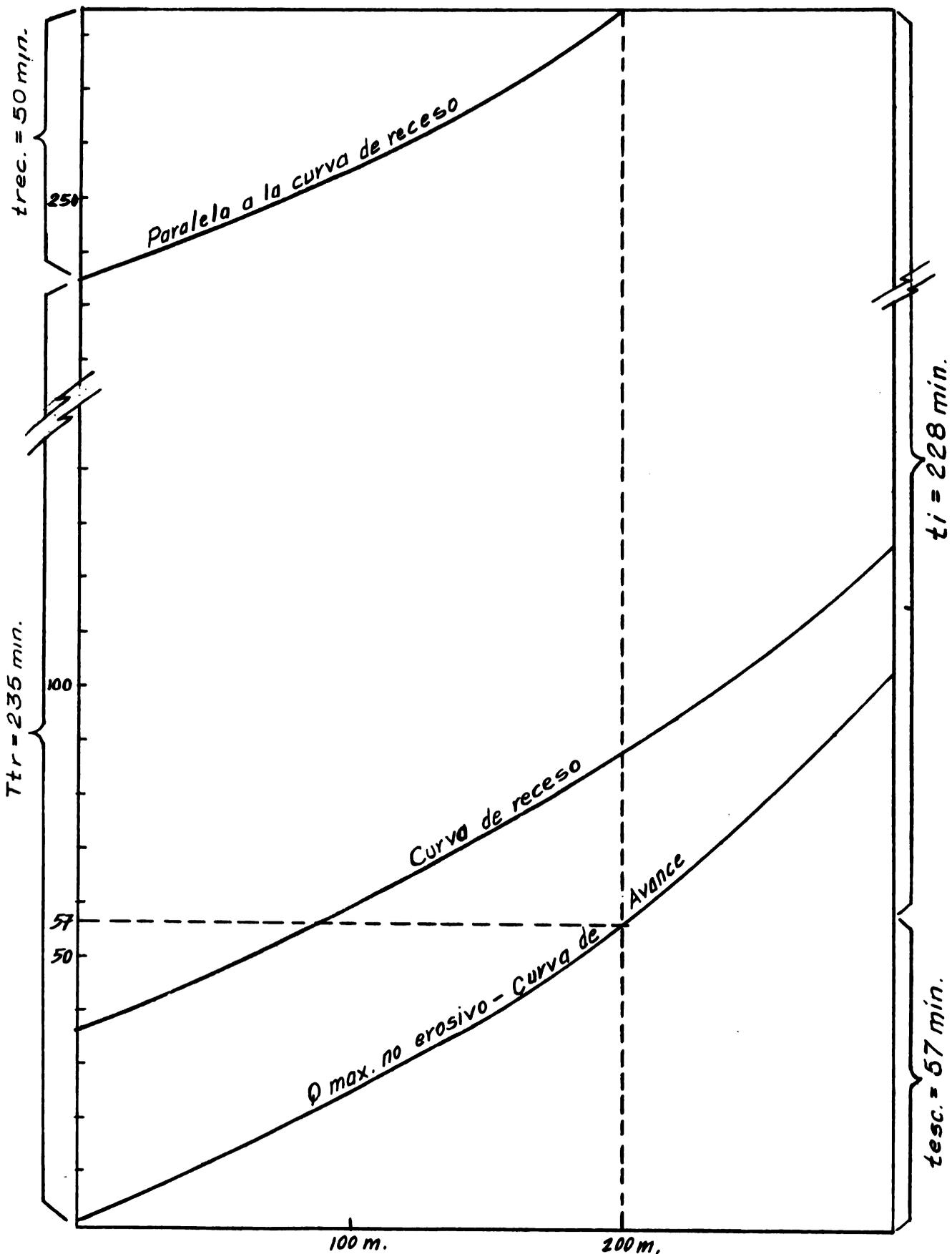


FIG. 7: Curva de Avance en melga para  $Q = 56 \text{ l/s.}$



j) Cálculo del caudal de infiltración.

$$Q_i = I_p \times A$$

$$Q_i = 0.007 \times 200 \times 1 = 1.4 \text{ l/s m. de ancho}$$

$$= 0.007 \times 1200 \text{ M2} = 8.4 \text{ l/s para 6 m.}$$

Recapitulando, las melgas tendrán una longitud de 200 ms. y se van a regar con un caudal de 9.4 l/s por metro de ancho de melga, este caudal se reducirá luego a 1.43 l/s m. y mantendrá hasta completar el  $T_{t.r}$

La eficiencia de aplicación obtenida de este modo es algo superior al 90%

### 3.1.5. Cultivos.

Es de fundamental importancia conocer, previo a la sistematización de un predio, los cultivos que se van a implantar en el mismo, debido a que pueden modificar totalmente los criterios seguidos en dicha sistematización. Por ejemplo, si se va a planificar el riego en un predio en el que se van a implantar hortalizas (tomate, cucurbitáceas) no existe otra alternativa que el riego por surco, lo que limita las posibilidades de variación de los métodos de riego. Otros cultivos (p. ej. frutales) admiten toda la variación de diseño; por que pueden ser regados por distintos métodos, basándose entonces para su diseño en las características de suelo y topografía.

También puede suceder el caso inverso, ó sea que por las características topográficas y de suelo se impone un determinado método de riego, ésto limita la gama de cultivos factibles de ser im-  
plantados en dicho predio, por ejemplo, si la pen-  
diente de un predio supera el 7%, no es apta pa-  
ra riego a cero ó para riego por melgas en forma económica y en cultivo como el arroz, obligaría a realizar movimientos de tierra antieconómicos y con el consiguiente perjuicio para el suelo. Además de la importancia que tiene conocer el cul-  
tivo para el diseño de los métodos de riego a em-  
plear importa conocerlo para determinar las nece-  
sidades de agua del mismo, la frecuencia con que se debe regar, etc. Por supuesto, la determina-  
ción de estos datos no depende solamente del cul-  
tivo, sino de la interacción de éste con otros factores (climáticos, de suelo, etc.)

En general, y de acuerdo a su adaptación a los métodos de riego, se puede decir que, se adaptan a Riego a cero, aquellos cultivos cerrados ó tupidos tales como cereales y forrajeras, los de vegetación erecta (algodón maíz) y los de vegeta-  
ción arbustiva.

Se adaptan a riego por melgas en pendiente los cultivos de pradera, los cereales (arroz, trigo, centeno, etc.), las forrajeras (alfalfa), los

cultivos de vegetación erecta (maíz, algodón) y los frutales.

Se adaptan a riego por surco los cultivos de raíces superficiales (hortalizas), los frutales y los cultivos de vegetación erecta (maíz, algodón). De ésto se desprende que hay cultivos que se adaptan a cualquier método de riego y otros que requieren un método específico.

De todos modos, éstas no son reglas fijas ya que determinadas condiciones de suelo y cultivo pueden modificar estos criterios (por ejem.) en la alfalfa con suelos finos y de baja permeabilidad no es aconsejable regarlo a cero, ya que una prolongada sumersión en agua, la perjudica; el arroz no es aconsejable cultivarlo en terrenos de textura gruesa y permeables, etc.)

### 3.2. Etapa de Cálculo y Diseño:

Con los datos extraídos en la etapa de reconocimiento agroecológico se está en condiciones de proceder a la elaboración de dichos datos y al diseño de los métodos de riego. La elección de los métodos de riego más apropiadas y el diseño de los sectores de servicio y otros es aconsejable realizarlo sobre los planos topográficos a los efectos de tener una visualización de toda la propiedad simultáneamente; los diseños hechos sobre el terreno ("a ojo") siem-

///pre conducen a errores y a la larga éstos errores se traducen en bajas eficiencias y altos costos.

Por estas razones, la primera tarea a realizar en la etapa de cálculo y diseño es la confección de planos.

### 3.2.1. Confección de planos:

Los planos a confeccionar, necesarios para la etapa de diseño y que van a servir además para integrar la carpeta de proyecto son los siguientes:

- a) Plano de perímetro de la propiedad (Plano 1) con croquis, de ubicación.
- b) Plano de curvas de nivel (por taquimetría) (Plano 2)
- c) Plano de cuadrícula del relevam. altimétrico (Plano 3)
- d) Plano utilitario de suelos (Plano 4)
- e) Plano de perfiles con ubicación de calicatas y pozos barreno (Plano 5)
- f) Plano de infiltración (Plano 6)

Estos planos se deben dibujar en escalas apropiadas al tamaño de la propiedad y todos a la misma escala a fin de que sean comparables y se puedan superponer.

El cuadro siguiente da una idea de las escalas a usar en función de la superficie del predio.

Escalas tentativas para planos s/tamaño del predio.

| <u>Superficie del Predio</u> | <u>Escala a usar</u> |
|------------------------------|----------------------|
| más de 300 Has.              | de 1:5000 a menos    |
| de 150 a 300 Has.            | de 1:2000 a 1:5000   |
| de 50 a 150 Has.             | de 1:1000 a 1:2000   |
| de 25 a 50 Has.              | de 1:1500 a 1:1000   |
| de 10 a 25 Has.              | de 1: 250 a 1:500    |
| menos de 10 Has.             | de 1:250 a más       |

Estas escalas son tentativas y pueden modificarse según criterio del técnico interviniente.

Una vez confeccionados los planos, se está en condiciones de comenzar con el anteproyecto de sistematización.

3.2.2. Elección de métodos de riego según textura y topografía. Para la elección de los métodos de riego más convenientes a las condiciones existentes en el terreno se puede seguir la siguiente secuencia:

a) Determinación de las pendientes máximas.

Esto se realiza sobre el plano de la propiedad con curvas de nivel trazando la mayor cantidad de rectas perpendiculares a las curvas de nivel es decir en el sentido de la máxima pendiente (Plano 2 b) luego dividiendo el desnivel por la longitud del trazo recto, se obtiene el gradiante correspondiente a cada recta, ó a cada

zona de características topográficas similares. Es aconsejable que los trazos sean de una longitud en escala equivalente a 50 ó 100 m. a los efectos de facilitar los cálculos.

b) Determinación de sub-áreas.

Observando los gradientes calculados y agrupándolos por valores similares, teniendo en cuenta la dirección general de las curvas de nivel en relación con los límites del predio, se pueden determinar sub-áreas.

Estas sub-áreas que conviene dentro de lo posible darles formas geométricas definidas, deben ser objeto de un estudio posterior indicando las características de suelo e infiltración, es decir, el primer paso es ubicar sub-áreas dentro de las cuales los suelos tengan características topográficas similares, si estas sub-áreas tienen suelos de textura uniforme quedan definidas como sub-área, sino es necesario dividir las en tantas sub-áreas como tipo de texturas se encuentran.

Finalizadas estas determinaciones, el predio queda dividido en varias sub-áreas topográficas y texturalmente uniformes (Plano 2-C)

c) Ubicación de los métodos de riego.

En la determinación de gradientes (Plano 2-b) se supone que el sentido del riego va a ser paralelo

a las curvas de nivel y la pendiente máxima va a determinar los anchos ó el espaciamiento de las unidades, en la práctica, si se siguiera ese criterio, en todos los casos se regaría a "cero", lo que no es posible ni conveniente, en especial en zonas de alta pluviosidad en las que hay que tener en cuenta la rápida evacuación de las aguas pluviales; no obstante a los efectos del diseño y la ubicación tentativa de los métodos de riego se tienen en cuenta esa pendiente transversal máxima y luego se hacen los ajustes necesarios.

Con la ayuda de la tabla 10 que da los métodos de riego aconsejable según pendiente transversal, se elige el método de riego más conveniente para cada sub-área (Plano 2-C)

Es importante señalar que cualquier método aconsejado para una pendiente mayor puede ser usado en pendientes menores, por ejemplo el método de riego por surcos se puede usar en cualquier pendiente menor que las indicadas en Tabla 10, para ese método, ya que los anchos mínimos señalados en la misma, no son limitantes en cuanto a pendiente.

A continuación se da una explicación más deta-

//////llada sobre los métodos de riego mencionados en la Sección 3.3.

3.2.2.1. Riego en piletas (sin pendiente)

Consiste como se dijo anteriormente, en construir unidades de riego horizontales, tanto en el sentido longitudinal como transversal. La eficiencia de distribución del agua en este método está en función de dicha horizontalidad y del caudal a usar que debe ser el mayor posible.

El tamaño y forma de las unidades surge de una interacción entre topografía, textura y necesidades de mecanización.

Este método es aplicable en terrenos cuya pendiente máxima no supere el 7.5%o contra menor es la pendiente mayor es la economía en la preparación de las unidades. En pendientes mayores a la indicada, el movimiento de tierra a realizar, hace antieconómico a este método, con el consiguiente perjuicio para el suelo.

En este método, el sentido de riego debe

diseñarse paralelo a las curvas de nivel y la pendiente máxima (perpendicular a las curvas de nivel) es la que regula el ancho de las unidades. La tolerancia máxima admisible entre bordos laterales es de 0.03 m. por lo tanto el ancho se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Ancho (b)} = \frac{\text{Tolerancia}}{\text{Pend. unitaria}} = \frac{0.03}{S_0}$$

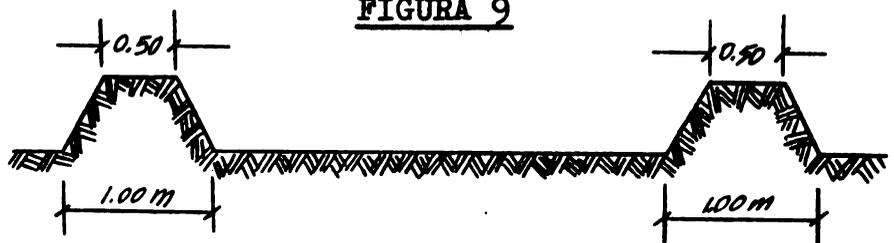
La tabla 10 de los anchos admisibles según pendiente, en función de la tolerancia.

FIGURA 8



Este ancho calculado debe ser ajustado luego, en función del ancho de los implementos agrícolas a utilizar y debe tenerse en cuenta también el ancho de los bordos que para este tipo de riego es aconsejable que tengan una base de 1 m. (Tabla 11)

FIGURA 9



La finalidad de este ajuste es obtener el máximo rendimiento de la maquinaria agrícola.

En los casos en que la pendiente del terreno no sea muy uniforme, es decir que las curvas de nivel presenten inflexiones notables, es conveniente, para evitar grandes movimientos de tierra, diseñar piletas ó melgas en curvas de nivel ó sea que los bordos de las piletas seguirán las inflexiones de las curvas de nivel. Si bien en estos casos el rendimiento de la maquinaria no es el óptimo, el costo de nivelación es casi nulo pues sólo es necesario retocar los niveles en sentido transversal con una motoniveladora ó con Land Planner, en 1.5 cm. de desmonte y 1.5 de relleno.

FIGURA No. 10



- Textura del Suelo.

Los suelos de textura pesada y baja infiltración son los que mejor se adaptan al riego por piletas, siempre y cuando el cultivo no sea muy sensible a la falta de aire en la zona radicular.

Las texturas medias y livianas también se adaptan, pero se debe tener la precaución de reducir las di

////mensionese de la unidad a los efectos de mantener una eficiencia de aplicación elevada. Esta reducción de dimensiones puede llegar a disminuir la eficiencia de uso de la maquinaria agrícola por lo que es aconsejable tener en cuenta, en los casos de texturas livianas, el tipo de maquinaria a usar. El riego a cero es indicado también en los casos de suelos salinos pues permite efectuar los lavados de suelos eficientemente.

- Longitud de las unidades de riego.

La longitud de las unidades está en estrecha relación con la textura del suelo.

Los suelos pesados, generalmente de baja velocidad de infiltración requieren largos tiempos de infiltración de la lámina calculada, esto permite mantener alta eficiencia de aplicación con tiempos largos de escurrimiento ( $t_e = \frac{L}{v}$ ) o sea que admiten longitudes grandes.

4

A medida que la textura del suelo va siendo más liviana se reduce el tiempo de infiltración y por ende la longitud de la unidad.

Las ventajas del método de riego a cero es que permite el uso de grandes caudales de escurrimiento sin peligro de erosión, lo que hace que el avance por carga de agua sea rápido a pesar de no existir pendiente en el sentido de riego.

Las posibilidades de erosión en la cabecera de la unidad por efecto de la entrada de grandes caudales, se elimina colocando disipadores de energía frente a las bocas de entrada de agua.

El uso de caudales elevados en el riego en pilétas está solo limitado por la estabilidad de los bordos, ya que por efectos de la carga de agua se pueden erosionar los mismos con el consiguiente perjuicio que ocasiona su rotura. Esto es particularmente importante en los casos de suelos livianos, ya que en los bordos, por efecto de la granulometría no se logra una eficiente compactación.

Por tales motivos es necesario calcular la altura de carga que produce el caudal en determinadas condiciones de textura (tabla 13)

La tabla 12 da las longitudes aconsejables según textura, para piletas.

#### Cálculo del tiempo de llenado de una pileta.

Se obtiene a partir de la siguiente igualdad.

$Q \cdot t = d \cdot A$  en donde

$Q$  = Caudal en  $m^3/S$

$t$  = tiempo de llenado en segundos

$d$  = lámina de riego a incorporar según cálculo, expresado en m.

$A$  = Area de la unidad de riego (en  $M^2$ )

De esta igualdad se despeja el tiempo

$$t = \frac{d \cdot A}{Q} = \frac{(m \times m^2)}{(m/s)} = \text{seg.}$$

Es necesario tener en cuenta además que, como el avance del caudal en el riego a cero está solo en función de la carga, la altura de la acequia regadora con respecto al piso de la pileta debe ser dominante, es decir la solera de la regadora debe estar elevada con respecto al piso de la unidad, ó a lo sumo a igual elevación, ésto permite que exista una dominancia natural del agua con respecto al piso. Entre más bajo es la solera de la regadora, mayor es el embalse que se debe formar para poder entrar en la pileta y por supuesto mayor debe ser la capacidad de la acequia y la resistencia de los bordos.

### 3.3.2.2. Riego por Melgas (con pendiente)

Si bien la construcción de las melgas es similar a la de las piletas, el riego por melgas se diferencia del anterior, en que las unidades de riego en su sentido longitudinal (sentido de riego) tienen pendiente uniforme ó creciente y que en general se trabaja con dos caudales, un caudal de escurrimento, que es el máximo no erosivo y un caudal de infiltración que es el mínimo caudal capaz de cubrir el área de la

unidad con una delgada lámina de agua, la forma de calcular ambos caudales se vió en la sección 3.1.4.3.

En el sentido transversal al riego es conveniente que se deje la melga perfectamente horizontal para lograr una distribución uniforme del agua.

Este método se adapta a terrenos de pendiente máxima entre 1.5% y 7.5% en pendientes menores al 1%, es desde todo punto de vista aconsejable el riego a cero y en pendientes mayores de 7.5%, el ancho en función de la tolerancia se reduce tanto que ya resulta antieconómico. En el sentido longitudinal, la pendiente óptima es del 3% (pendiente de riego) aunque son admisibles pendientes menores y mayores siempre que no superen el 15%. En el primer caso, o sea pendientes menores de 1.5% producen una elevación del tirante de agua sobre la melga y el comportamiento es similar al del riego a cero, con pérdida de eficiencia de distribución (en el riego por piletas la eficiencia se consigue con un rápido llenado de las mismas)

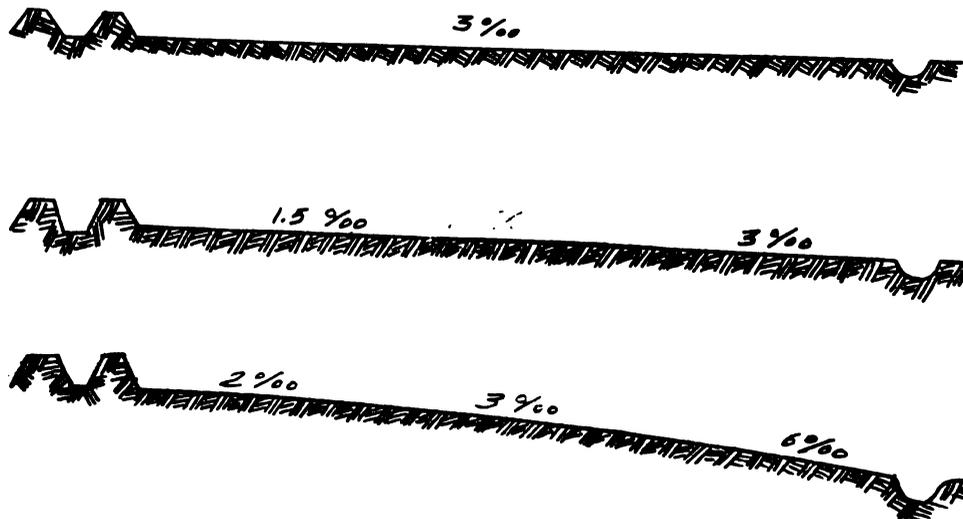
Con pendientes mayores, entre 7.5 y 15% solo pueden ser regados cultivos de máxima cobertura (pasturas permanentes) y que no necesiten roturación periódica del terreno, caso contrario el peligro de erosión es muy grande.

A diferencia del riego a cero, en este método de sentido de riego debe diseñarse cortando oblicua ó perpendicularmente a las curvas de nivel buscando la pendiente más cercana al óptimo del 3%

Una vez elegido el sentido de riego se calcula la pendiente transversal para diseñar el ancho de las unidades en función de la tolerancia entre bordos (tabla 10) el que después debe ajustarse en función del ancho de los implementos agrícolas a usar (tabla 11). En los casos en que la pendiente natural del terreno no sea uniforme se pueden trazar melgas en contorno cuyos bordos van cortando oblicua mente a las curvas de nivel pero conservando una pendiente uniforme, luego en el sentido transversal se retocan los niveles para que queden horizontal.

Cuando la topografía del terreno lo permita, la pendiente longitudinal puede ser creciente (Fig. 11)

FIGURA 11



Esto permite adaptarse a las pendientes naturales del terreno con el objeto de conseguir el máximo movimiento de suelo en la preparación del terreno.

- Textura del Suelo.

Las texturas del suelo en donde se diseña el método por melgas es de fundamental importancia para el dimensionamiento de las unidades.

Los suelos de textura fina admiten grandes longitudes con fuerte pendiente ya que el peligro de erosión con el caudal de escurrimiento es bajo, pero debido a la baja velocidad de infiltración, los caudales de infiltración (aproxim. 0.003 l/s M<sup>2</sup>) son muy reducidos, lo que hace difícil su manejo, en estos casos conviene disminuir el an-

///cho aconsejado en tabla 10, en especial para los anchos mayores pues los caudales tan pequeños tienden a formar pequeños surcos que no permiten cubrir el área de infiltración de la melga.

La solución en estos casos es aumentar el área de la unidad pero en función de la longitud solamente, ya que el caudal de escurrimiento puede ser alto y conseguirse fácilmente la cuarta parte del tiempo de infiltración.

Otra solución puede ser diseñar riego por melgas en niveles del terreno más elevados y al pie de la melga juntar los desagües producidos por caudales mayores al de infiltración y derivarlos hacia unidades de riego a cero, con ésto se consigue un máximo aprovechamiento del agua sin tener el problema de manejo de caudales muy pequeños.

Los suelos de textura liviana son fácilmente erosionables por lo que las melgas deben diseñarse con poca pendiente o con poco caudal, en ambos casos la eficiencia baja. En estos casos se deben reducir las dimensiones de las melgas (en especial la longitud) para mantener un nivel aceptable de eficiencia (tabla 14), En los casos de suelos muy permeables no es aconsejable el riego por melga, debiendo diseñarse riego por surco ó riego a cero si la pendiente lo

permite.

Lo mismo pasa con suelos de muy baja permeabilidad en los que son aconsejables riego por surco, riego a cero ó bien riego encadenado.

En síntesis, el riego por melga es recomendable para texturas medias en donde se adapta perfectamente en cuanto a dimensiones y caudales manejables.

En texturas extremas se recomienda un diseño muy cuidadoso y preferiblemente reemplazo por otro método.

En cuanto al cálculo del caudal de escurrimiento y el de infiltración, ya se explicó la forma de obtenerlos en la sección 3.1.4.3.

En todos los casos, las dimensiones y los caudales calculados para las melgas según tablas y fórmulas empíricas deben ajustarse con los correspondientes ensayos de riego.

Las recomendaciones dadas para el uso de caudales elevados en piletas, son válidas para melgas (Tabla 13).

### 3.2.2.3. Riego por surcos.

El riego por surcos puede ser sin pendiente (a cero) ó con pendiente.

#### 3.2.2.3.1. Riego por surcos a cero.

En el caso de riego por surcos a cero, el método consiste en

cubrir el perímetro mojado con una lámina determinada agregada de una sola vez. Como los surcos no cubren toda la superficie del terreno, se debe corregir la lámina calculada ó bien la frecuencia de aplicación de la lámina calculada con un factor de corrección ("C") que surge de la relación entre espaciamento (E) y perímetro (p) del surco.

$$C = \frac{E}{p}$$

Si se opta por aumentar la lámina (aconsejable para suelos pesados) se debe aumentar el calado del surco a fin de evitar roturas ó desbordamientos; si se aumenta la frecuencia (aconsejable para suelos livianos) el calado del surco no necesita ser aumentado. En ambos casos lo que se persigue es aplicar al suelo la misma cantidad de agua que se agregaría si se regase toda la superficie simultáneamente.

**Ejemplo:**

La lámina de reposición calculada para un suelo es de 85 mm. Se diseña un método de riego por surcos a cero con un

espaciamiento de 1.20 m. y un perímetro mojado de 0.80 m.

$$C = \frac{1.20}{0.80} = 1.5$$

Se debe incrementar la lámina una vez y media para compensar la superficie no cubierta. (lámina corregida)

$$dr_c = 8.5 \times 1.5 = 12.75 \text{ Cm.}$$

O bien, si la frecuencia era de dos (2) riegos por mes.

$$F_c = 2 \times 1.5 = 3 \text{ riegos}$$

Cálculo del volumen de agua agregado

a) Por cualquier método que cubra toda la superficie

$$d.A = \text{volumen}$$

$$0.085 \times 10.000 = 850 \text{ M}^3/\text{Ha.}$$

Con una frecuencia de 2 riegos por mes.

$$\text{Volumen mensual} = 850 \times 2 = \underline{1700 \text{ M}^3/}$$

Ha. mes

b) Por surcos corrigiendo lámina

$$\text{Area del surco} = 0.80 \times 100 = 80 \text{ M}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. por surco} &= 0.1275 \text{ m.} \times 80 = \\ &= 10.2 \text{ M}^3/\text{surco} \end{aligned}$$

En una hectárea y con el espacia-

///miento dado corresponden 83.3 ..  
surcos de 100 m. de longitud, por lo  
tanto el volumen agregado por Ha. se  
rá.

$$V = 10.2 \times 83.3 = 850 \text{ M}^3/\text{Ha.}$$

$$\text{Vol. mensual} = 850 \times 2 = \underline{1700 \text{ M}^3/\text{Ha.}}$$

mes.

$$\text{Vol. por surco} = 0.085 \times 80 = 6.8$$

M<sup>3</sup>/surco

$$\text{Vol. por Ha.} = 68 \times 83.3 = 566.67$$

M<sup>3</sup>/Ha.

$$\text{Vol. por mes} = 566.67 \times 3 = \underline{1700 \text{ M}^3}$$

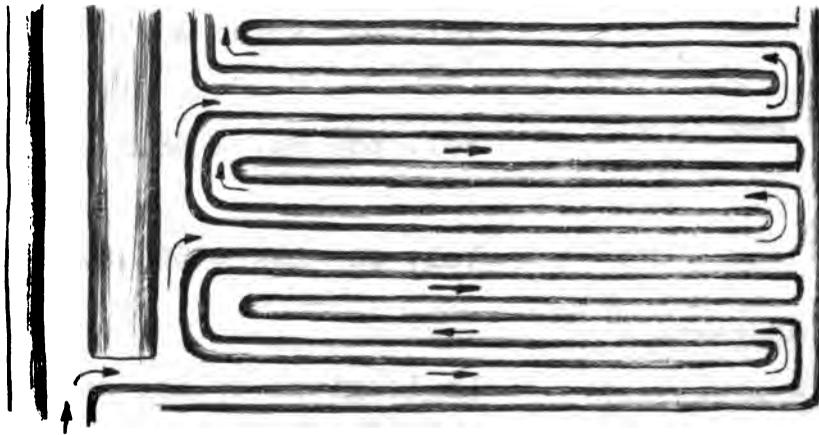
/Ha. mes

La longitud de los surcos a cero se determina en función de la textura y mediante un ensayo de avance similar al realizado para surcos en pendiente (3.1.4.2), la diferencia estriba en que en surcos a cero los caudales a usar son sensiblemente mayores (5 a 10 l/s por surco en texturas medianas).

En los casos de suelos de textura media a pesada en que por tamaño de la propiedad ó por otras razones no es posible construir los surcos con la longitud determinada en el ensayo, se

// puede recurrir a un artificio que permite conseguir dicha longitud y consiste en una variación de los surcos en zig-sag (Fig. 12) encadenando dos o más surcos laterales.

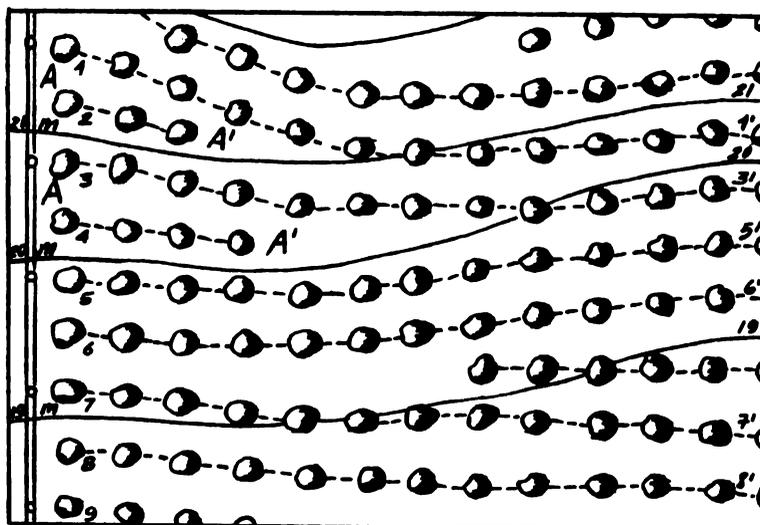
FIGURA 12



Otra variación es el riego por surcos en curvas de nivel, usado en el caso de que las ondulaciones del terreno ó la poca profundidad de suelos no permitan movimientos económicos de tierra. Consiste en abrir los surcos siguiendo las curvas de nivel del terreno previo un emparejamiento con land planner ó motoniveladora; este emparejamiento es indispensable a fin de eliminar las curvas muy cerradas que dificultan el trazado de los surcos y las posteriores labores culturales (Fig. 13) Este método es aconsejable para terrenos

con pendientes superiores al 5%

FIGURA 13



3.2.2.3.2. Riego por surcos en pendiente.

Este método, similar en algunos aspectos al de riego por melgas, se diferencia de éste en que en surcos no se inunda o se moja toda la superficie del terreno sino que quedan líneas del terreno sin cubrir, lo que no significa que queden sin humedad, sino que esa humedad se debe proveer por infiltración horizontal (lateral) y no por infiltración vertical como se produce con otros métodos. A raíz de esto, resulta de fundamental importancia el cálculo del espaciamiento entre surcos según textura.

El riego por surcos en pendiente se adapta

a terrenos con pendientes no mayores de 5% (tabla 10); en pendientes menores del 7.5% la elección del método de riego por surcos depende de la textura del terreno y del tipo de cultivo a implantar. En pendientes mayores del 5% se debe pensar en surcos en curvas de nivel ó surcos en contorno.

El riego por surcos es indicado para los suelos que tienen tendencia a formar "costras" duras (se producen generalmente en suelos pesados), en especial con cultivos cuyas plántulas son poco vigorosas (algodón, zanahoria). En aquellos casos en que se adapte otro método de riego es aconsejable no usar surcos por razones de economía ya que la mano de obra para riego por surco resulta onerosa por la gran cantidad de unidades de riego que hay que atender.

Dentro de la gama de pendientes establecida como óptima para surcos, cuando la pendiente es menor del 17% es conveniente el uso de surcos anchos (perímetro de 0.80 a 1.00 m), que son en realidad melgas muy angostas separadas por bordos anchos, siempre que las características del cultivo o las labores

culturales lo permitan. Esto se aconseja en razón de que la máxima separación aceptable en suelo de textura pesada para que en el espacio entre surcos (que no se moja) se consiga la humedad deseada es de 1.80 m.; en texturas más livianas esa separación es menor hasta hacerse mínima (0.60) en suelos arenosos.

En la tabla 10 se dan los anchos de las unidades que para el caso de surcos debe interpretarse como espaciamiento.

En la práctica estos espaciamientos no se pueden cumplir debido a que, como se ha visto en párrafos anteriores, la limitación está dada por la textura. De todos modos, el espaciamiento dado por la tabla 10 establece los espaciamientos máximos que no es conveniente sobrepasar pudiendo en consecuencia reducirse ese espaciamiento en función de la textura y el tipo de cultivos.

Según textura los espaciamientos medios convenientes son los siguientes:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Suelos arenosos         | 0.60 m. |
| Suelos francos (medios) | 1.20    |
| Suelos arcillosos       | 1.80 m. |

Estos datos son aplicables a surcos angostos (perímetro 0.30 a 0.60 m.) y deben ajustarse por ensayos de riego determinando la infiltración lateral y en profundidad.

- Longitud de los surcos.

Para determinar la longitud óptima de los surcos (tabla 15), se tienen en cuenta las características de textura pendiente y caudal máximo no erosivo, tratando siempre de conseguir una eficiencia cercana al 90%, para ello se debe cumplir que el tiempo de escurrimiento sea menor ó igual que la cuarta parte del tiempo de infiltración.

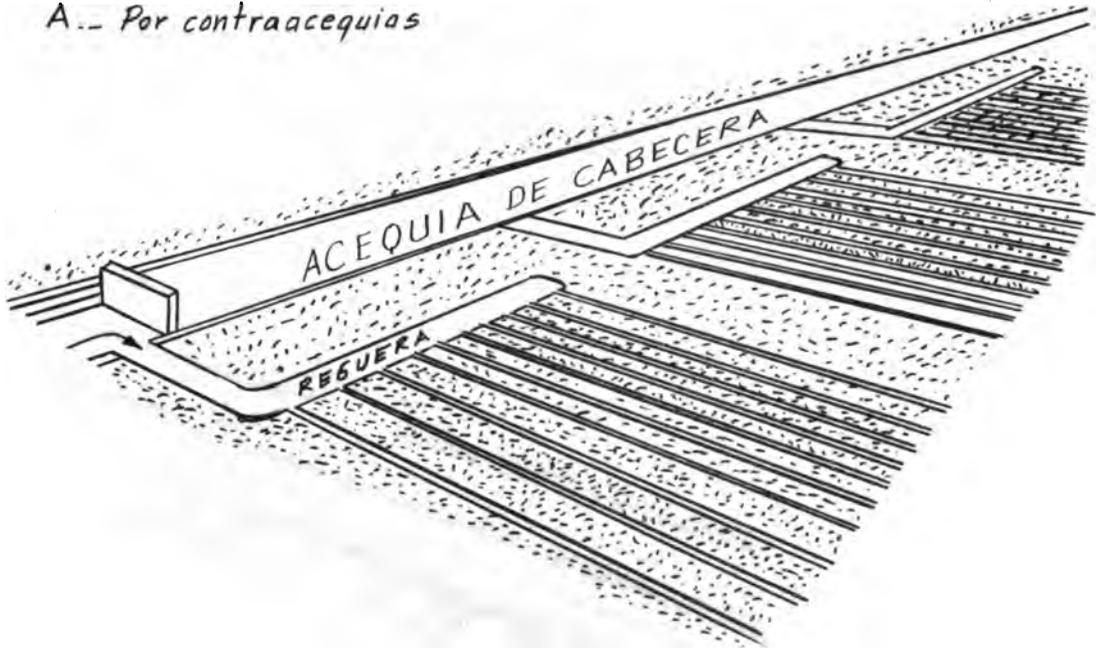
Las ventajas del método de riego por surcos estriba en que se adaptan a cualquier textura y no requieren delicadas preparaciones del terreno por nivelación, sobre todo si se les da una profundidad adecuada, lo que hace un método sencillo y práctico en especial en zonas donde no hay maquinaria adecuada para nivelación ó es difícil conseguirla.

Además la construcción de las unidades de riego es rápida y de bajo costo pues los implementos usados (arado de rejas, surqueadoras, ó zanjeador) son económicos.

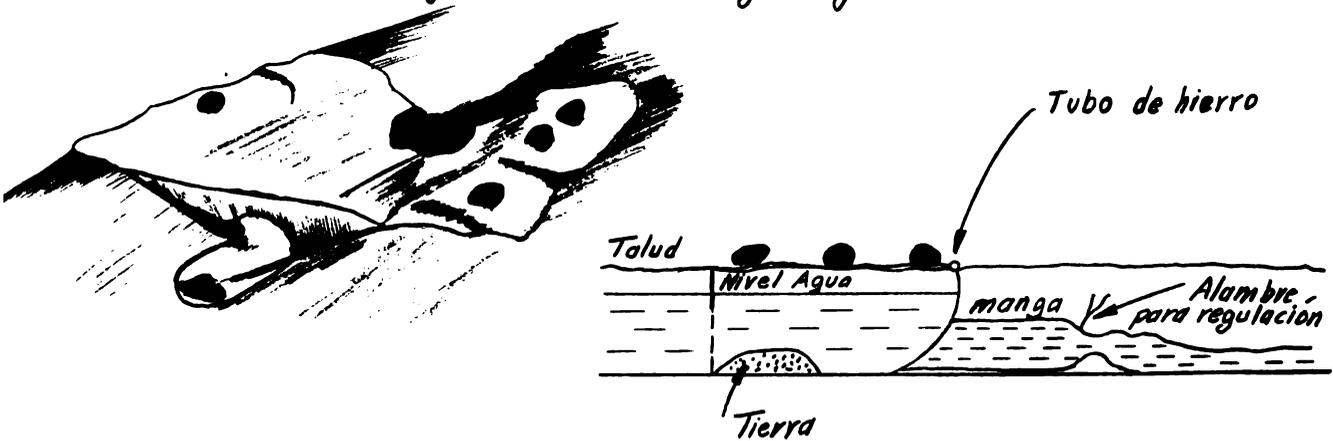
En la figura 14 se hace una reseña de las diferentes formas de acceso del agua a los surcos.

FIGURA 14

A. - Por contraacequias

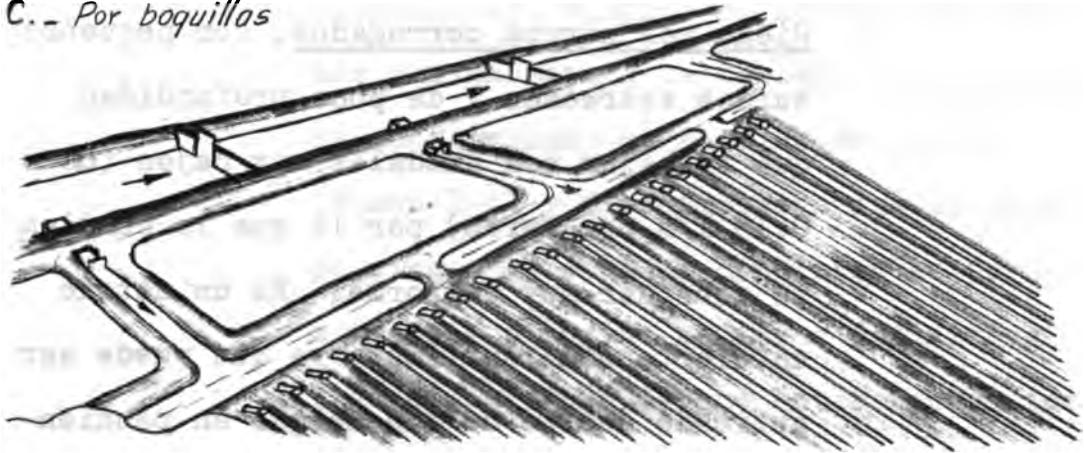


B. - Atajo de lona con manga regulable

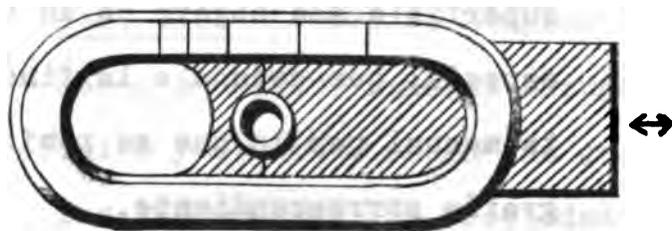
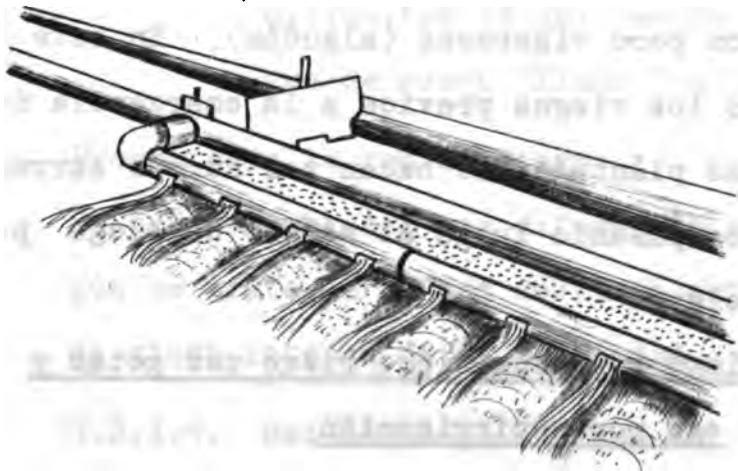




C. - Por boquillas



D. - Por tuberías perforadas



3.2.2.4. Otros Métodos

Riego por surcos corrugados, son pequeños surcos estrechos y de poca profundidad que trabajan con caudales muy bajos (0.1 a 0.15 l/s por surco) por lo que la pendiente debe ser muy uniforme. Es un método en cierto modo auxiliar, ya que puede ser aplicado dentro de las melgas en pendiente, en los casos de suelos pesados, cuando se implantan cultivos cuyas plántulas son poco vigorosas (algodón). En este caso los riegos previos a la emergencia de las plántulas se hacen por surcos corrugados pasando luego al método de riego por melgas.

Riego por aspersión, riego por goteo y riego por subirrigación

Como ya se mencionó en la sección 2.3, estos métodos, por su comportamiento totalmente distinto a los métodos de riego por superficie son objeto de un tratamiento especial que escapa a la finalidad de este manual por lo que se remite a la bibliografía correspondiente.

3.2.2.5. Delimitación de parcelas

Una vez seleccionadas las sub-áreas, en

la forma explicada en la sección 3.2.2. (Plano 2-b), elegido el método de riego más conveniente a la topografía y textura, determinado el sentido del riego (Plano 2-c) y dimensionadas las unidades de riego, se está en condiciones de delimitar las parcelas en forma definitiva, tratando siempre de que éstas tengan formas regulares (rectangular o cuadrada) a fin de evitar esquineras ó cornijales que dificultan la aplicación y control del agua de riego (Plano 2-d).

### 3.2.3. Proyecto de la red de riego.

Se debe establecer una diferencia en el proyecto, según se trate de la red de riego externa o de la red de riego interna de la propiedad.

#### 3.2.3.1. Red de riego externa

En el diseño de la red de riego externa se pueden presentar tres casos según el tamaño del distrito a regar.

1er. Caso: La red se compone de canal Primario ó matriz, canales secundarios o laterales y de éstos nacen las acequias regaderas internas de las propiedades.

En este caso y con el fin de proyectar una red de riego que permita luego, en el pro-

///yecto de sistematización interna, obtener los mínimos movimientos de suelo, es aconsejable que el canal primario se construya perpendicularmente a las curvas de nivel y el secundario paralelo a las mismas, de ese modo, la regadora principal de la propiedad resulta perpendicular a las curvas.

2º Caso: La red se compone de canal primario, secundarios y terciarios, naciendo de éstos últimos las regadoras internas. En este caso se aconseja construir los canales primario y terciario paralelos a las curvas de nivel y el secundario perpendiculares ó levemente inclinadas con respecto a la perpendicular a las curvas de nivel.

3er. Caso: La red se compone de canal primario, secundario, terciario y cuaternario, naciendo de éste último las regadoras internas. En este caso es conveniente construir los canales primario y terciarios perpendiculares a las curvas de nivel y los secundarios y cuaternarios paralelos a las mismas, resultando las regadoras perpendicular a las curvas.

Las expresiones usadas, en estos casos, de paralelo y perpendicular son relativas ya que

es difícil encontrar terrenos que sean tan uniformes que resulten las curvas de nivel paralelas entre si, y por otro lado, si fueren exactamente paralelos los canales no tendrían pendiente y resultarían de dimensiones excesivamente grandes.

3.2.3.2. Red de riego interna

Se debe tratar de que la red de desagüe interna no se crucen entre si en ningún punto. Generalmente la red de riego interna de la propiedad está compuesta por (Plano 2-d) Acequia regadora principal, Es la que deriva el agua desde la toma y la distribuye por toda la propiedad, debe recorrer la propiedad por sus puntos más altos para tener dominancia sobre cualquier parcela.

En zonas de baja pendiente, la capacidad de la acequia debe ser mayor que en zonas de pendientes medias y altas ya que los caudales a manejar (módulos) en aquéllas son mucho mayores, y además, por tener la acequia misma baja pendiente, sus dimensiones, de por si tienen que ser mayores (tabla 16).

En algunos casos, se puede presentar la posibilidad de regar las sub-áreas directamente desde la acequia regadora principal, lo

cual es conveniente por la economía que se obtiene; en otros casos es necesario diseñar: Acequias regadoras secundarias, que son las acequias que nacen de la regadora principal y sirven a las cabeceras de las sub-áreas de diseño. El mismo criterio usado para dimensiones y capacidad de acequias principales debe ser usado para las regadoras secundarias. En los casos de que en las sub-áreas se haya diseñado un método de riego por piletas o por melgas, el agua se deriva directamente de la regadora a la unidad de riego, por bocatomas con compuertas, por canaletas circulares o cuadradas ó por sifones siempre que la regadora secundaria corten transversalmente a las unidades.

En el caso de riego por surcos, el agua se puede derivar por sifones ó por:

Contra acequias ó regueras. que nacen de las regadoras secundarias, y cuyo sentido es paralelo a éstas por tramos, cortando perpendicularmente al sentido de las unidades de riego (surcos). Estas regueras entran en contacto directo con la cabecera de las unidades, de donde se deriva el agua (Fig. 14) agrupándolas generalmente en número de diez

(10) unidades (tapada).

Con el fin de evaluar un diseño de red de riego interna se debe dividir la longitud total de las acequias secundarias por el área total de la propiedad, obteniéndose la longitud unitaria de regadoras secundarias expresada en m/Ha.

Esta longitud depende de la textura y no debe sobrepasar de:

Suelos arenosos            100 m/Ha.

Suelos francos            50 m/Ha.

Suelos arcilloso        30 m/Ha.

Existen ciertas limitaciones para cumplir con estos límites. Cuando por cualquier razón no se puede dar a las unidades de riego la longitud óptima aumenta la longitud de acequias por Ha. De todos modos los límites fijados permiten una autoevaluación del diseño.

### 3.2.3.3. Red Interna de desagues.

Consiste en una red de canales construidos en desmonte, es decir cuyo fondo o solera está por debajo de la superficie del terreno e integrado por los siguientes tipos de desagüe:

Desagues menores o terciarios. que son los que se ubican al pie de las unidades de riego y sirven para recolectar los excedentes de riego y la escorrentía producida por las lluvias (factor de fundamental importancia en zonas tropicales y subtropicales).

Las dimensiones de estos desagues se calculan en función del caudal que puede escurrir de cada unidad consecuencia de una tormenta máxima probable.

Resulta práctico en estos casos, el uso de la fórmula de Ramser para escorrentía.

$$Q^{M^3/S} = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot \dots}{3.6 \times 10^2} \text{ en donde}$$

Q : Caudal de escorrentía en M<sup>3</sup>/S

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación en mm/hora para el tiempo de concentración de la unidad de riego.

$3.6 \times 10^2$  : factor para exp. en M<sup>3</sup>/s.

Los desagues terciarios, son transversales a las unidades de riego y desembocan en los desagues secundarios o en acequias regadoras cuando las pendientes y la calidad del agua de desague lo permite. La capacidad de los desagues secundarios se calcula en función de la cantidad de desagues terciarios que desemboquen en él. Los colectores o desagues secundarios son a su vez reunidos por el colector general de la zona, en los casos de distritos, o por

un colector primario que se hace desembocar en una quebrada, río ó arroyo cercano a la propiedad.

#### 3.2.4. ELECCION DE LOS CULTIVOS.

En la mayoría de los casos de sistematización de predios, la elección de los cultivos no está en manos del técnico proyectista, ya que ésta es decisión del o los propietarios o bien es decisión de los organismos estatales que planifican y regulan las siembras o plantaciones que más se adaptan o más convienen a determinada zona. Esta decisión estatal generalmente se apoya sobre una asistencia crediticia dirigida.

No obstante, el técnico puede y debe dar una orientación muy general sobre los cultivos que mejor se adaptarían por sus condiciones agroecológicas y por la rentabilidad de los mismos, a las características de la propiedad en estudio. En los casos de sistematización de predios con fines de colonización, que de por sí involucra mayores extensiones y mayores áreas de cultivo, es indispensable realizar una elección correcta de los cultivos pues de ello depende el éxito de la colonización.

Para ello es necesario la realización de estudios de mercado y la determinación de la unidad económica

superficial, que es la menor superficie de tierra, cuya rentabilidad otorga un nivel de vida decoroso a una familia tipo. Este concepto sirve también para determinar la superficie mínima de un asentamiento, considerado como una agrupación de familias con fines de producción agrícola.

En la sección 3.1.5., se hizo una reseña de los cultivos según su adaptación a los distintos métodos de riego. En cuanto a la adaptación a las características agroecológicas zonales, se remite a la bibliografía correspondiente.

### 3.2.5. Cálculo de Necesidades de Riego y Dotaciones.

Hecho el anteproyecto en función de topografía y texturas, ajustado con los datos obtenidos de los ensayos de riego y elegidos los cultivos a implantar, es preciso calcular las necesidades de riego y las dotaciones de cada parcela para elaborar el plan de riego y ajustar la capacidad de los canales.

El cálculo de las necesidades de riego se hace a partir de la evapotranspiración potencial obtenida de los datos climáticos mediante el uso de fórmulas específicas, siendo la de Blanney y Criddle la más conveniente para la zona del Proyecto.

El dato de evapotranspiración potencial afectado por el factor de cultivo K, permite calcular el uso

consuntivo ó evapotranspiración real.

Este factor de cultivo (K), tiene una variación es tacional (K) (tabla 18), según el porcentaje del ciclo de cultivos que se considere, es decir va en aumento a medida que el cultivo crece, hasta llegar a máximo desarrollo, luego disminuye.

Este coeficiente estacional de cultivo es el que se usa para determinar el uso consuntivo de un cul tivo.

El promedio de los coeficientes estacionales de to do el ciclo, es el coeficiente de cultivo (K) que es característico de cada especie o grupo de espe cies (tabla 17).

En síntesis:

$Uc_m = Ep_m \times k$  en donde

$Uc_m$  = Uso consuntivo del mes considerado.

$Ep_m$  = Evapotranspiración potencial de dicho mes.

$k$  = Coeficiente estacional de cultivo.

La necesidad de riego se calcula a partir del uso consuntivo restándole la precipitación efectiva probable.

El porcentaje de probabilidad de ocurrencia de una determinada lámina de lluvia se fija en función del grado de exactitud que se quiera obtener, (general mente es aceptable una probabilidad del 75%) y la

precipitación efectiva es el 80% de la precipitación elegida.

- $NR_m = U_{c_m} - p_{pef}$   
 $NR_m =$  Necesidad de riego mensual  
 $U_{c_m} =$  Uso consuntivo mensual  
 $p_{pef} =$  precipitación efectiva.

La dotación de riego en cabecera de finca se obtiene del cociente entre necesidad de riego y el producto de la eficiencia de aplicación del agua al cultivo y la eficiencia de conducción interna de la finca.

$$DR (mm) = \frac{NR_m}{E_{f.apl} \times E_{f.cond}}$$

- $DR(mm) =$  Dotación de riego mensual en mm.  
 $NR_m =$  Necesidad de riego del mes, considerado.  
 $E_{f.apl} =$  Eficiencia de Aplicación  
 $E_{f.cond} =$  Eficiencia de Conducción Interna.

Para expresar la dotación de riego en l/s/ha. se multiplica el dato anterior por 10.000 y se divide por los segundos del mes considerado.

El mes de máxima dotación de riego necesaria es el mes "pico" y es el que se toma en cuenta para el ajuste de la capacidad de los canales y para el cálculo de la dotación máxima.

Generalmente no se sistematiza un predio para regar

un solo cultivo sino para varios. En este caso se calcula la dotación "pico" para cada uno de los cultivos de la alternativa propuesta y se obtiene la dotación ponderada para el mes "pico" que es el cociente entre la suma de los productos de dotación pico por hectáreas de cada cultivo y total de hectáreas cultivadas en el mes pico.

$$\text{Dot. Ponderada} = \frac{\sum \text{dot.pico} \times \text{Has.}}{\text{Total Has.}}$$

En los casos de cultivos múltiples es ésta la dotación a tener en cuenta en el ajuste de capacidad de los canales.

Para la confección del plan de riego, se deben calcular las dotaciones ponderadas para cada mes y con este dato multiplicado por el total de Has. cultivadas en cada mes, según la alternativa propuesta, se obtiene el caudal mensual necesario en cabecera de finca.

El caudal así calculado es caudal continuo, es decir debería recibirse en la propiedad durante las 24 horas del día, todos los días del mes; en la práctica, salvo condiciones especiales esto no es aconsejable, por lo que debe ajustarse en función de las horas diarias durante las que se va a regar y los días del mes en que se va a regar.

3.2.6. Determinación de la Superficie Factible de Riego.

Cuando la sistematización de predios se realiza para proyectar un distrito de riego es necesario calcular que superficie máxima se podrá regar con el volumen de agua disponible en la fuente (rio, lago, perforación, etc.) durante el mes de máximo consumo y ésto se calcula en función del volumen de agua disponible mensual (Vd) y el volumen de agua necesario en el mes pico (Vn) para irrigar una hectárea.

$$\text{S.F.R.} = \frac{\text{Vd (m}^3\text{)}}{\text{Vn (m}^3\text{/Ha.)}} = \text{Has.}$$

Para la determinación del volumen necesario se parte de la dotación de riego ponderado en cabecera de finca, afectándola por la eficiencia de conducción desde la toma hasta la cabecera de finca.

3.2.7. Determinación de la Zona de Servicio y Trazado de Callejones.

Se denomina zona de servicio, el sector de la propiedad destinado a construcciones civiles para vivienda y/o depósito (bodega o galpones) así como construcciones para resguardo de la maquinaria agrícola.

El criterio para elegir el lugar de la propiedad en donde se ubicará dicha zona de servicio se obtiene de la evaluación de lo siguiente:

- a) Calidad de los suelos, se tratará de elegir el lugar en que los suelos sean de peor calidad desde el punto de vista agrícola, a los efectos de no restar superficie útil a los cultivos.
- b) Características topográficas, son importantes también para delimitar la zona de servicio, generalmente existen lugares en donde por la topografía muy irregular, no es posible nivelar pues resultaría antieconómica, y que por ser de muy escasa superficie no se justifica la implantación de ningún método de riego, pudiéndose elegir para zona de servicio.
- c) Equidistancia a todos los puntos de la propiedad, Este concepto es importante especialmente en propiedades grandes en donde el tiempo de traslado de personal y maquinaria desde la zona de servicio hasta el lugar de trabajo sea significativo. Desde este punto de vista, el ideal sería ubicar la zona de servicio en el centro geométrico de la propiedad, lo que no siempre es posible, cuando esto sucede se tratará de ubicar la zona de servicio en el lugar más cercano a las áreas de cultivo que requieran más trabajo (por ejemplo, si un sector de la propiedad va a ser dedicado a horticultura y otro a pasturas, es más lógico ubicar la zona de servicio cercana al sector hortícola.)

- d) Necesidad de vigilancia. En aquellas propiedades en donde es necesario ejercer una continua vigilancia para evitar la entrada de animales dañinos o de personas que puedan dañar las siembras o plantaciones es conveniente ubicar la zona de servicio en un lugar estratégico que permita dominar toda la propiedad. En casos de propiedades grandes, este criterio se debe aplicar a la ubicación de las viviendas del personal, y se puede justificar hasta la ubicación de dos o más zonas de servicio según la extensión.
- e) Fácil acceso desde y hacia carreteras, es este un concepto de menor importancia pues se puede contemplar en el diseño general de la red de callejones internos.

- Trazado de la red de callejones internos.

En toda propiedad se debe diseñar una red de callejones internos, que permitan el fácil acceso de la maquinaria y personal a los distintas parcelas de cultivo. Se deben tener en cuenta en este trazado, las necesidades de cosecha de los cultivos. Cuando la cosecha es mecanizada la distancia entre el lugar de cosecha y el lugar de carga es conveniente que sea lo suficientemente larga para obtener el máximo rendimiento de la maquinaria, en el caso contrario, es decir con cosecha manual, estas dis-

///tancias deben ser menores y regularse en fun  
ción del peso que deba transportar el personal  
desde el lugar de cosecha al callejón más cerca  
no, mientras menor es esta distancia mayor es  
el rendimiento efectivo del personal en la cose  
cha.

Una red de callejones bien diseñada permite ade  
más un rápido y permanente recorrido de las par  
celas cultivadas a fin de evaluar en forma conti  
nuada el estado sanitario de las mismas.

La red de callejones está integrada generalmente,  
por un callejón principal, que puede ser perime  
tral ó central, y los callejones secundarios que  
sean necesarios. El ancho está regulado por el ti  
po de vehículo y/o maquinaria a usar. La longi  
tud variable, según las dimensiones de las unida  
des de riego. A los fines de evaluación, se puede  
considerar que en suelos de textura media, la su  
perficie ocupada por callejones no debe superar  
el 10% de la superficie total.

Para mejor cumplimiento de las tareas de observa  
ción sanitaria de las parcelas es conveniente que  
los callejones sean algo elevados sobre las par  
celas de cultivo.

### 3.2.8. Cálculo de movimiento de tierra.

Cada sub-área demarcada en el plano según diseño

(plano 2-c) debe ser calculada independientemente pero teniendo presente que deben quedar vinculadas entre si por la red de riego interna, teniendo esta red de riego dominancia sobre todas las sub-áreas, es decir la elevación del punto más alto de cada sub-área debe ser inferior a la elevación de la acequia regadora (principal, secundaria o terciaria) por donde se va a regar dicha sub-área.

Existen varias metodologías para calcular los movimientos de tierra necesarios para dejar el suelo con pendientes o razantes uniformes, lo importante es determinar que pendiente proyecto se ajusta más a la pendiente natural del terreno.

En el presente trabajo se desarrollará el método de los perfiles medios o método del centroide.

Para mejor comprensión de la metodología se calcularán los movimientos de tierra a realizar en la sub-área 5 (plano 2-d) destinada a riego por melgas medianas en pendiente.

|   | $\xi H$ | $H_m$ | $\Delta H$ | Prom   |
|---|---------|-------|------------|--------|
| <u>9.83</u>   <u>9.65</u>   <u>9.53</u> | 29.01   | 9.67  |            |        |
| <u>9.70</u>   <u>9.68</u>   <u>9.44</u> | 28.82   | 9.61  | 0.06       |        |
| <u>9.71</u>   <u>9.61</u>   <u>9.47</u> | 28.79   | 9.59  | 0.02       | 0.06   |
| <u>9.60</u>   <u>9.56</u>   <u>9.45</u> | 28.61   | 9.54  | 0.05       |        |
| <u>9.51</u>   <u>9.45</u>   <u>9.44</u> | 28.40   | 9.47  | 0.07       |        |
| $\xi H$                                 | 48.35   | 47.95 | 47.33      | 143.63 |
| $H_m$                                   | 9.67    | 9.59  | 9.47       | 9.57   |
| $\Delta H$                              |         | 0.08  | 0.12       |        |
| Prom.                                   |         | 0.10  |            |        |

Los puntos acotados representan a las estacas del terreno y la elevación del mismo en cada una de las estacas se anota a la derecha y arriba de los puntos indicativos.

Estos puntos se disponen en la forma que indica el gráfico anterior en donde ( $\xi H$ ) significa sumatoria de alturas de cota, ( $H_m$ ) altura media de la línea o columna correspondiente, ( $\Delta H$ ) es la diferencia de alturas medias y (PROM) es la diferencia promedio entre estacas. Se suman las cotas de cada fila y de cada columna, la suma de todas las filas debe ser igual a la de todas las columnas (en el ejemplo 143.63) lo que sirve de control de las operaciones hechas.

Al dividir esta suma por el total de estacas consideradas, se obtiene una cota promedio que es la que corresponde al centroide ( $143.63 \div 15 \text{ estacas} = 9.57$ ) la cota así obtenida se ubica en el centro de gravedad de la figura formada. Luego dividiendo cada  $\sum H$  correspondiente a las filas, por el número de estacas de la fila correspondiente se obtiene la altura promedio de cada fila (en el ejemplo  $9.70 + 9.68 + 9.44 = 28.82$ ;  $28.82 \div 3 = 9.61$ ) De la misma forma se procede con las columnas, y de ese modo se obtiene una altura media para fila y para cada columna.

Haciendo la diferencia entre altura media de 2 filas o columnas consecutivas se obtiene el  $\Delta H$  o sea la diferencia promedio entre filas y/o entre columnas, estas diferencias pueden llevar signo positivo o negativo según el gradiente del terreno ( $9.61 - 9.59 = + 0.02$ ).

Al sumar algebraicamente los  $\Delta H$  de las filas y dividirlo por el número de espacios entre filas, se obtiene la diferencia promedio entre estacas, en el sentido N-S. Procediendo de igual modo con las columnas, se obtiene la diferencia promedio entre estacas en el sentido oeste este.

El sentido de la diferencia, es decir el lugar hacia donde las alturas de las estacas va disminuyendo (gradiente), se indica con una flecha (si el gradiente es de N a S la flecha ira de N a S y viceversa.

Teóricamente, los planos originados por estas pendientes deberían coincidir con los planos reales en el terreno, en la práctica no es así, dado que el plano real no es uniforme, esta diferencia entre planos teóricos y reales es lo que da origen al movimiento de tierras y este movimiento será menor cuanto menor sean las diferencias entre datos promedios y datos reales. Una vez ubicado el centroide en el plano y obtenidas las diferencias promedios, se debe decidir el tipo de nivelación a efectuar. Como se mencionó en el párrafo anterior, el menor movimiento de tierra se obtiene uti-lizando las diferencias promedios entre estacas en ambos sentidos.

- Cálculo de las cotas o elevaciones proyecto

Elegido el tipo de nivelación se deben calcular las cotas proyecto de todas las estacas. Se parte de la única cota proyecto de que se dispone que es la del centroide. Esta cota no siempre coincide con una estaca del terreno; en el ejemplo dado coincide con la estaca de elevación 9.61; en el caso de que no coincidiese se debe trasladar el centroide a la estaca más cercana aumentando o disminuyendo la elevación de acuerdo a la diferencia promedio obtenida entre estacas.

Desplazado el centroide solo resta dar cota proyecto a todas las estacas; para ello se parte del centroi-

///de y se suma o se resta la diferencia promedio

N-S.

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 9.65 | 9.57 + 0.05 = 9.62      |
| 9.67 | 9.62 + 0.05 = 9.67      |
| 9.68 | 9.57 - 0.05 = 9.52      |
| 9.62 | 9.52 - 0.05 = 9.47      |
| 9.61 | Centro de gravedad      |
| 9.57 | Elevación del centroide |
| 9.56 |                         |
| 9.52 |                         |
| 9.45 |                         |
| 9.47 |                         |

De esta forma se obtienen las elevaciones proyecto de las estacas correspondientes a la columna del centroide.

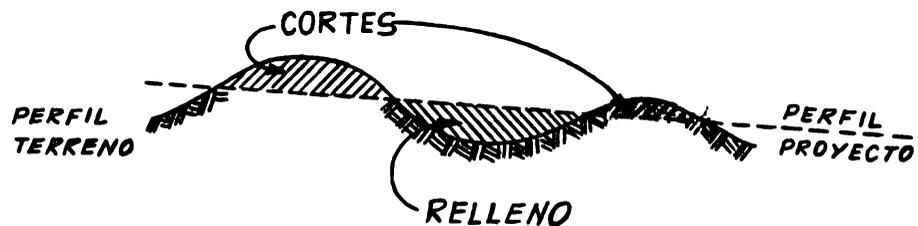
De la misma forma pero utilizando la diferencia promedio entre columnas se calculan las elevaciones proyecto en el sentido O-E.

|      |      |      |                    |
|------|------|------|--------------------|
| 9.83 | 9.65 | 9.53 | 9.67 + 0.10 = 9.77 |
| 9.77 | 9.67 | 9.57 | 9.67 - 0.10 = 9.57 |

Igualmente se calcula el resto de elevaciones proyecto.

- Cálculo de cortes y rellenos  
Calculadas las cotas proyecto, se saca la diferencia entre cota proyecto y cota terreno. Si la altura del terreno es mayor que la altura de proyecto esta diferencia es negativa y significa que se debe sacar tierra de ese punto es decir se debe hacer un corte. Si la diferencia es positiva, se debe hacer un relleno.

FIGURA 15



- Comprobación de los resultados

Debido a que al hacer un corte en el terreno, la tierra, que estaba compactada se disgrega, y esa misma tierra se coloca en los rellenos, disgregada al regarse se vuelve a compactar quedando un pozo en el lugar del relleno. Esta compactación varía según el tamaño de las partículas, es decir las partículas más pequeñas se "acomodan" mejor; se estima en un 20% en los terrenos arenosos (livianos), 30% en francos (medios) y 40% en arcillosos (pesados) debe por lo tanto preverse un porcentaje mayor

de cortes que de rellenos, de acuerdo a textura. Ello se comprueba haciendo la sumatoria de cortes y de rellenos, el cociente entre ambas nos da la relación, que debe ser:

| <u>T E X T U R A</u> | <u>RELACION</u> | <u>PORCENTAJE</u> |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| Liviana              | 1.2             | 20%               |
| Media                | 1.3             | 30%               |
| Pesada               | 1.4             | 40%               |

Si la relación es menor que la correspondiente, falta tierra y deben bajarse las alturas del proyecto, si es mayor, deben elevarse.

Continuando con el ejemplo:

|   |   |   |
|---|---|---|
| $\begin{array}{r l} & 9.83 \\ \hline -6 & 9.77 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.65 \\ \hline +2 & 8.67 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.53 \\ \hline +4 & 9.65 \end{array}$ |
| $\begin{array}{r l} & 9.70 \\ \hline +2 & 9.72 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.68 \\ \hline -6 & 9.62 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.44 \\ \hline +8 & 9.52 \end{array}$ |
| $\begin{array}{r l} & 9.71 \\ \hline -4 & 9.67 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.61 \\ \hline -4 & 9.57 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.47 \\ \hline 0 & 9.47 \end{array}$  |
| $\begin{array}{r l} & 9.60 \\ \hline +2 & 9.62 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.56 \\ \hline -4 & 9.52 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.45 \\ \hline -3 & 9.42 \end{array}$ |
| $\begin{array}{r l} & 9.51 \\ \hline -6 & 9.57 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.45 \\ \hline +2 & 9.47 \end{array}$ | $\begin{array}{r l} & 9.44 \\ \hline -7 & 9.37 \end{array}$ |

Sumatoria de cortes ( $\Sigma C$ ) = 34

Sumatoria de relleno ( $\Sigma R$ ) = 26

$$\text{Relación} = \frac{\Sigma C}{\Sigma R} = \frac{34}{26} = 1.3$$

la relación es correcta si el terreno es de textura media.

Si fuese de textura pesada, faltaría tierra y por lo tanto se deben "bajar" las elevaciones proyecto.

Si fuese de textura liviana, sobra tierra y se deben "subir" las elevaciones proyecto.

- Cálculo del movimiento de tierra

Multiplicando el valor del corte, expresado en metros, por el área representativa de cada estaca, l (Fig. 15), se obtiene el volumen (en  $m^3$ ) de corte, sumando los volúmenes parciales se obtiene el volumen total de tierra a mover.

Si se ha tenido la precaución de que todas las estacas representen la misma superficie de terreno, todos los cortes se multiplicarán por la misma superficie, pudiendo sacarse factor común.

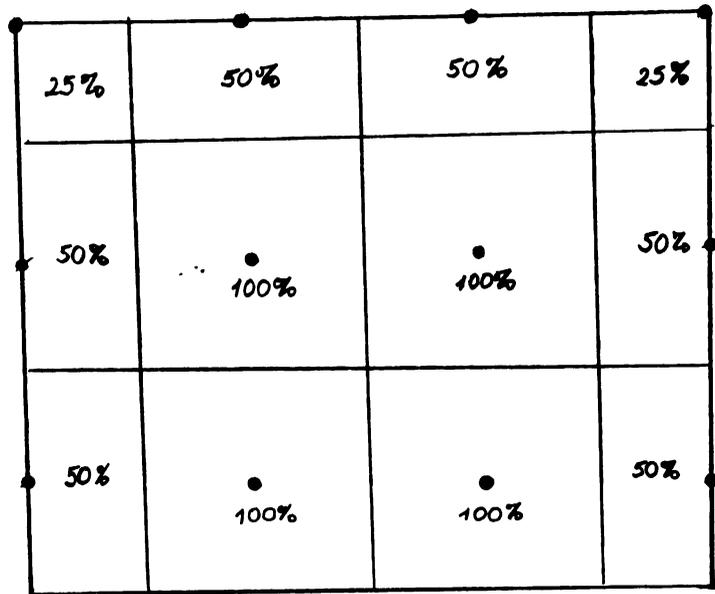


FIG. 16: Area de influencia de una estaca según su posición con respecto a los límites de las sub-áreas.

$$(C_1 \times 400) + (C_2 \times 400) + (C_3 \times 400) + \dots + (C_n \times 400) = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) \times 400$$

o lo que es lo mismo

$$\text{Vol. total} = C \times \text{Superficie representativa} = M^3$$

En el ejemplo:

$$\text{Area representativa de c/estaca} = 20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$$

$$C = 34 \text{ cm} = 0.34 \text{ m.}$$

$$\text{Volumen total (m}^3\text{)} = 0.34 \text{ m} \times 400 \text{ m}^2 = 136 \text{ m}^3$$

Obtenido el volumen total, se obtiene la relación por hectárea, es decir si en  $6000 \text{ m}^2$ , que es la superficie del terreno que se ha calculado, se efectúa un movimiento de  $136 \text{ m}^3$ , en  $10.000 \text{ m}^2$  (que es la superficie de una hectárea) se efectuarán:

$$\begin{array}{r} 6000 \text{ m}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 136 \text{ m}^3 \\ 10000 \text{ m}^2 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \frac{136 \times 10.000}{6000} = 226.7 \text{ m}^3/\text{ha}. \end{array}$$

Esto sirve para identificar la importancia del movimiento de tierra teniendo en cuenta la tabla siguiente: movimiento leve (económico) Menor de  $250 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Movimiento medio (aceptable) de  $250$  a  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Movimiento importante (necesita justificación económica) de  $500$  a  $700 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Movimiento excesivo (generalmente antieconómico) mayor de  $700 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

- Replanteo

Terminada la labor del cálculo y proyecto, se debe volcar los datos de proyecto en el terreno. A esta operación se le denomina Replanteo y consiste en colocar las cabezas de estaca a la altura de proyecto, en esta misma operación se deben delimitar las fracciones que se van a dedicar a cultivos, las franjas correspondientes a callejones y canales, etc., la forma de replantear las alturas de las estacas es la siguiente:

- Se coloca el nivel en estación y se ajusta.
- Se dirige una visual a la mira ubicada sobre el BM utilizado en el levantamiento.
- Como el BM es de cota conocida, se obtiene de ese modo la altura del instrumento.

$$\text{Cota BM} + \text{lectura mira} = \text{HI}$$

- De la altura del instrumento se resta la cota de la estaca que se quiere replantear.  
HI - cota proyecto =lectura de mira.
- Se coloca la mira sobre la cabeza y se lee, subiendo o bajando la estaca hasta que la lectura sea la calculada, si la lectura es mayor que la calculada, la estaca se debe subir y si es menor se debe bajar.

### 3.3. ETAPA DE EJECUCION DE OBRAS

Esta etapa consiste en llevar al terreno todo lo diseñado en el plano, desde la demarcación de parcelas, callejones y red de riego y desague, hasta el replanteo de estacas que indiquen las elevaciones proyecto de cada sub-área y de las acequias de riego y desague, así como las de los callejones.

El éxito de la sistematización depende de en gran parte de un correcto replanteo en el terreno del diseño realizado.

Equivocaciones en el replanteo de pendientes de canales parcelas de riego y callejones, pueden ocasionar problemas graves de erosión en zonas de precipitaciones pluviales de importancia o en zonas de mucho viento; se debe tener en cuenta que cuanto más liviana es la textura del terreno más preciso debe ser el replanteo pues el peligro de erosión es mayor.

### 3.3.1. Elección de la maquinaria.

El criterio a seguir depende de la superficie del terreno a nivelar, si este es pequeño solo se puede hacer uso de los siguientes accesorios.

- a) Arado para remover la tierra en la zona de cortes (Fig. 17)
- b) Pala de buey o rastrón (Fig. 18) para el transporte de la tierra desde los lugares de corte a los lugares de relleno. Este tipo de accesorio está diseñado para ser tirado por caballo o buey.
- c) Niveladora de tablón y/o rastra de cola (Fig. 19), consiste en un simple tablón de madera pesada, que es arrastrado por un animal o tractor pequeño o en el caso de la rastra de cola de un tablón inclinado, que es regulado manualmente por una palanca, y que tiene adosado una cuchilla de hierro. Estos elementos se utilizan para el acabado de la nivelación y labores de refinación.

Si el terreno a nivelar es grande se pueden usar los siguientes accesorios o maquinarias:

1. Topadora o bulldozer, con o sin escarificador (Fig. 20) se adapta a distancias de transporte menores de 50 m.
2. Escrepa, trailla remolcable, pala rotativa

o "Scraper" (Fig. 21), se adapta a distancias de transporte entre 50 y 400 m. La capacidad de transporte de tierra oscila entre 1.5 y 6 m<sup>3</sup> según el tamaño, permiten hacer cortes perpendiculares en terracería y con un operador competente puede realizarse el perfilado del terreno.

3. Mototrailla (Fig. 22) capacidad mayor de 6m<sup>3</sup> se adaptan a distancias de transporte entre 100 y 400 m.

4. Motoniveladora y Aplanadora de campo (Field planners o land planners) (Fig. 23,24). Estos implementos se usan para el acabado de la nivelación y para labores de refinación. No transportan tierra a distancia sino que la redistribuyen.

La motoniveladora es también útil para la construcción de callejones internos.

3.3.1.1. Accesorios especiales para la ejecución de las unidades de riego.

Para la construcción de las unidades de riego se requieren accesorios especiales según el método de riego a emplear.

Riego por surcos. para el trazado de los surcos se requieren arados especiales que además de abrir los surcos provocan una remoción de la tie-

///rra beneficiosa para la aireación de la misma (arado de vertedera) otros arados (arado surcador) se limitan a abrir el surco solamente, ya que el movimiento de tierra que producen no es significativo.

En los casos de riego por surcos a cero, es aconsejable el uso de arados zanjeadores que permiten la construcción de surcos de mayores dimensiones.

Riego por piletas y melgas: con estos métodos de riego las únicas construcciones accesorias a realizar son los bordos y para ello existen varios elementos como ser, alomadora de discos (especie de arado de discos, los cuales están instalados ~~por~~ parejas opuestas de tal modo que viertan la tierra hacia el interior), rastra en V, alomadora en V (una de las más usadas) y acaballonadora gigante (usadas para construir bordos de piletas para arrozales).

De estos elementos el más usado por su sencillez es la alomadora en V, (Fig. 25) que se emplea sobre tierra previamente removida y desmenuzada con arado y rastra de discos o rotavator, consistente en dos tablones colocados de canto y en forma de V truncada con la abertura hacia adelante, es decir hacia el sentido de marcha, en su parte posterior (vértice de la V) la abertura es variable

según el ancho de bordo a construir. Los tablo  
nes se mantienen de canto y en su lugar median  
te una estructura metálica o de madera.

De todos los elementos mencionados existe una  
gran variedad en el mercado, construyéndose pa  
ra tracción animal o para tracción mecánica.

### 3.3.2. Pruebas de funcionamiento

Aún adoptando todas las precauciones posibles para  
la ejecución de las tareas de nivelación, siempre  
quedan pequeños defectos que deben ser corregidos  
previo a la implantación del cultivo; para ello es  
necesario realizar un riego de prueba para de esa  
forma identificar los defectos y corregirlos. La co  
rrección generalmente se realiza a mano, con palas  
y azadas, usando como referencia de nivel el "pelo  
de agua" del agua incorporada a la unidad.

En el caso de riego por surcos, cuando estos son  
trazados con pendientes fuertes y uniformes, en la  
mayoría de los casos no es necesario proceder a re-  
tocarlos siempre que se les haya dado capacidad su-  
ficiente, pero cuando las pendientes son suaves o  
nulas, y en los surcos en contorno o a nivel, siem-  
pre es necesario el retoque.

El retoque de los surcos se debe efectuar colocando  
el agua en el surco (caudal máximo no erosivo calcu-  
lado) y siguiendo el frente de agua, de tal modo que

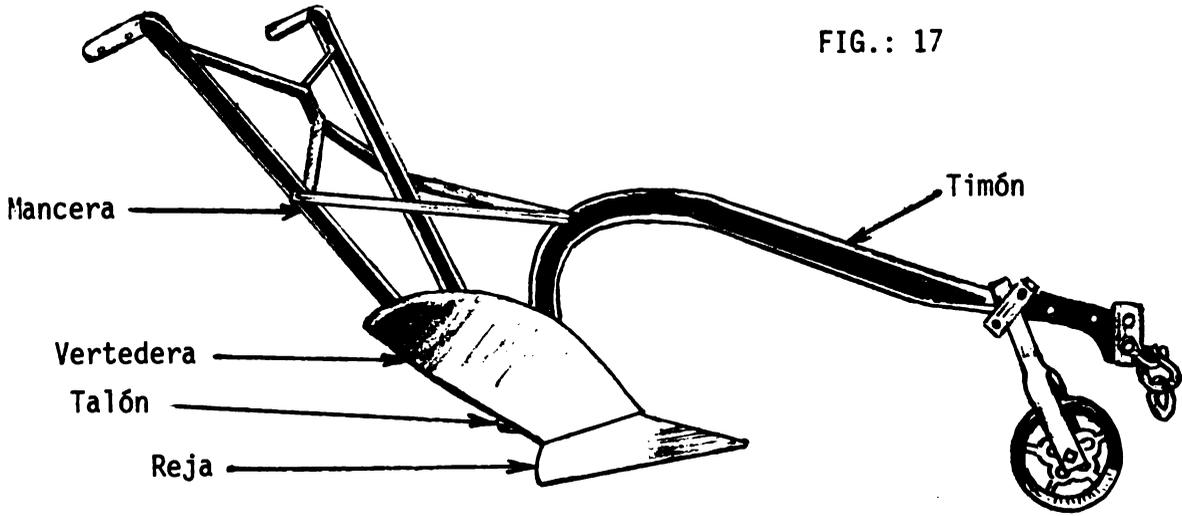
cuando se detiene el agua por cualquier imperfección del terreno, se corrige y se facilita el avance.

En los casos de melgas el procedimiento es similar, y se debe tratar de que el avance sea uniforme en todo el frente a lo ancho de la melga, contra más de tallado sea el trabajo mejor será la eficiencia de distribución del agua en la melga. Se deben eliminar también las pequeñas islas y pozos que se formen y evitar la formación de canalículos dentro de la melga.

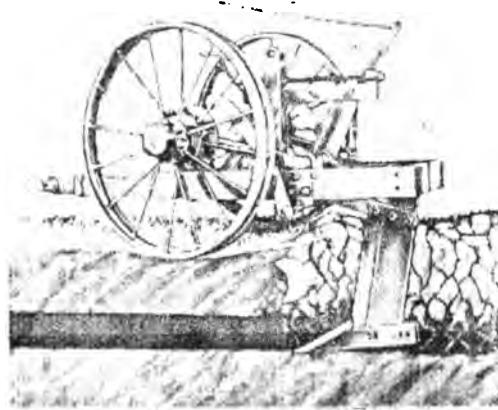
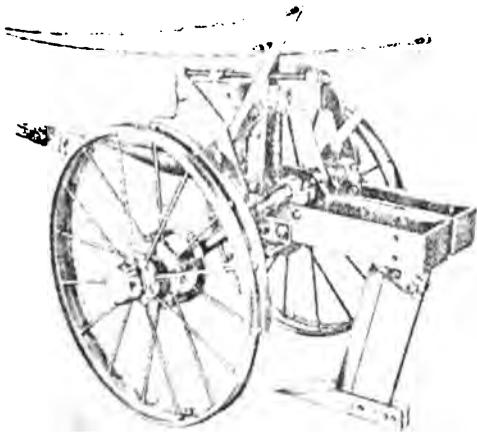
Cumplidas todas estas recomendaciones, el proyecto está en condiciones óptimas de ser operado y sin mayores dificultades ni riesgos de fracaso para el propietario.



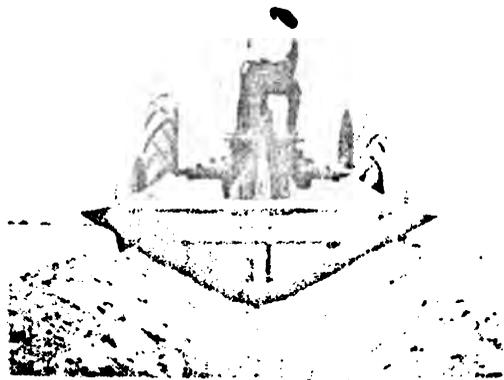
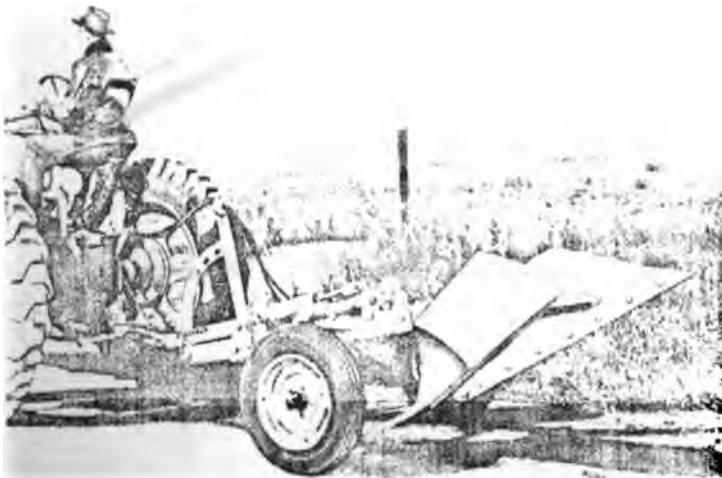
FIG.: 17



ARADO DE REJA O DE VERTEDERA



**ARADO SUBSOLADOR**



**ARADO ZANJEADOR**



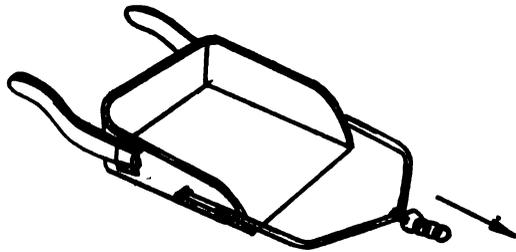


FIGURA 18.

PALA DE BUEY O RASTRON

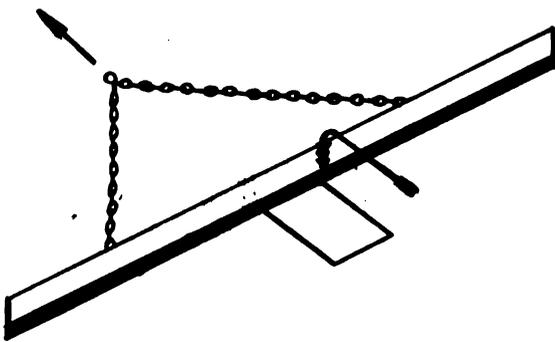


FIGURA 19. RASTRA DE COLA

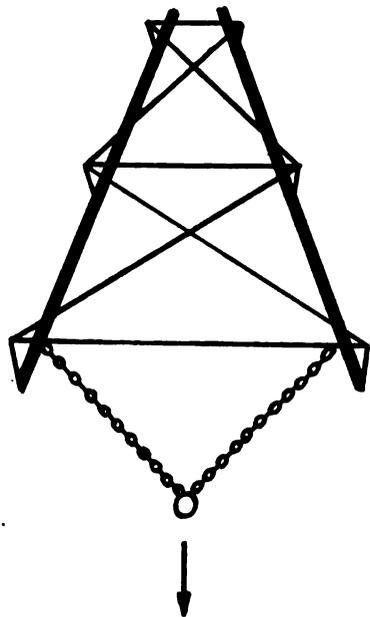
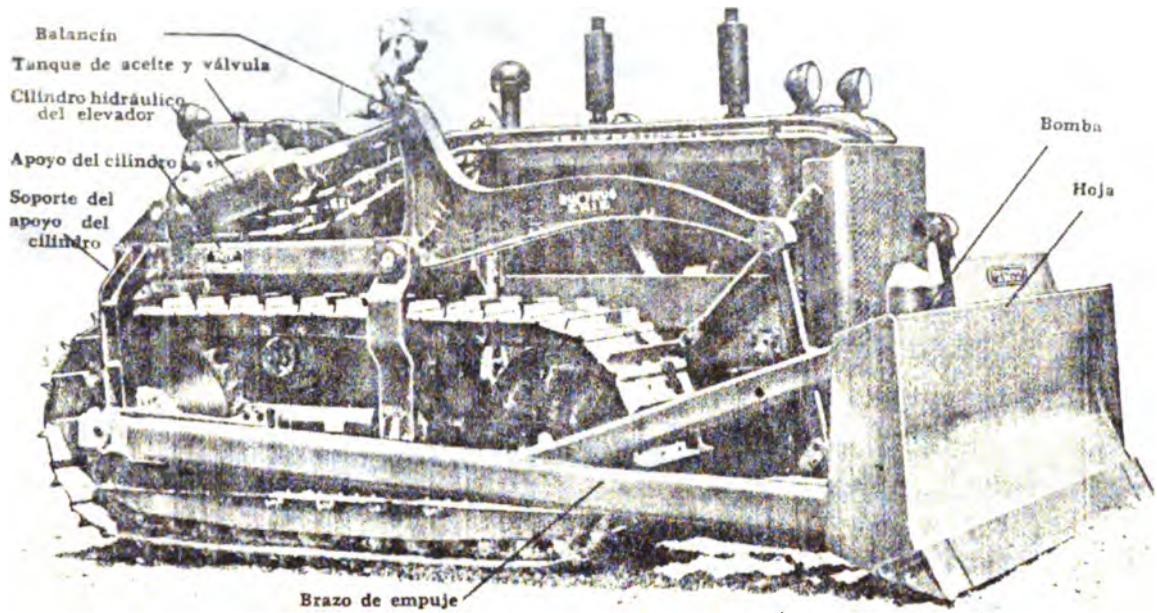
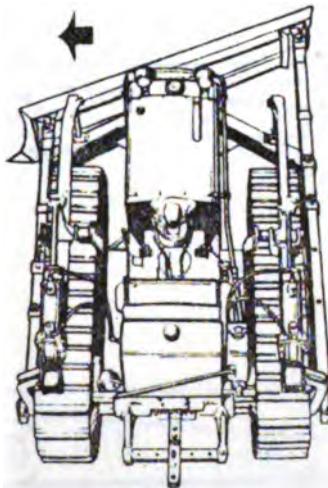


FIGURA 25. ALOMADORA EN V

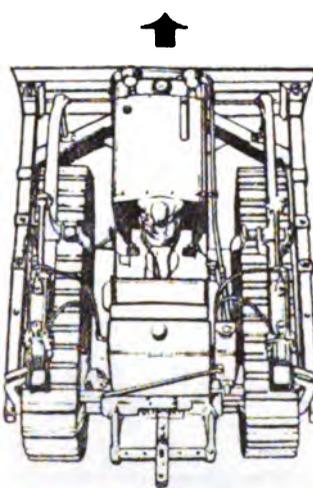




Hoja inclinada a la izquierda



Recta



Inclinada a la derecha

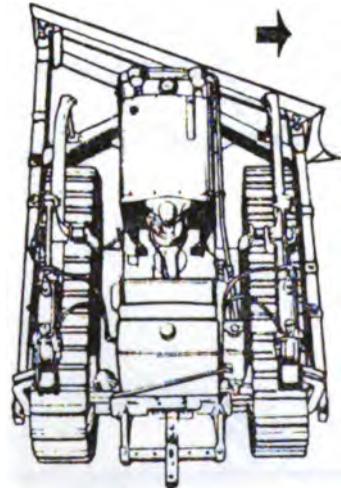


FIGURA 20: TOPADORA O BULLDOZER



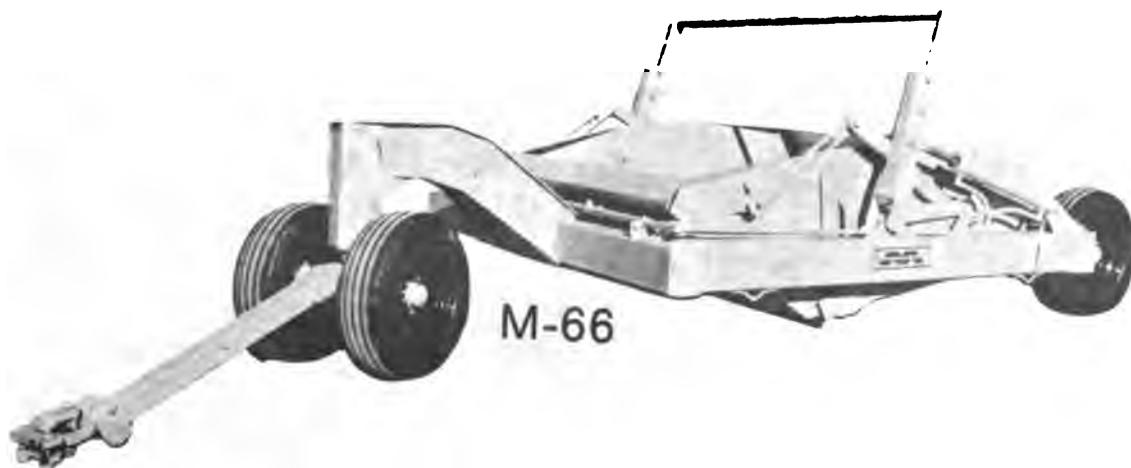


FIGURA 21: ESCREPA O TRAILLA REMOLCABLE

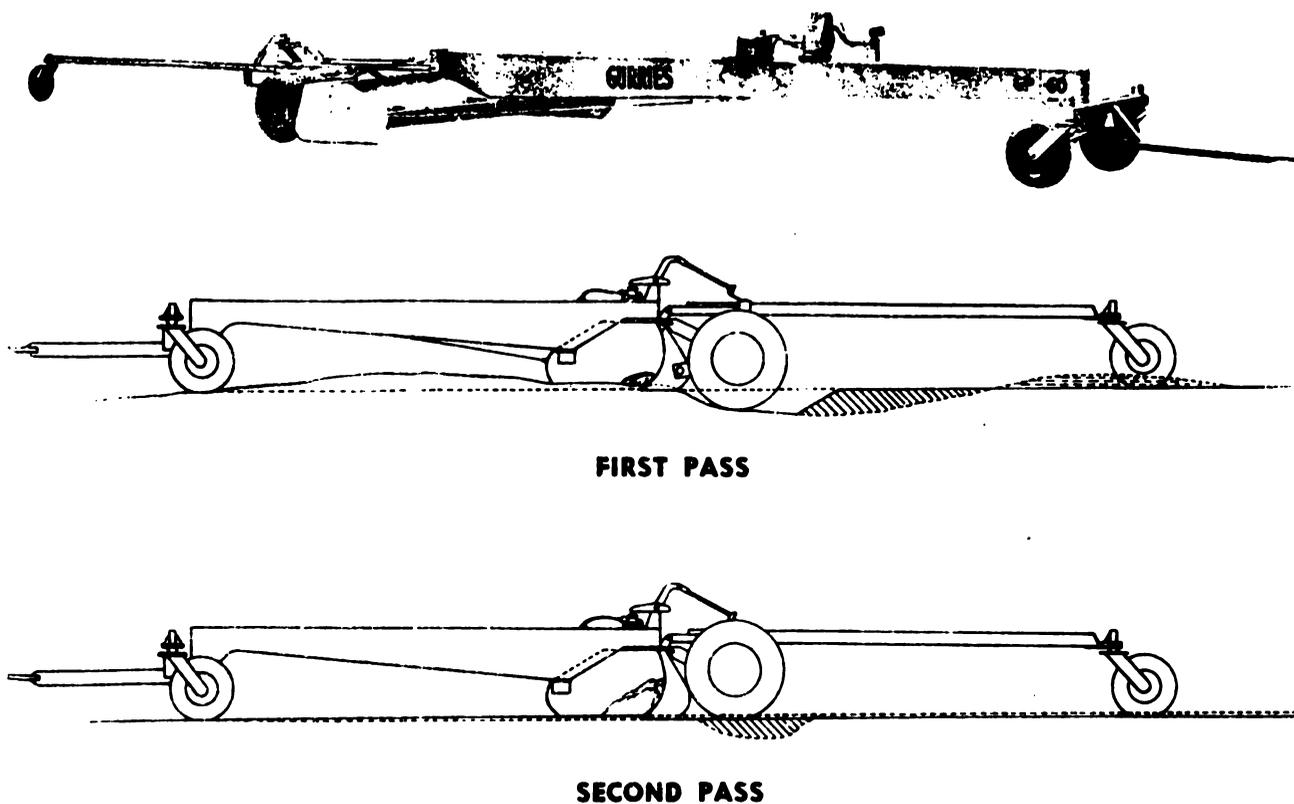


FIGURA 24: APLANADORA DE CAMPO O FIELD PLANER



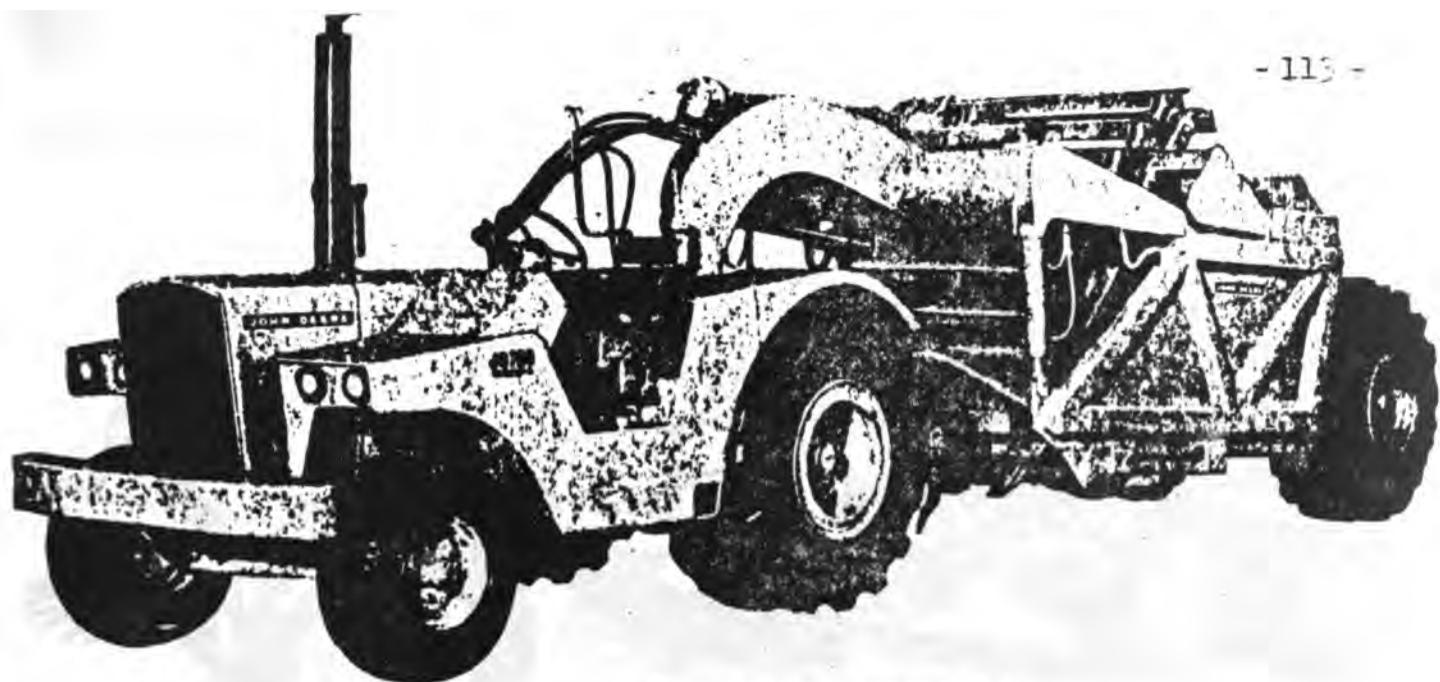


FIGURA 22: MOTOTRAILLA

**FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

**CARACTERISTICAS**

Diseñada y construida tanto para trabajos primarios de movimiento de tierra como para operaciones de acabado. Es ideal para construcción de caminos, proyectos habitacionales y comerciales, trabajos en yacimientos de materiales, construcción de presas, proyectos de nivelación y conservación de tierras de cultivo, y muchos otros trabajos de movimientos de tierra.

Capacidad colmada de 7,26 m<sup>3</sup>. Se carga por sí misma en un minuto o menos, bajo la mayoría de las condiciones, sin necesidad de utilizar un tractor auxiliar de empuje.

El elevador tiene la velocidad más apropiada para pulverizar el material, lo que facilita tanto la carga rápida y constante, como un esparcimiento parejo al descargar. El elevador tiene acción flotante para mejor adaptación a las diversas condiciones de carga, y su operación puede ser invertida para auxiliar en la descarga.

Expulsión hidráulica positiva de la carga. El piso deslizante y la compuerta expulsora permiten ya sea una descarga controlada de esparcimiento uniforme, o una descarga rápida.

Motor John Deere Diesel de 6 cilindros, con 152 caballos de fuerza en el volante.

Desarrolla una tracción periférica máxima de 9.190 kg.

Ocho velocidades hacia adelante desde 3,620 hasta 41,834 kph. Tres velocidades de reversa.

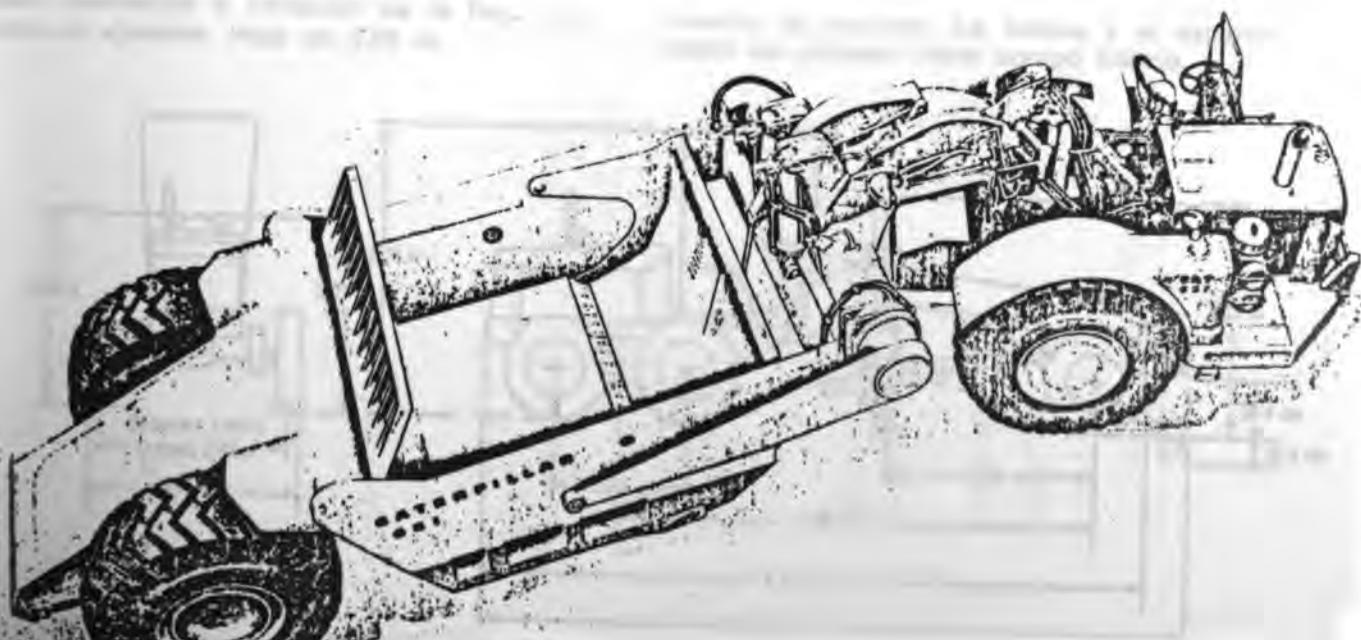
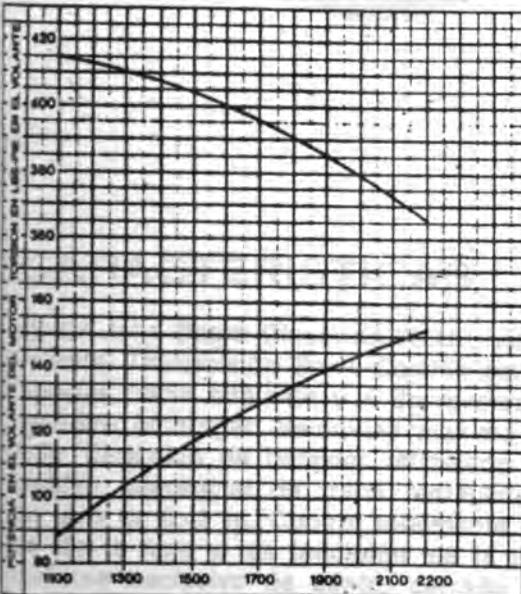




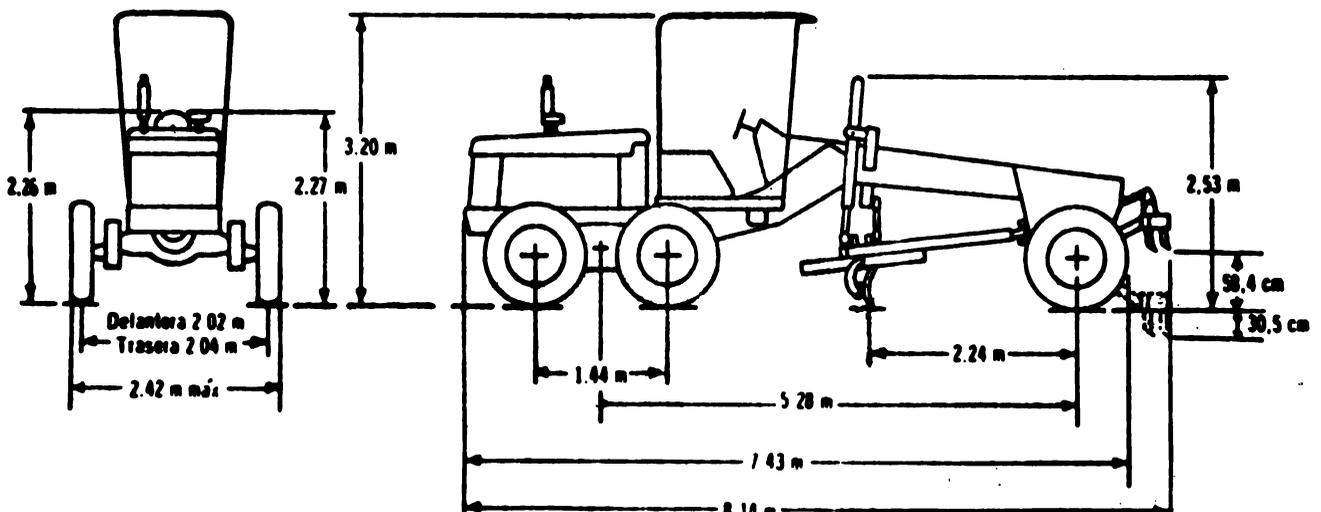
FIGURA 23: MOTONIVELADORA



## CARACTERISTICAS

Motor John Deere Diesel de 83 HP netos en el volante. Transmisión Servo-Cambio con 8 velocidades hacia adelante y 4 de reversa. No se requiere embragar. Velocidad máxima de 33,7 kph. Dirección de bastidor articulado con exclusivo diferencial de traba hidráulica. Radio de giro de 5,49 m. Control totalmente hidráulico de la hoja y las funciones de la máquina. Sistema exclusivo de centro cerrado con seguros hidráulicos positivos que impiden cualquier desviación o variación de la hoja después de ajustada. Hoja de 3,66 m.

El caballete de 5 posiciones, controlado hidráulicamente, permite la colocación de la hoja para cortes de 90 grados a la derecha o a la izquierda, en aproximadamente un minuto. La oscilación del eje delantero y del tándem trasero, además de la inclinación hidráulica de las ruedas delanteras y el centro de gravedad bajo, aseguran magnífica estabilidad en terrenos inclinados. Excelente distribución de peso, con el 30 por ciento adelante y el 70 por ciento atrás para el máximo de tracción. La cabina y el escarificador se proveen como equipo básico.



ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CLASIFICACION DE TIERRA.

| CARACTERISTICAS DE LA TIERRA  | CLASE ARABLE 1   | CLASE ARABLE 2   | CLASE ARABLE 3   |
|---|--|--|--|
| SUELOS  |  |  |  |
| Textura   | Fa a FA friable  | Areno francoso a arcilla muy permeable.  | Francoso a arcilloso permeable.  |
| Profundidad a la arena grava ó guijarro   | 90 cm. o más de suelo fácilmente trabajable, de franco arenoso fino o más pesado; ó 105 cm. de franco arenoso.                 | Más de 60 Cm. buen suelo franco arenoso fino ó más pesado 75- 90 cm. de franco arenoso a pesado fácil de arreno francoso, en todo el perfil. | Más de 45 cm. suelo franco a franco arenoso fino ó más pesado 75- 90 cm. de franco arenoso a pesado fácil de arreno francoso, en todo el perfil. ó 60 a 75 cm. de textura más ligeras. |
| Profundidad al substrato del suelo de esquisto o material similar (a lo menos 15 cm. para llegar a la roca) | Más de 150 cm. o 135 cm. con un mínimo de 15 cm. de grava sobre el material impermeable o franco arenoso en toda su extensión. | Más de 120 cm: o 105cm con un mínimo de 15 cm sobre el material impermeable o arenoso francoso en todo el perfil.                            | Más de 105 cm. o 90 cm. con un mínimo de 15 cm. de grava sobre el material impermeable o arenoso francoso en toda su extensión.  |
| Profundidad a la zona de caliza penetrable  | 45 cm. con 150 cm. penetrable.   | 35 cm. 120 cm. de caliza penetrable  | 25 cm. sobre 90 de caliza penetrable.  |

**A N E X O    I**

**T A B L A S**



T A B L A No . 1 (Continuación)

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CLASIFICACION DE TIERRA.

| CARACTERISTICAS DE LA TIERRA | CLASE ARABLE 1   | CLASE ARABLE 2   | CLASE ARABLE 3   |
|------------------------------|--|--|--|
| Alcalinidad                  | <sup>H</sup> menor de 9 a menos que el suelo sea calcáreo, el contenido total de sales es bajo y no presenta evidencia de alcali.        | Igual a la clase 1   | Igual a la clase 1   |
| Salinidad                    | El contenido total de sales no debe exceder de 0.2% bajo condiciones de equilibrio con el riego.   | El contenido total de sales no debe exceder de 0.5% en condiciones de equilibrio con el riego.   | El total de sales no debe exceder de 12% en un máximo de 12% de gradiente general  |
| TOPOGRAFIA                   | Pendientes suaves a un máximo de 4% de gradiente general en áreas razonablemente extensas y extensiones con pendiente en un mismo plano. | Pendientes suaves con un 8% de gradientes en áreas razonablemente grandes y en cuerpos de su mismo plano; o pendientes irregulares cuando tienen menos de 4% de pendiente general. | Pendientes suaves con un máximo de 12% de gradiente general en un mismo plano, o superficies más irregulares con menos de 8% de pendiente general. |

T A B L A No. 1 (Continuación)

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CLASIFICACION DE TIERRA.

| CARACTERISTICAS DE LA TIERRA         | CLASE ARABLE 1  | CLASE ARABLE 2  | CLASE ARABLE 3  |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Superficie                           | Suficientemente uniforme para requerir sólo muy pequeño emparejamiento.     | Requiere moderada nivelación pero en condiciones que son factibles a un costo razonable en comparación con áreas regadas.         | Se requiere pesada y costosa nivelación en pequeñas áreas pero en magnitud tal que es factible en comparación con superficies ya regadas. |
| Cobertura (Roca suelta y vegetación) | Insuficiente para modificar la productividad, o costos de aclareo pequeños. | Suficiente para reducir la productividad e interferir con las prácticas culturales. Se requiere aclareo pero a un costo moderado. | Presente para requerir costosos pero posibles aclareos.   |

T A B L A No. 1 (Continuación)

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS

| CARACTERISTICAS DE LA TIERRA            | CLASE ARABLE 1  | CLASE ARABLE 2  | CLASE ARABLE 3   |
|---|---|---|--|
| <b>DRENAJE</b>                          |   |   |  |
| <b>Suelo y topografía</b>               | Las condiciones de suelo y de drenaje permiten <u>vati</u> cinar que las fincas no requerirán drenajes espe-<br>cíficos.  | Las condiciones de suelo y la topografía determinan la necesidad de drena-<br>je en las fincas pe-<br>ro el mejoramiento<br>por medios artifi-<br>ciales es posible<br>a un costo razona-<br>ble. | Las condiciones del suelo y de la topografía determinan la ne-<br>cesidad de drenaje de<br>cierta magnitud para<br>las fincas, pero con<br>las medidas de mejora-<br>miento por medios ar-<br>tificiales es posible<br>realizarlos aunque<br>son costosos. |
| <b>Clase 4 - Arable li-<br/>mitada:</b> | Incluye las tierras que tienen deficiencias y restringida utilidad pero que los estudios han demostrado que son regables.   |   |  |
| <b>Clase 5 - No arable:</b>             | Incluye las tierras que requieren estudios adicionales de ingenie-<br>ría y económicos para determinar su regabilidad y las tierras tem-<br>poralmente como no productivas hasta cuando se terminen las cons-<br>trucciones o trabajos correctivos. |   |  |
| <b>Clase 6 - No arable:</b>             | Incluye a las tierras que no cumplen con los requerimientos mínimos<br>de la clase más alta mapeada en un estudio particular y pequeñas á-<br>reas de tierra arable que estén comprendidas entre áreas mayores no<br>arables.                       |   |  |

T A B L A No. 2

SIMBOLOS CARTOGRAFICOS TIPO PARA LOS ESTUDIOS DE CLASIFICACION DE TIERRA

EXPLICACION DE LAS LEYENDAS

Productividad y Desarrollo de la Tierra

CLASES DE TIERRAS

- Clase 1 Amarillo - Tierra arable
- Clase 2 Verde - Tierra arable
- Clase 3 Azul - Tierra arable

1,2,3,4, 6\*6 señala el nivel de la clase, el "22" Clase 2 de productividad, Clase 2 de costo de desarrollo de la tierra.

Requerimientos de Agua de las Parcelas

- A - Bajo
- B - Medio
- C - Alto

CLASES Y SUBCLASES DE TIERRA

Arable

Clase 1 - 1

Clase 2 - 2s, 2t, 2d, 2st, 2td, 2std

Clase 3 - 3s, 3t, 3d, 3st, 3sd, 3std, 3std

Arable limitada

Clase 4 - Pastos -4Ps,4Pt, 4Pst, 4Psd, 4Ptd, 4Pstd

Subclases similares para Frutas 4F, Arroz 4R  
Hortalizas IV

Suburbano 4H, por Aspersión 4S y

Riego Subterráneo 4U

Drenabilidad

X - Buena

Y - Restringida

Z - Pobre

Evaluaciones Suplementarias

Suelos

- K - Poca profundidad a la arena gruesa, grava ó
- b - Poca profundidad al substrato relativamente
- z - Poca profundidad a la zona de concentración
- v - Textura muy gruesa (arenosos, areno franco-sos)

SÍMBOLOS CARTOGRAFICOS TIPO PARA LOS ESTUDIOS DE CLASIFICACION DE TIERRA

|  |   |
|--|---|
| Tentativamente no Arable                                     | I - Textura moderadamente gruesa (franco, franco arenosos)        |
|  | m - Textura moderadamente fina ( franco arcilloso, franco limoso) |
| Clase 5  | h - Textura muy fina (arcillas)                                   |
| Pendiente de investigación - 5s, 5t, 5d, 5st, 5sd, 5td, 5std | e - Estructura  |
| Pendiente de mejoramiento -5(1), 5d(2s), 5 (2t), etc.        | n - Consistencia  |
| Proyecto de drenaje- 5d(1), 5d(2s) 5d(2t),etc.               | q - Capacidad de retención de humedad aprovechable.               |
| Subclases similares para inundación 5f                       | i - Infiltración de retención de humedad aprovechable.            |
| Pendiente de investigación                                   |   |
| Aislado 5i(1), 5i(2s), 5i(2t), etc.                          | p - Conductividad hidráulica                                      |
| Sistemas similares para alto 5h y bajo 5l                    | x - Pedregosidad  |
| No Arable  | a - Salinidad y alcalinidad                                       |
| Clase 6 - 6s, 6t, 6d, 6st, 6sd, 6td, 6std                    | Topografía  |
| Aislado 6i(1), 6i(2s) 6i(2t), etc.                           | g - Pendiente   |
| Sub-classes similares para alto 6h y bajo 6l y               | u - Superficie  |
| Derechos de agua 6W  | j - Patrón de riego   |
|  | c - Vegetación de cobertura                                       |
|  | r - Rocas en la superficie  |

T A B L A No. 2 (Continuación)

SÍMBOLOS CARTOGRAFICOS TIPO PARA LOS ESTUDIOS DE CLASIFICACION DE TIERRA

INFORMATIVO DE EVALUACION

Uso de la Tierra

- C - Tierra cultivada y regada
- L - Tierra cultivada y no regada
- P - Pasto permanente regado
- G - Pasto permanente no regado
- B - Matorral o bosque
- H - Suburbano o casas de campo
- W - Incultos o misceláneas
- ROW - Derecho de vía

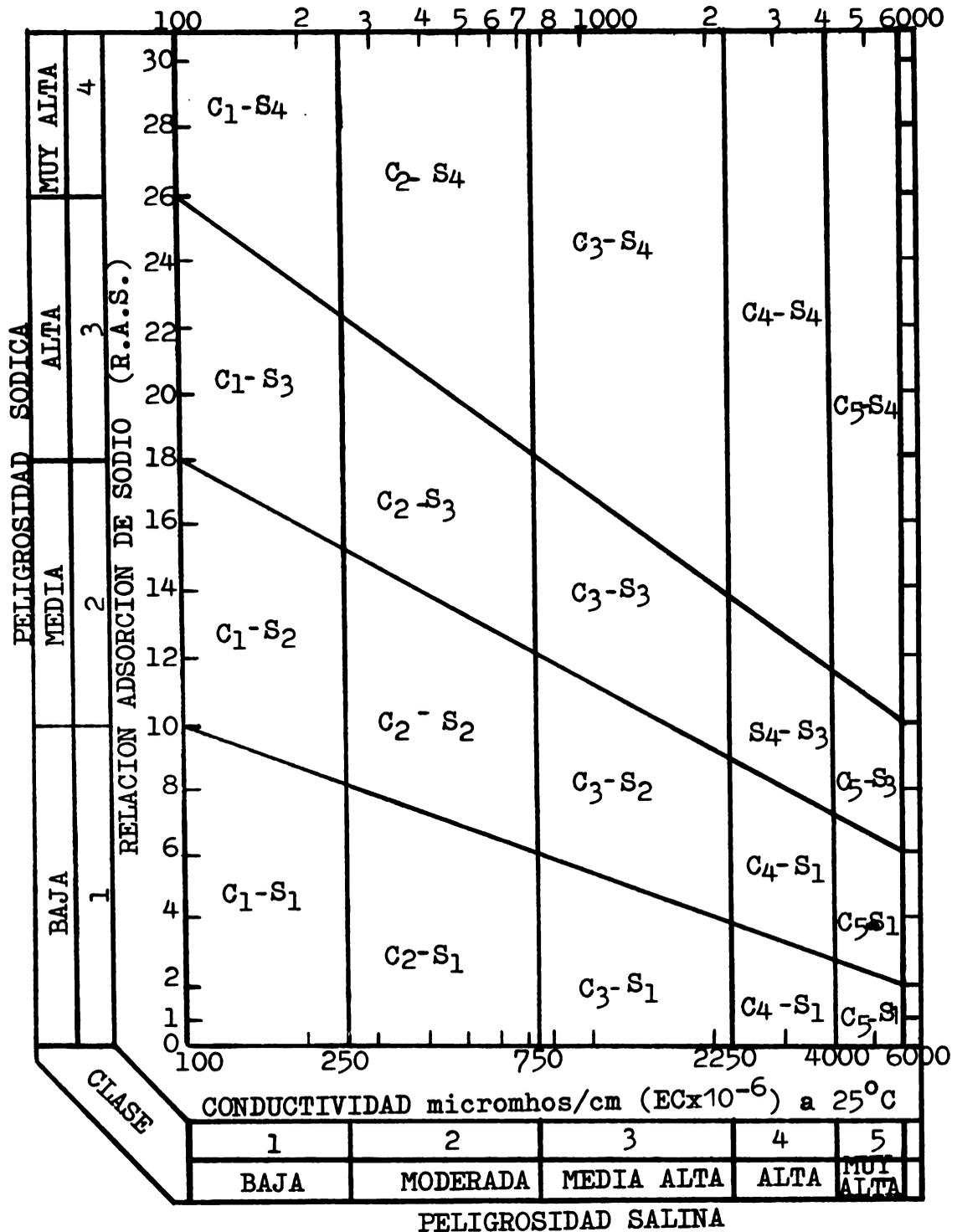
Drenaje

- f - Drenaje superficial-inundación
- w - Drenaje interno -mesa de agua
- o - Salida de drenaje

Nota: Estas evaluaciones pueden ser definidas más detalladamente usando subíndices, tales como K1, K2 y K3 indicando rangos.

NT - Este cuadro no viene incluido en el trabajo de Maletic pero el traductor consideró conveniente incluirlo.

TABLA 3. Diagrama para la Clasificación de Agua para Riego  
(Según Riverside, modificado por Thorne y Peterson)





T A B L A No. 4

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE TRES TIPOS DIFERENTES DE CULTIVOS

(Bajo el título de cada uno de los tres tipos de cultivos se agrupan, en primer lugar, los más tolerantes y, en último, los menos)

| TIPO DE CULTIVO           | BUENA (GRUPO I)     | TOLERANCIA DE SALINIDAD<br>Regular (Grupo II) | Mala (Grupo III) |
|---------------------------|---------------------|---|------------------|
| Frutales                  | Palmera datilera    | Granado                                       | Pomelo           |
|                           |                     | Higuera                                       | Peral            |
|                           |                     | Vid   | Almendro         |
|                           |                     | Oliivo  | Albaricoquero    |
|                           |                     |   | Melocotonero     |
| Herbáceos<br>y Hortalizas | Remolacha azucarera | Alfalfa                                       | Veza             |
|                           | Remolacha forrajera | Lino  | Guisante         |
|                           | Milo                | Tomate  | Apio             |
|                           | Nabo                | Espárrago                                     | Repollo          |
|                           | Bretones            | Penizo  | Alcachofa        |
|                           | Algodón             | Sorgo(grano)                                  | Berenjena        |
|                           |                     | Cebada( " )                                   | Boniato          |
|                           |                     |   |                  |
|                           |                     |   |                  |
|                           |                     |   |                  |
|                           |                     |   |                  |
|                           |                     |   |                  |
|                           |                     |   |                  |

| TIPO DE CULTIVO BUENA (Grupo I) | TOLERANCIA DE SALINIDAD Regular (Grupo II) | Malá(Grupo III)             |
|---------------------------------|--|-----------------------------|
|                                 | Centeno (grano)                            | Patata                      |
|                                 | Avena (grano)                              | Judía                       |
|                                 | Arroz                                      |                             |
| Forrajeras                      | Melioto blanco                             | Trigo (heno)                |
|                                 | Melioto amarillo                           | Avena (heno)                |
|                                 | Ray-gras inglés                            | Dactylis glomerata          |
|                                 | Bromo                                      | Boutelona gracilis          |
|                                 | Cebada(forrajera)                          | Festuca elatior             |
|                                 |  | Trifolium repens latifolium |
|                                 | Lotus coniculatus                          | Phalaris arundinacea        |
|                                 | Lotus tenuis                               | Lotus venimosus             |
|                                 | Trifolium fragiferum                       | Bromus inermis              |
|                                 | Paspalum dilatatum                         | Avena elevada               |
|                                 | Sorghum vulgare                            | melilotus indica            |
|                                 | Sorghum sudanesis                          |                             |
|                                 | Trébol de hubam                            |                             |
|                                 | Alfalfa (común de California)              |                             |
|                                 | Cañuela                                    |                             |
|                                 | Centeno forrajero                          |                             |
|                                 | Sporobolus airoides.                       | Trifolium repens            |
|                                 | Distichlis                                 | Alopecurus pratensis        |
|                                 | Puccinella nutalina                        | Trifolium hibridum          |
|                                 | Cynodon dactylon                           | Trifolium pratensis         |
|                                 | Chlorys gayana                             | Trifolium repens            |
|                                 | Bromus catarticus                          |                             |
|                                 | Elymus canadiensis                         |                             |
|                                 | Elymus triticoides                         |                             |
|                                 | Agropyrum smithii                          |                             |

T A B L A No. 5

LIMITES MAXIMOS DE CONDUCTIVIDAD DEL AGUA DE RIEGO EN  
FUNCION DE LA TOLERANCIA DEL CULTIVO Y LA TEXTURA DEL  
SUELO (Adap. de DURAND)

| TEXTURA                         | PRIMER GRUPO (*) | SEGUNDO GRUPO (**) | TERCER GRUPO (***)  |            |          |                     |
|---------------------------------|------------------|--------------------|---|------------|----------|---------------------|
|                                 |                  |                    | Palmera   | Hortalizas | Forrajes | Cultivos extensivos |
|                                 |                  |                    | Límite Superior de Conductancia del Agua de Riego. Micromhos/25°C |            |          |                     |
| arenosa.....                    | 2.500            | 6.500              | 15.500-20.000   | 8.000      | 12.000   | 10.000              |
| limo arenosa .....              | 1.600            | 4.000              | 6.000-10.000  | 4.500      | 7.000    | 6.000               |
| limosa .....                    | 1.000            | 3.000              | 8.000   | 3.500      | 5.000    | 4.500               |
| arcillosa (irrigación continua) | 800              | 2.000              | - -   | -          | -        | -                   |
| limo-arcillosa ...              | 800              | 2.000              | 6.000   | 2.400      | -        | 3.500               |
| arcilloso (irrigación normal)   | 400              | 1.000              | 3.000   | 1.800      | 1.800    | 1.600               |

\*) Plantas poco tolerantes a la salinidad ( $CE_{es}$  menos de 4.000 micromhos/cm 25°C.)

\*\*) Plantas medianamente tolerantes a la salinidad ( $CE_{es}$  de 4.000 a 10.000 micromhos/cm 25°C)

\*\*\*) Plantas altamente tolerantes a la salinidad ( $CE_{es}$  mayor de 10.000 micromhos 25°C)

**Nota General:** Se admite que el suelo esté bien drenado y que se apliquen cantidades suficientes de agua como para satisfacer el requerimiento de lixiviación.

T A B L A No. 6TOLERANCIA AL BORO DE LOS CULTIVOS

| TOLERANTE                        | SEMITOLERANTES         | SENSIBLES                        |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 4,0 p.p.m.                       | 2,0 p.p.m.             | 1,0 p.p.m.                       |
| Tamarix (Tamarix aphylla)        | Girasol (espontáneo)   | Pecán                            |
| Espárrago                        | Papa                   | Nogal (negro y pérsico) ó inglés |
| Palma (Phoenix canariensis)      | Algodón (Scala y Pima) | Topinambur                       |
| Palmera datilera (P.Dactylifera) | Tomate                 | Poroto del barco.                |
| Remolacha azucarera              | Arveja                 | Olmo americano                   |
| Remolacha forrajera              | Rábano                 | Ciruela                          |
| Remolacha de huerta              | Arvejón                | Peral                            |
| Alfalfa                          | Rosa silvestre         | Manzano                          |
| Gladiolo                         | Olivo                  | Vid                              |
| Haba                             | Cebada                 | Higuera                          |
| Cebolla                          | Trigo                  | Níspero                          |
| Nabo                             | Maíz                   | Cerezo                           |
| Col                              | Sorgo                  | Durazno                          |
| Lechuga                          | Avena                  | Damasco                          |
| Zanahoria                        | Zinnia                 | Zarzamora sin espinas            |
|                                  | Calabaza               | Naranja                          |
|                                  | Aji                    | Paltas                           |
|                                  | Camote                 | Pomelero                         |
|                                  | Poroto Lima            | Limonero                         |
| 2,0 p.p.m.                       | 1,0 p.p.m.             | 0,3 p.p.m.                       |

**TABLA 7 REPRESENTATIVA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO**

| TEXTURA DE SUELO | Infiltración básica mm/hora | Espacio poroso % | Peso específico aparente | Capacidad de campo % | Coeficiente de maleabilidad % | HUMEDAD DISPONIBLE |                       |                                       |
|------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------------|
|                  |                             |                  |                          |                      |                               | Peso Seco %        | Volumen %             | mm. agua cada 10 Cm. Suelo.           |
|                  | $l_b$                       | N                | $A_s$                    | $W_c$                | $W_m$                         | $P_w - W_c - W_m$  | $P_v - P_w \cdot A_s$ | $d \frac{P_w \cdot A_s \cdot D}{100}$ |
| <u>ARENA</u>     | 50<br>(25 - 250)            | 38<br>(32 - 42)  | 1.65<br>1.55 - 1.80      | 9<br>(6 - 12)        | 4<br>(2 - 6)                  | 5<br>(4 - 6)       | 8<br>(6 - 10)         | 8.2<br>(6.2 - 10.8)                   |
| <u>FRANCO</u>    | 25<br>(13 - 75)             | 43<br>(40 - 47)  | 1.50<br>1.40 - 1.60      | 14<br>(10 - 18)      | 6<br>(4 - 8)                  | 8<br>(6 - 10)      | 12<br>(9 - 15)        | 12<br>(8.4 - 16)                      |
| <u>FRANCO</u>    | 12.5<br>(7.5 - 20)          | 47<br>(43 - 49)  | 1.40<br>1.35 - 1.50      | 22<br>(18 - 26)      | 10<br>(8 - 12)                | 12<br>(10 - 14)    | 17<br>(14 - 20)       | 16.8<br>(13.5 - 21)                   |
| <u>FRANCO</u>    | 7.5<br>(2 - 15)             | 49<br>(47 - 51)  | 1.35<br>1.30 - 1.40      | 27<br>(23 - 31)      | 13<br>(11 - 15)               | 14<br>(12 - 16)    | 19<br>(16 - 22)       | 18.9<br>(15.6 - 22.4)                 |
| <u>ARCILLOSO</u> | 2<br>(0.2 - 5)              | 51<br>(49 - 53)  | 1.30<br>1.25 - 1.35      | 31<br>(27 - 35)      | 15<br>(13 - 17)               | 16<br>(14 - 18)    | 21<br>(18 - 23)       | 20.8<br>(17.5 - 24.3)                 |
| <u>ARCILLO.</u>  | 0.5<br>(0.1 - 1)            | 53<br>(51 - 55)  | 1.25<br>1.20 - 1.30      | 35<br>(31 - 39)      | 17<br>(15 - 19)               | 18<br>(16 - 20)    | 23<br>(20 - 25)       | 22.5<br>(19.2 - 26)                   |

NOTA: Los valores entre paréntesis representan el normal rango de variación.

T A B L A No. 8

CAUDAL MAXIMO NO EROSIVO PARA SURCOS EN PEN-  
DIENTE CALCULADOS EN FUNCION DE LA FORMULA  
DE CRIDDLE

---

$$Q = \frac{063}{S\%}$$

| PENDIENTE<br>% | CAUDAL MAXIMO NO EROSIVO<br>S/CRIDDLE l/s |
|----------------|---|
| 0.1            | 6.30                                      |
| 0.15           | 4.20                                      |
| 0.2            | 3.15                                      |
| 0.25           | 2.52                                      |
| 0.3            | 2.10                                      |
| 0.35           | 1.80                                      |
| 0.40           | 1.57                                      |
| 0.45           | 1.4                                       |
| 0.50           | 1.26                                      |
| 0.75           | 0.84                                      |
| 1.00           | 0.63                                      |
| 1.25           | 0.50                                      |
| 1.50           | 0.42                                      |
| 2              | 0.31                                      |
| 3              | 0.21                                      |
| 4              | 0.16                                      |
| 5              | 0.13                                      |

T A B L A No. 9

CAUDAL MAXIMO NO EROSIVO POR METRO DE ANCHO  
PARA MELGAS EN PENDIENTE CALCULADOS EN FUN-  
CION DE LA FORMULA DE CRIDDLE

$$Q = 5,57.S^{-075}$$

| PENDIENTE<br>S% | Q <sub>max/m</sub><br>en l/s |
|-----------------|------------------------------|
| 0.10            | 31.3                         |
| 0.15            | 23.1                         |
| 0.20            | 18.6                         |
| 0.25            | 15.7                         |
| 0.30            | 13.7                         |
| 0.35            | 12.2                         |
| 0.40            | 11.1                         |
| 0.45            | 10.1                         |
| 0.50            | 9.4                          |
| 0.55            | 8.7                          |
| 0.60            | 8.2                          |
| 0.65            | 7.7                          |
| 0.70            | 7.3                          |
| 0.75            | 6.9                          |

T A B L A No. 10

METODOS DE RIEGO ACONSEJABLE SEGUN PENDIENTE TRANS  
VERSAL

| PENDIENTE MAXIMA TRANSVERSAL |      | NOMBRE DEL METODO | ANCHO DE LAS UNIDADES |               |
|------------------------------|------|-------------------|-----------------------|---------------|
| De                           | A    |                   | MINIMOS<br>m.         | MAXIMOS<br>m. |
| Hasta                        | 2‰   | Piletas anchas    | 15                    | 60            |
| 2‰                           | 7.5‰ | Piletas angostas  | 4                     | 15            |
| 1.5‰                         | 3.5‰ | Melgas anchas     | 8                     | 20            |
| 3.5‰                         | 7.5‰ | Melgas angostas   | 4                     | 8             |
| 7.5‰                         | 20 ‰ | Surcos anchos     | 1.5                   | 3             |
| 20 ‰                         | 50 ‰ | Surcos angostos   | 0.60                  | 1.5           |

En pendientes mayores surcos en contorno ó melgas angostas en contorno.

TABLA No. 11

ANCHO DE LAS UNIDADES DE RIEGO EN FUNCION DE LA TOLERANCIA ENTRE BORDOS Y AJUSTE POR IMPLEMENTOS AGRICOLAS

| ANCHO (b) DE LA PILETA O MELGA S/PEND. TRANSVERSAL | AJUSTE DEL ANCHO PARA 2 PASADAS DE IMPLEMENTOS DE: |                         |                 |                        |                  |                           |                 |                           |                |                         |
|--|--|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|----------------|-------------------------|
|  | 2.50 de ancho                                      |                         | 3.00 m de ancho |                        | 4.00 m. de ancho |                           | 6.00 m de ancho |                           |                |                         |
|  | No. de pasadas                                     | Ancho más 1 m. de bordo | No. de pasadas  | Ancho más 1m. de bordo | No. de pasadas   | Ancho más 1 m. de pasadas | No. de pasadas  | Ancho más 1 m. de pasadas | No. de pasadas | Ancho más 1 m. de bordo |
| 4  | -  | -                       | 1               | 4                      | 1                | 5                         | -               | -                         | -              | -                       |
| 5  | 2  | 6                       | 1               | 4                      | 1                | 5                         | -               | -                         | -              | -                       |
| 6  | 2  | 6                       | 2               | 7                      | 1                | 5                         | 1               | 1                         | 7              | 7                       |
| 7  | 2  | 6                       | 2               | 7                      | 1                | 5                         | 1               | 1                         | 7              | 7                       |
| 8  | 3  | 8.50                    | 2               | 7                      | 2                | 9                         | 1               | 1                         | 7              | 7                       |
| 10   | 4  | 11                      | 3               | 10                     | 2                | 9                         | 1               | 1                         | 7              | 7                       |
| 12   | 4  | 11                      | 4               | 13                     | 3                | 13                        | 2               | 2                         | 13             | 13                      |
| 15   | 6  | 16                      | 5               | 16                     | 3                | 13                        | 2               | 2                         | 13             | 13                      |
| 20   | 8  | 21                      | 6               | 19                     | 5                | 21                        | 3               | 3                         | 19             | 19                      |
| 30   | 12   | 31                      | 10              | 31                     | 7                | 29                        | 5               | 5                         | 31             | 31                      |
| 60   | -  | -                       | -               | -                      | 15               | 61                        | 10              | 10                        | 61             | 61                      |

T A B L A No. 12

LONGITUDES ACONSEJABLES PARA UNIDADES DE RIEGO  
A CERO (PILETAS) SEGUN TEXTURA.

| TEXTURA          | LONGITUD DE LA PILETA EN M. | AREA APROXIMADA DE LAS PILETAS EN M <sup>2</sup> |                           |
|------------------|-----------------------------|--|---------------------------|
|                  |                             | PARA ANCHOS MINIMOS (4 m)                        | PARA ANCHOS MEDIOS (20 m) |
| ARENOSA          | 70 m. a menos               | 280  | 1.400                     |
| FRANCO ARENOSA   | 70 a 100                    | 400  | 2.000                     |
| FRANCA           | 100 a 200                   | 800  | 4.000                     |
| FRANCO ARCILLOSA | 200 a 300                   | 1.200  | 6.000                     |
| ARCILLO LIMOSA   | 300 a más                   | 1.200 a más                                      | 6.000 a más               |

T A B L A No.13

CAUDALES DE ESCURRIMIENTO Y TIRANTE MEDIO PRODU-  
CIDO

| PENDIENTE LONGITUDINAL % | CAUDAL EN l/s POR METRO DE ANCHO DE MELGA | ALTURA DEL TIRANTE EN LA MELGA (EN METROS) |
|--------------------------|---|--|
| 0.15                     | 23.1                                      | 0.25                                       |
| 0.20                     | 18.6                                      | 0.20                                       |
| 0.30                     | 13.7                                      | 0.15                                       |
| 0.40                     | 11.1                                      | 0.10                                       |
| 0.50                     | 9.4                                       | 0.07                                       |
| 0.60                     | 8.2                                       | 0.05                                       |
| 0.75                     | 6.9                                       | 0.04                                       |

T A B L A No. 14

LONGITUDES ACONSEJABLES PARA MELGAS EN PENDIENTE SEGUN TEXTURA Y

CAUDAL DE INFILTRACION MANEJABLE.

| TEXTURA        | Infiltración promedio (Ip) en mm/hora para una lámina de 60 mm. (Adaptado de Schichter) | Caudal de infiltración unitario = $ip / 3600 = qi$ en l/s m <sup>2</sup> | Area (A) según caudal de infiltración manejable<br>$A = \frac{Qi}{qi} \left( \frac{l/s}{m^2} \right) = (M^2)$ |                        |                        |                         | Longitud de la melga                   |
|----------------|---|--|---|------------------------|------------------------|-------------------------|--|
|                |   |  | $15 \frac{l/s}{m^2} +$  | $25 \frac{l/s}{m^2} +$ | $50 \frac{l/s}{m^2} +$ | $100 \frac{l/s}{m^2} +$ |  |
| Arenosa        | 300   | 0.08   | $15 \frac{l/s}{m^2} +$  | $25 \frac{l/s}{m^2} +$ | $50 \frac{l/s}{m^2} +$ | $100 \frac{l/s}{m^2} +$ | de 100 a menos                         |
| Franco arenosa | 70  | 0.020  | +   | 1250                   | 2500                   | 5000                    | de 100 a 300                           |
| Franco limo    | 20  | 0.005  | 3000  | 5000                   | +                      | o                       | de 300 a 400                           |
| Franco limoso  | 10  | 0.003  | 5000  | +                      | o                      | o                       | de 400 a más (pero en melgas angostas) |
| Limo arcilloso | 5   | 0.001  | +   | +                      | o                      | o                       |  |

(+) Corresponde riego por surcos

(o) Corresponde riego a manta o encadenado

T A B L A No. 15

LONGITUDES OPTIMAS DE SURCOS EN PENDIENTE

| PENDIENTE<br>LONGITUDI<br>NAL<br>o/o | CAUDAL MA-<br>XIMO POR<br>SURCO<br>l/s | TEXTURA DEL SUELO                   |                                    |                            |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|                                      |  | ARENOSA A<br>FRANCO ARE<br>NOSA (M) | FRANCA A<br>FRANCA LI-<br>MOSA (m) | LIMO AR-<br>CILLOSA<br>(m) |
| 0.15                                 | 4.2                                    | 200                                 | 300                                | 400                        |
| 0.25                                 | 2.52                                   | 150                                 | 250                                | 320                        |
| 0.5                                  | 1.26                                   | 100                                 | 170                                | 225                        |
| 0.75                                 | 0.84                                   | 80                                  | 140                                | 175                        |
| 1                                    | 0.63                                   | 70                                  | 115                                | 150                        |
| 1.5                                  | 0.42                                   | 60                                  | 95                                 | 120                        |
| 2                                    | 0.31                                   | 50                                  | 80                                 | 105                        |
| 3                                    | 0.21                                   | -                                   | 70                                 | 95                         |
| 5                                    | 0.13                                   | -                                   | 50                                 | 70                         |

T A B L A No. 16

CAPACIDAD Y DIMENSIONES DE CANALES EN TIERRA

TALUD 1:1      N = 0.025

| TIRANTE<br>DE (h)<br>EN CM | S = Pendiente en m. por 1000 m. |        |      |        |      |        |      |        |
|----------------------------|---------------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
|                            | 0.5                             |        | 1    |        | 2    |        | 3    |        |
|                            | V                               | Q      | V    | Q      | V    | Q      | V    | Q      |
| b= 0.20 m.                 | m/s                             | l/s    | m/s  | l/s    | m/s  | l/s    | m/s  | l/s    |
| 0.05                       | 0.10                            | 1.25   | 0.14 | 1.75   | 0.20 | 2.50   | 0.24 | 3.00   |
| 0.10                       | 0.14                            | 4.25   | 0.20 | 6.00   | 0.28 | 8.40   | 0.34 | 10.20  |
| 0.15                       | 0.17                            | 8.90   | 0.24 | 12.60  | 0.34 | 17.85  | 0.42 | 22.05  |
| 0.20                       | 0.20                            | 16.00  | 0.28 | 22.40  | 0.40 | 32.00  | 0.49 | 39.20  |
| 0.25                       | 0.22                            | 24.75  | 0.32 | 36.00  | 0.45 | 50.60  | 0.55 | 61.90  |
| 0.30                       | 0.25                            | 37.50  | 0.35 | 52.50  | 0.49 | 73.50  | 0.60 | 90.00  |
| 0.35                       | 0.27                            | 52.00  | 0.38 | 73.15  | 0.53 | 102.00 | 0.65 | 125.10 |
| 0.40                       | 0.28                            | 67.20  | 0.40 | 96.00  | 0.57 | 136.80 | 0.70 | 168.00 |
| b= 0.30                    |                                 |        |      |        |      |        |      |        |
| 0.05                       | 0.10                            | 1.75   | 0.15 | 2.60   | 0.21 | 3.70   | 0.26 | 4.55   |
| 0.10                       | 0.15                            | 6.00   | 0.21 | 8.40   | 0.30 | 12.00  | 0.37 | 14.80  |
| 0.15                       | 0.18                            | 12.15  | 0.26 | 17.55  | 0.37 | 25.00  | 0.45 | 30.40  |
| 0.20                       | 0.21                            | 21.00  | 0.30 | 30.00  | 0.42 | 42.00  | 0.52 | 52.00  |
| 0.25                       | 0.24                            | 33.00  | 0.34 | 46.75  | 0.48 | 66.00  | 0.58 | 79.75  |
| 0.30                       | 0.26                            | 46.80  | 0.37 | 66.60  | 0.52 | 93.60  | 0.64 | 115.20 |
| 0.35                       | 0.28                            | 63.70  | 0.40 | 91.00  | 0.56 | 127.40 | 0.69 | 157.00 |
| b= 0.40                    |                                 |        |      |        |      |        |      |        |
| 0.05                       | 0.10                            | 2.25   | 0.15 | 3.40   | 0.21 | 4.70   | 0.26 | 5.85   |
| 0.10                       | 0.15                            | 7.50   | 0.21 | 10.50  | 0.30 | 15.00  | 0.37 | 18.50  |
| 0.15                       | 0.19                            | 15.70  | 0.27 | 22.30  | 0.38 | 31.35  | 0.47 | 38.80  |
| 0.20                       | 0.22                            | 26.40  | 0.31 | 37.20  | 0.43 | 51.60  | 0.53 | 63.60  |
| 0.25                       | 0.25                            | 40.60  | 0.36 | 58.50  | 0.50 | 81.25  | 0.62 | 100.75 |
| 0.30                       | 0.27                            | 56.70  | 0.39 | 81.90  | 0.55 | 115.50 | 0.67 | 140.70 |
| 0.35                       | 0.30                            | 78.75  | 0.42 | 110.25 | 0.59 | 184.90 | 0.73 | 191.60 |
| 0.40                       | 0.32                            | 102.40 | 0.45 | 144.00 | 0.63 | 201.60 | 0.77 | 246.40 |
| 0.45                       | 0.33                            | 126.20 | 0.47 | 179.80 | 0.67 | 256.30 | 0.82 | 313.65 |
| 0.50                       | 0.35                            | 157.50 | 0.50 | 225.00 | 0.71 | 319.50 | 0.87 | 391.50 |

En todos los casos la altura total del canal debe ser un 20% mayor que h.

T A B L A No. 16

CAPACIDAD Y DIMENSIONES DE CANALES EN TIERRA  
(Cont.)

TALUD 1.5:1 N = 0.025

| TIRANTE<br>DE AGUA<br>(h)<br>CM <sup>en</sup> | Pendiente en m. 1000 m. |        |      |        |      |        |      |        |  |
|---|-------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|--|
|   | 0.5                     |        | 1    |        | 2    |        | 3    |        |  |
|   | V                       | Q      | V    | Q      | V    | Q      | V    | Q      |  |
| b= 0.20                                       |                         |        |      |        |      |        |      |        |  |
| 0.10  | 0.14                    | 4.90   | 0.19 | 6.65   | 0.27 | 9.45   | 0.33 | 11.55  |  |
| 0.15  | 0.28                    | 11.50  | 0.25 | 15.95  | 0.36 | 23.00  | 0.44 | 28.10  |  |
| 0.20  | 0.20                    | 20.00  | 0.29 | 29.00  | 0.41 | 41.00  | 0.50 | 50.00  |  |
| 0.25  | 0.23                    | 33.10  | 0.32 | 46.00  | 0.46 | 66.15  | 0.56 | 80.50  |  |
| 0.30  | 0.25                    | 48.75  | 0.36 | 70.20  | 0.50 | 97.50  | 0.62 | 120.90 |  |
| 0.35  | 0.27                    | 68.50  | 0.39 | 99.00  | 0.55 | 139.60 | 0.67 | 170.00 |  |
| 0.40  | 0.30                    | 96.00  | 0.42 | 134.40 | 0.59 | 188.80 | 0.72 | 230.40 |  |
| 0.45  | 0.32                    | 126.00 | 0.46 | 181.15 | 0.65 | 256.00 | 0.80 | 315.00 |  |
| 0.50  | 0.34                    | 161.50 | 0.49 | 232.75 | 0.69 | 327.75 | 0.85 | 403.75 |  |
| b= 0.30                                       |                         |        |      |        |      |        |      |        |  |
| 0.10  | 0.15                    | 6.75   | 0.22 | 9.90   | 0.30 | 13.50  | 0.37 | 16.65  |  |
| 0.15  | 0.18                    | 14.20  | 0.25 | 19.70  | 0.36 | 28.40  | 0.44 | 34.70  |  |
| 0.20  | 0.22                    | 26.40  | 0.31 | 37.20  | 0.43 | 51.60  | 0.53 | 63.60  |  |
| 0.25  | 0.24                    | 40.50  | 0.34 | 57.40  | 0.48 | 81.00  | 0.59 | 99.60  |  |
| 0.30  | 0.26                    | 58.50  | 0.37 | 83.25  | 0.53 | 119.25 | 0.65 | 146.25 |  |
| 0.35  | 0.28                    | 80.90  | 0.40 | 115.50 | 0.57 | 164.60 | 0.70 | 202.20 |  |
| 0.40  | 0.32                    | 115.20 | 0.45 | 162.00 | 0.63 | 226.80 | 0.77 | 277.20 |  |
| 0.45  | 0.33                    | 144.80 | 0.47 | 206.20 | 0.67 | 294.00 | 0.82 | 359.80 |  |
| 0.50  | 0.35                    | 183.75 | 0.50 | 262.50 | 0.71 | 372.75 | 0.87 | 456.75 |  |
| b= 0.40                                       |                         |        |      |        |      |        |      |        |  |
| 0.10  | 0.15                    | 8.25   | 0.22 | 12.10  | 0.30 | 16.50  | 0.37 | 20.35  |  |
| 0.15  | 0.19                    | 17.80  | 0.27 | 25.30  | 0.38 | 35.60  | 0.47 | 44.10  |  |
| 0.20  | 0.22                    | 30.80  | 0.31 | 43.40  | 0.43 | 60.20  | 0.53 | 74.20  |  |
| 0.25  | 0.25                    | 48.45  | 0.36 | 69.80  | 0.50 | 96.90  | 0.62 | 120.15 |  |
| 0.30  | 0.27                    | 68.85  | 0.39 | 99.45  | 0.55 | 140.25 | 0.67 | 170.85 |  |
| 0.35  | 0.30                    | 97.10  | 0.42 | 136.00 | 0.59 | 191.99 | 0.73 | 236.40 |  |
| 0.40  | 0.32                    | 128.00 | 0.46 | 184.00 | 0.65 | 260.00 | 0.80 | 320.00 |  |
| 0.45  | 0.34                    | 164.50 | 0.49 | 237.10 | 0.69 | 333.80 | 0.85 | 411.20 |  |
| 0.50  | 0.36                    | 207.00 | 0.51 | 293.25 | 0.73 | 419.75 | 0.89 | 511.75 |  |

T A B L A No. 17COEFICIENTE DE CULTIVO (k) PARA DIFERENTES ES-  
PECIES VEGETALES

| CULTIVO              | COEFICIENTE ESTACIONAL | (L)<br>MAXIMO<br>MENSUAL |
|----------------------|------------------------|--------------------------|
| Alfalfa              | 0.85                   | 0.95 - 1.25              |
| Habas                | 0.65                   | 0.75 - 0.85              |
| Maíz                 | 0.75                   | 0.80 - 1.20              |
| Algodón              | 0.70                   | 0.75 - 1.10              |
| Citrus               | 0.60                   | 0.65 - 0.75              |
| Frutales hoja Caduca | 0.65                   | 0.70 - 0.95              |
| Praderas naturales   | 0.75                   | 0.85 - 1.15              |
| Papas                | 0.70                   | 0.85 - 1.00              |
| Arroz                | 1.00                   | 1.10 - 1.30              |
| Cereales finos       | 0.75                   | 0.85 - 1.00              |
| Sorgo                | 0.70                   | 0.85 - 1.10              |
| Remolacha azucarera  | 0.70                   | 0.85 - 1.00              |

T A B L A No. 18

VARIACION PERIODICA DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO K, SEGUN GRASSI.

| K = 0.60 | K = 0.65 | K = 0.70 | K = 0.75 | K = 0.80 | K = 0.85 | K = 0.90 | K = 0.95 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| k        | k        | k        | k        | k        | k        | k        | k        |
| 0.272    | 0.294    | 0.317    | 0.340    | 0.362    | 0.385    | 0.407    | 0.430    |
| 0.438    | 0.474    | 0.511    | 0.547    | 0.584    | 0.620    | 0.657    | 0.693    |
| 0.571    | 0.618    | 0.666    | 0.713    | 0.761    | 0.809    | 0.856    | 0.904    |
| 0.671    | 0.727    | 0.783    | 0.839    | 0.895    | 0.951    | 1.006    | 1.063    |
| 0.738    | 0.799    | 0.861    | 0.922    | 0.984    | 1.045    | 1.107    | 1.168    |
| 0.771    | 0.836    | 0.900    | 0.964    | 1.028    | 1.093    | 1.157    | 1.221    |
| 0.772    | 0.837    | 0.901    | 0.965    | 1.030    | 1.094    | 1.158    | 1.222    |
| 0.740    | 0.801    | 0.863    | 0.925    | 0.986    | 1.048    | 1.109    | 1.171    |
| 0.674    | 0.731    | 0.787    | 0.843    | 0.899    | 0.956    | 1.012    | 1.068    |
| 0.576    | 0.624    | 0.672    | 0.720    | 0.768    | 0.816    | 0.864    | 0.913    |

A N E X O    2

P L A N I L L A S



PLANILLA No. 1PLANILLA PARA DETERMINACION DE INFILTRACION POR EL  
METODO DEL INFILTROMETRO DOBLE ANILLO

| DATOS DE CAMPO<br>INFILTROMETRO No. |                    |                 | TIEMPO<br>(EN MINUTOS) |                 | LAMINAS<br>(EN MILIMETROS) |                |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|
| HORA                                | LECTURA<br>EN cms. | ENRASE<br>EN cm | PARCIALES              | ACUMU-<br>LADOS | PARCIA<br>LES              | ACUMULA<br>DOS |
| 2:30 p.m.                           | -                  | 15.0            | -                      | -               | -                          | -              |
| 2:35 p.m.                           | 12.0               | -               | 5                      | 5               | 30                         | 30             |
| 2:40                                | 11.3               | -               | 5                      | 10              | 7                          | 37             |
| 2:45                                | 10.7               | -               | 5                      | 15              | 6                          | 43             |
| 2:50                                | 10.3               | -               | 5                      | 20              | 4                          | 47             |
| 2:55                                | 9.9                | -               | 5                      | 25              | 4                          | 51             |
| 2:55                                | -                  | 15.0            | -                      | -               | -                          | -              |
| 3:00                                | 14.6               | -               | 5                      | 30              | 4                          | 55             |
| 3:10                                | 13.7               | -               | 10                     | 40              | 9                          | 64             |
| 3:20                                | 12.9               | -               | 10                     | 50              | 8                          | 72             |
| 3:30                                | 12.2               | -               | 10                     | 60              | 7                          | 79             |
| 4:00                                | 9.8                | -               | 30                     | 90              | 24                         | 103            |
| 4:00                                | -                  | 15.0            | -                      | -               | -                          | -              |
| 4:30                                | 13.1               | -               | 30                     | 120             | 19                         | 122            |
| 5:00                                | 11.2               | -               | 30                     | 150             | 19                         | 141            |
| 6:00                                | 7.7                | -               | 60                     | 210             | 35                         | 176            |

PLANILLA No.2

DETERMINACION DE INFILTRACION EN SURCOS

SURCO No. PERIMETRO= 0.20 m. AREA=20 M2

| AFORO EST. 0 |               | AFORO EST.     |        | Qi   | T. ACUMUL.<br>MINUTOS | INFILTRA<br>CION mm. |
|--------------|---------------|----------------|--------|------|-----------------------|----------------------|
| HORA         | CAUDAL<br>l/s | 100 m.<br>HORA | CAUDAL | l/s  |                       |                      |
| 08.05        | 0.6           | 08.27          | -      | -    | -                     | -                    |
| 08.32        | 0.6           | 08.32          | 0.10   | 0.5  | 5                     | 7.5                  |
| 08.37        | 0.6           | 08.37          | 0.24   | 0.36 | 10                    | 10.8                 |
| 08.42        | 0.6           | 08.42          | 0.33   | 0.27 | 15                    | 12.2                 |
| 08.47        | 0.6           | 08.47          | 0.34   | 0.26 | 20                    | 15.6                 |
| 08.57        | 0.6           | 08.57          | 0.40   | 0.20 | 30                    | 18.0                 |
| 09.07        | 0.6           | 09.07          | 0.42   | 0.18 | 40                    | 21.6                 |
| 09.17        | 0.6           | 09.17          | 0.43   | 0.17 | 50                    | 25.5                 |
| 09.27        | 0.6           | 09.27          | 0.44   | 0.16 | 60                    | 28.8                 |
| 09.57        | 0.6           | 09.57          | 0.48   | 0.12 | 90                    | 32.4                 |
| 10.27        | 0.6           | 10.27          | 0.48   | 1.12 | 120                   | 43.2                 |
| 11.27        | 0.6           | 11.27          | 0.50   | 0.10 | 180                   | 54.0                 |

$$d \text{ mm} = \frac{Q \text{ l/s} \times t_s}{A \text{ m}^2}$$

PLANILLA No. 3

VELOCIDAD DE AVANCE DEL AGUA EN SURCOS

(Fig. 6)

| ESTACION |     | ELEVACION. | SURCO No. 1<br>Q=0.3 l/s |       | SURCO No.2<br>Q=0.5 l/s |       | SURCO No.3<br>Q=0.6 l/s |       | SURCO No.4<br>Q=0.8 l/s |       | SURCO No.5<br>Q=1 l/s |       |
|----------|-----|------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|
| No.      | m   | m          | Hora                     | Acum. | Hora                    | Acum. | Hora                    | Acum. | Hora                    | Acum. | Hora                  | Acum. |
| 0        | 0   |            | 00                       | 00    | 00                      | 00    | 00                      | 00    | 00                      | 00    | 00                    | 00    |
| 1        | 10  |            | 08                       | 08    | 04                      | 02    | 02                      | 02    | 01                      | 01    | 01                    | 01    |
| 2        | 20  |            | 06                       | 14    | 03                      | 07    | 01                      | 03    | 01                      | 02    | 01                    | 02    |
| 3        | 30  |            | 06                       | 20    | 03                      | 10    | 01                      | 04    | 01                      | 03    | 01                    | 03    |
| 4        | 40  |            | 08                       | 28    | 02                      | 12    | 03                      | 07    | 02                      | 05    | 01                    | 04    |
| 5        | 50  |            | 07                       | 35    | 03                      | 15    | 02                      | 09    | 02                      | 07    | 01                    | 05    |
| 6        | 60  |            | 12                       | 47    | 05                      | 20    | 02                      | 11    | 02                      | 09    | 01                    | 06    |
| 7        | 70  |            | 09                       | 56    | 05                      | 25    | 02                      | 13    | 02                      | 11    | 01                    | 07    |
| 8        | 80  |            | 13                       | 69    | 03                      | 28    | 02                      | 15    | 02                      | 13    | 01                    | 08    |
| 9        | 90  |            |                          |       | 04                      | 32    | 03                      | 18    | 01                      | 14    | 01                    | 09    |
| 10       | 100 |            |                          |       | 06                      | 38    | 04                      | 22    | 02                      | 16    | 01                    | 10    |
| 11       | 120 |            |                          |       | 08                      | 46    | 06                      | 28    | 02                      | 18    | 01                    | 11    |
| 12       | 140 |            |                          |       | 12                      | 58    | 08                      | 36    | 03                      | 21    | 02                    | 13    |
| 13       | 160 |            |                          |       | 11                      | 69    | 08                      | 44    | 07                      | 28    | 02                    | 15    |
| 14       | 180 |            |                          |       | 18                      | 87    | 08                      | 52    | 06                      | 34    | 05                    | 20    |
| 15       | 200 |            |                          |       |                         |       | 08                      | 60    | 06                      | 40    | 05                    | 25    |
| 16       | 220 |            |                          |       |                         |       | 09                      | 69    | 08                      | 48    | 05                    | 30    |
| 17       | 240 |            |                          |       |                         |       | 13                      | 82    | 08                      | 56    | 06                    | 36    |
| 18       | 260 |            |                          |       |                         |       | 16                      | 98    | 10                      | 66    | 06                    | 42    |
| 19       | 280 |            |                          |       |                         |       |                         |       | 10                      | 76    | 07                    | 49    |
| 20       | 300 |            |                          |       |                         |       |                         |       | 12                      | 88    | 07                    | 56    |

PLANILLA No. 4

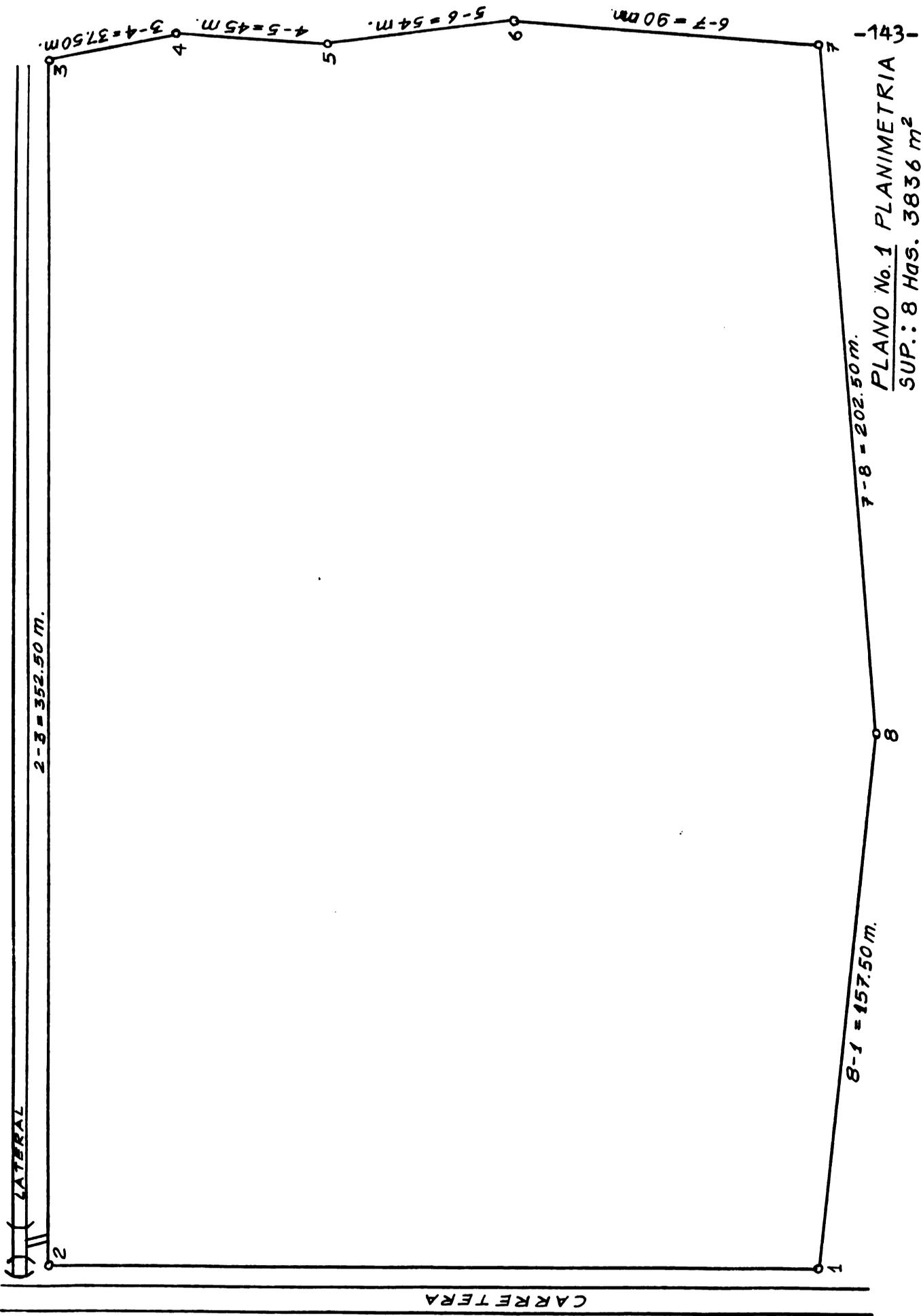
VELOCIDAD DE AVANCE Y RECESO DE AGUA EN  
MELGAS

| ESTACION<br>m | MELGA No. 1 - Q = 9.4 M2 |                   |             |                   | MELGA No. 2 - Q = |                   |             |                   |
|---------------|--------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|
|               | A V A N C E              |                   | R E C E S O |                   | A V A N C E       |                   | R E C E S O |                   |
|               | HORA                     | TIEMPO<br>ACUMUL. | HORA        | TIEMPO<br>ACUMUL. | HORA              | TIEMPO<br>ACUMUL. | HORA        | TIEMPO<br>ACUMUL. |
| 0             | 00                       | 00                | 38          | 38                |                   |                   |             |                   |
| 10            | 03                       | 03                | 02          | 40                |                   |                   |             |                   |
| 20            | 03                       | 06                | 01          | 41                |                   |                   |             |                   |
| 30            | 03                       | 09                | 02          | 43                |                   |                   |             |                   |
| 40            | 02                       | 11                | 02          | 45                |                   |                   |             |                   |
| 50            | 02                       | 13                | 02          | 47                |                   |                   |             |                   |
| 60            | 03                       | 16                | 02          | 49                |                   |                   |             |                   |
| 70            | 03                       | 19                | 02          | 51                |                   |                   |             |                   |
| 80            | 03                       | 22                | 03          | 54                |                   |                   |             |                   |
| 90            | 02                       | 24                | 02          | 56                |                   |                   |             |                   |
| 100           | 02                       | 26                | 03          | 59                |                   |                   |             |                   |
| 120           | 04                       | 30                | 05          | 64                |                   |                   |             |                   |
| 140           | 08                       | 38                | 06          | 70                |                   |                   |             |                   |
| 160           | 05                       | 43                | 06          | 76                |                   |                   |             |                   |
| 180           | 06                       | 49                | 06          | 82                |                   |                   |             |                   |
| 200           | 08                       | 57                | 06          | 88                |                   |                   |             |                   |
| 250           | 21                       | 78                | 17          | 105               |                   |                   |             |                   |
| 300           | 26                       | 104               | 22          | 127               |                   |                   |             |                   |

**A N E X O 3**

**P L A N O S**





-143-  
 PLANO No. 1 PLANIMETRIA  
 SUP.: 8 Has. 3836 m<sup>2</sup>  
 ESC.: 1:1500

CARRETERA

LATERAL

2-3 = 352.50 m.

3-4 = 37.50 m.

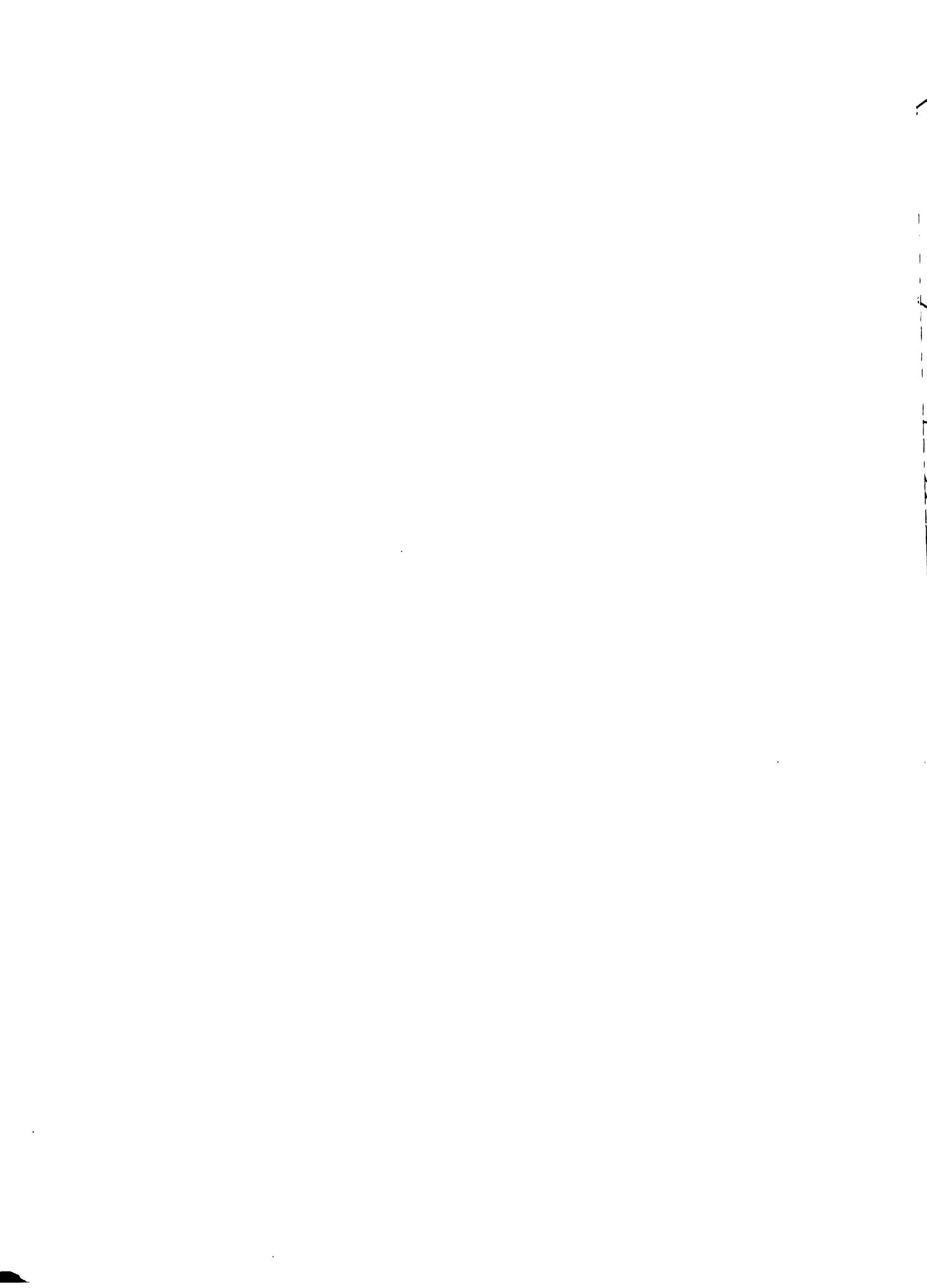
4-5 = 45 m.

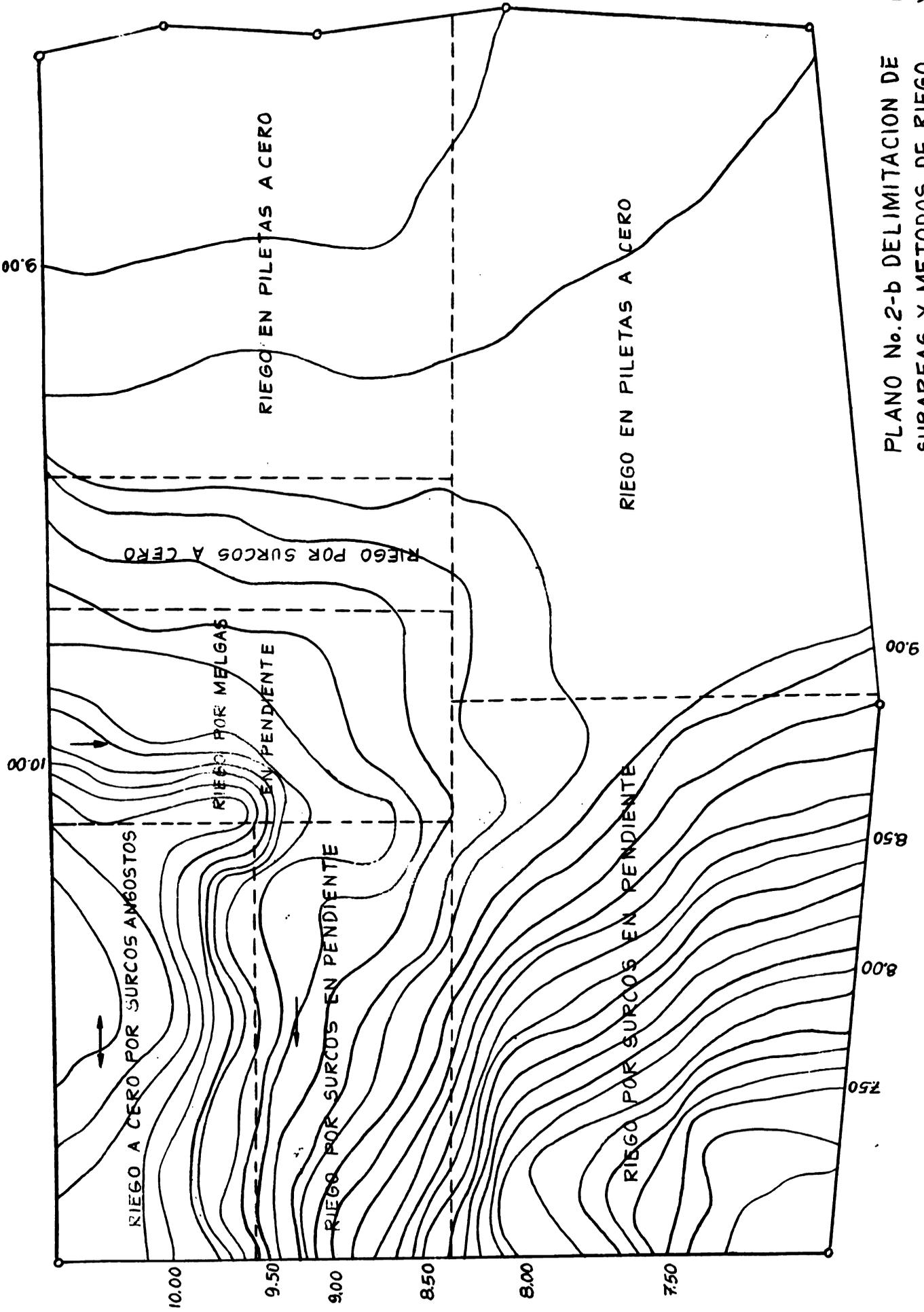
5-6 = 54 m.

6-7 = 90 m.

7-8 = 202.50 m.

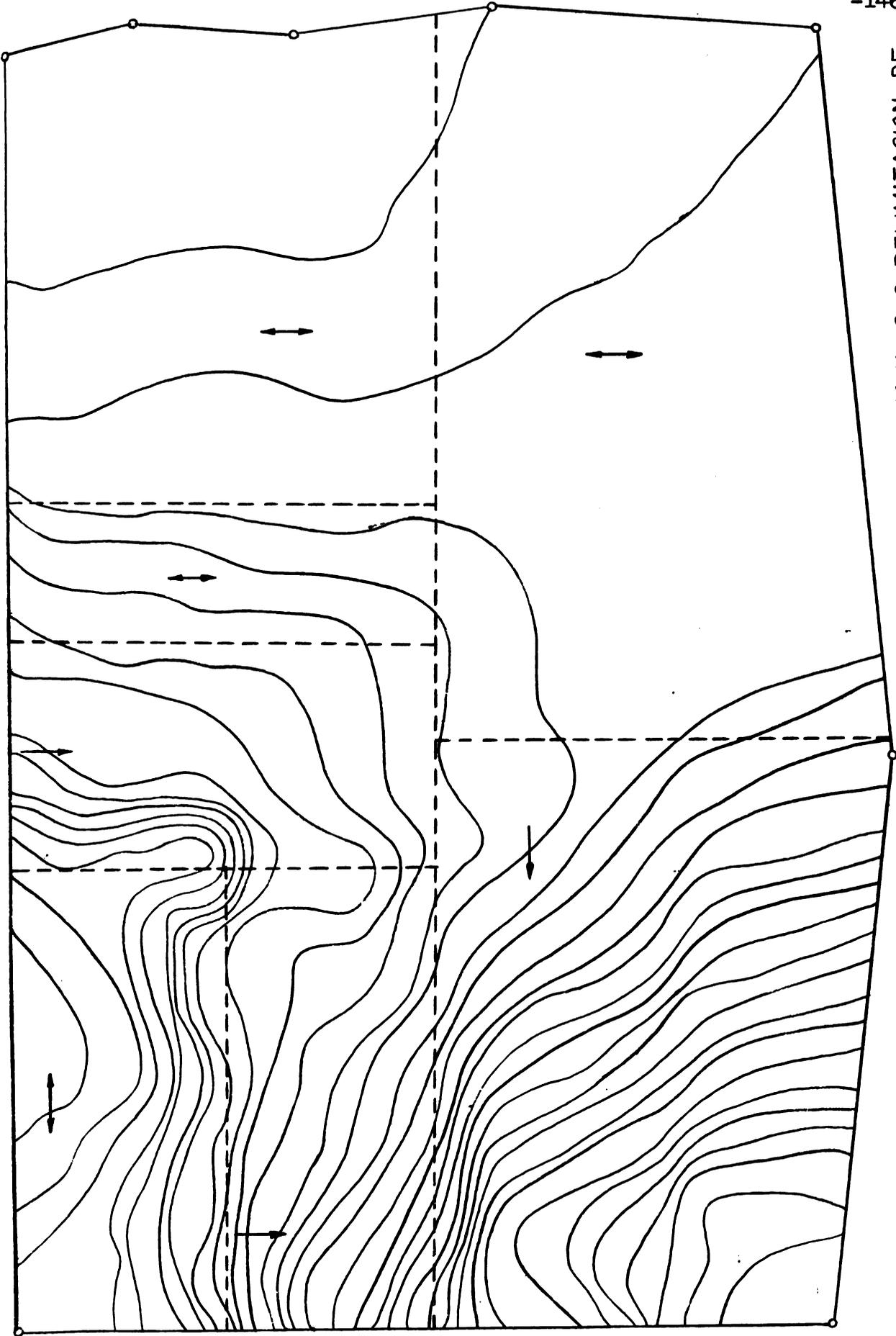
8-1 = 157.50 m.





PLANO No.2-b DELIMITACION DE SUBAREAS Y METODOS DE RIEGO



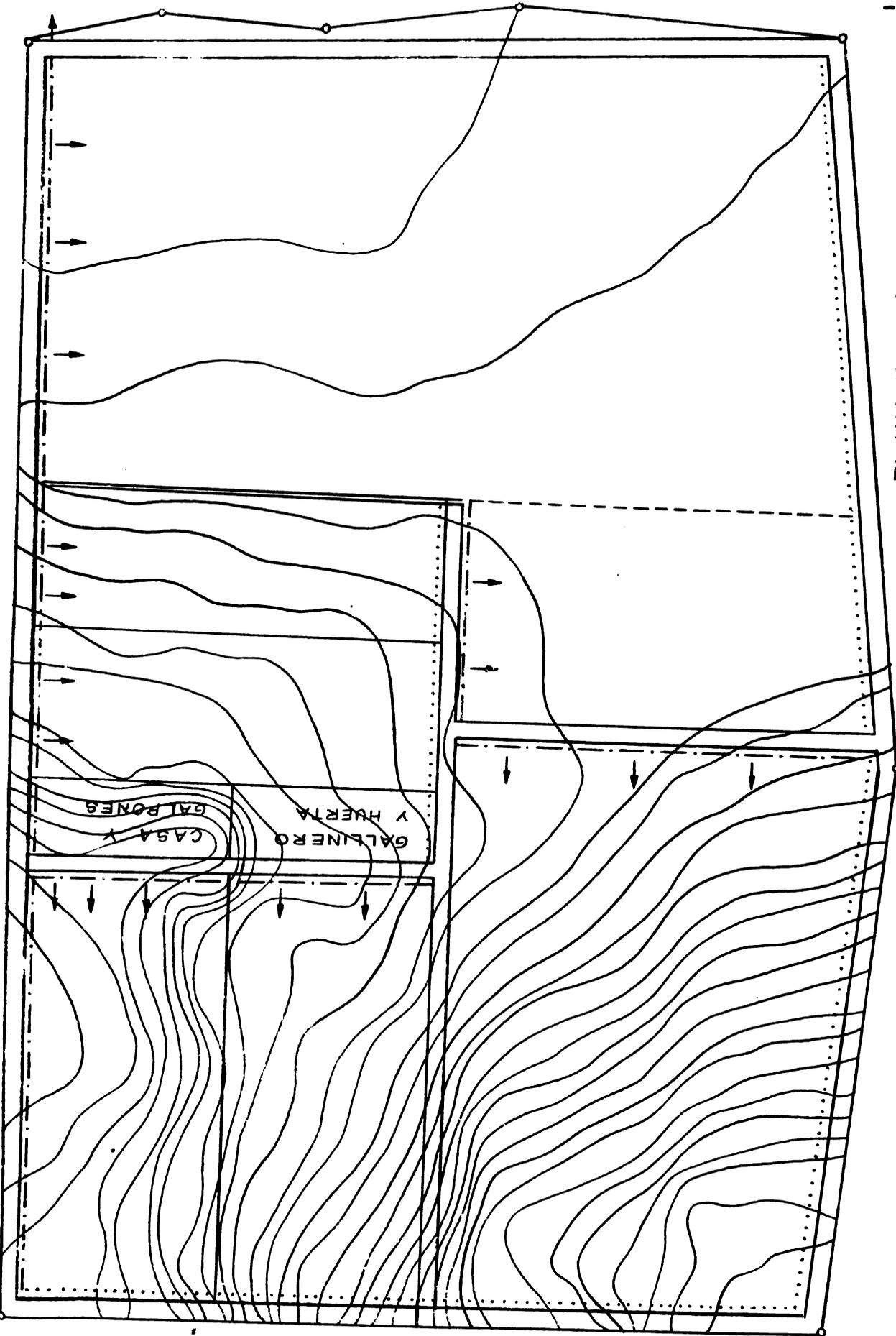


PLANO No. 2-C DELIMITACION DE  
SUBAREAS - METODOS Y SENTIDO  
DE RIEGO (→)

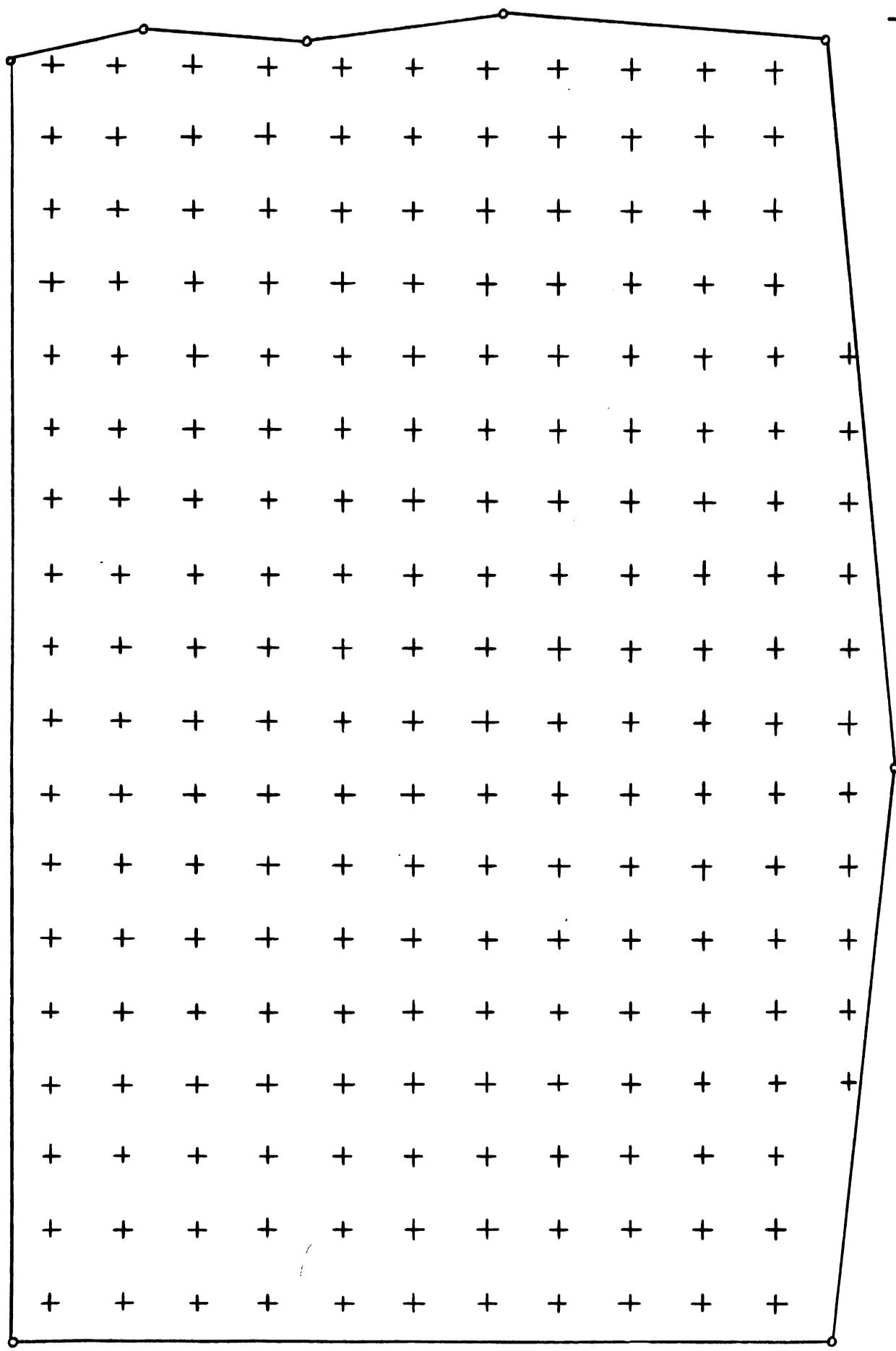


PLANO No. 2-d TRAZADO DEFINITIVO 42-  
PARCELAS-CALLEJONES-ACEQUIAS

— — — — — ACEQUIAS  
..... DESAGÜES

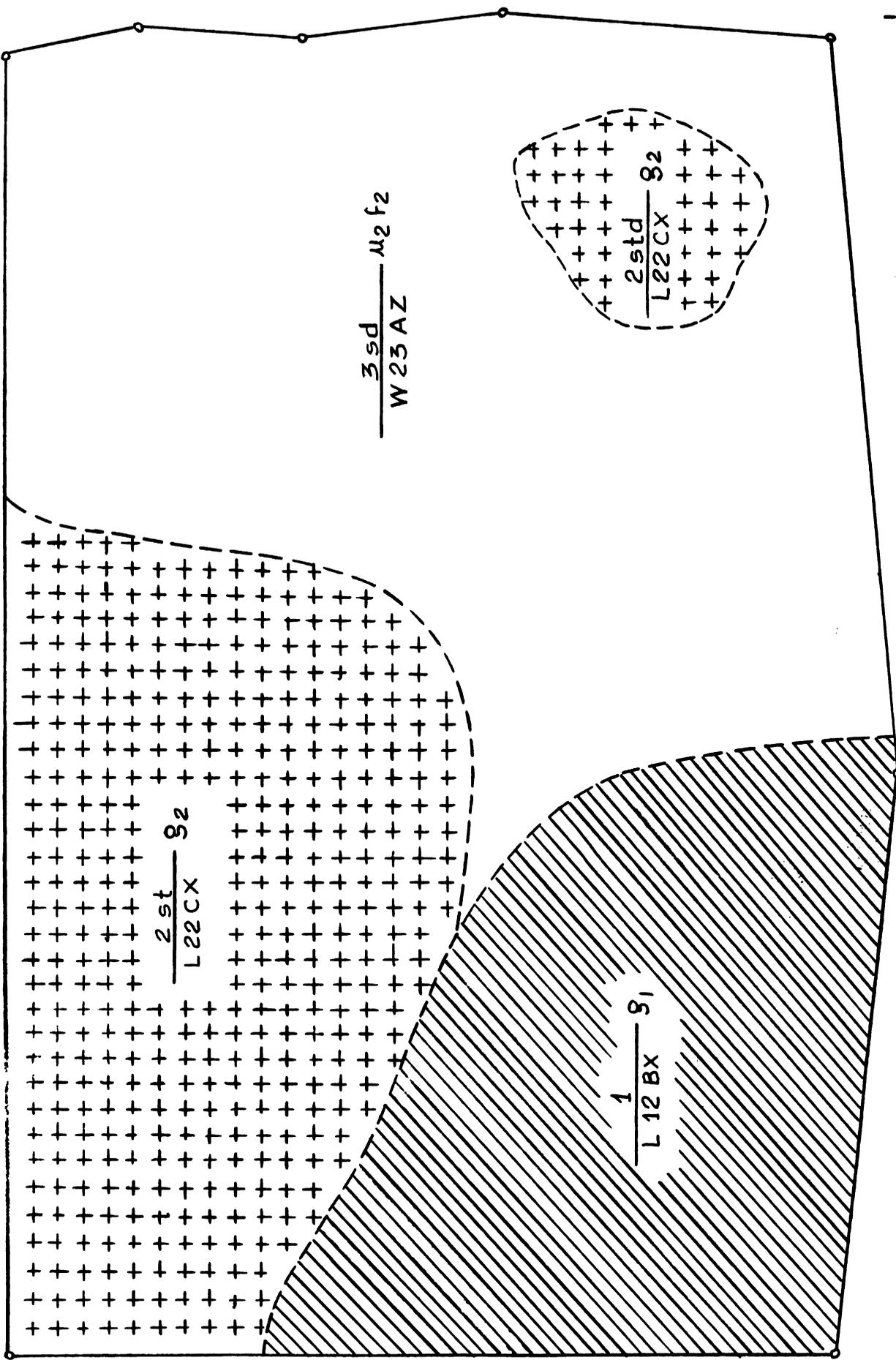




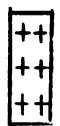


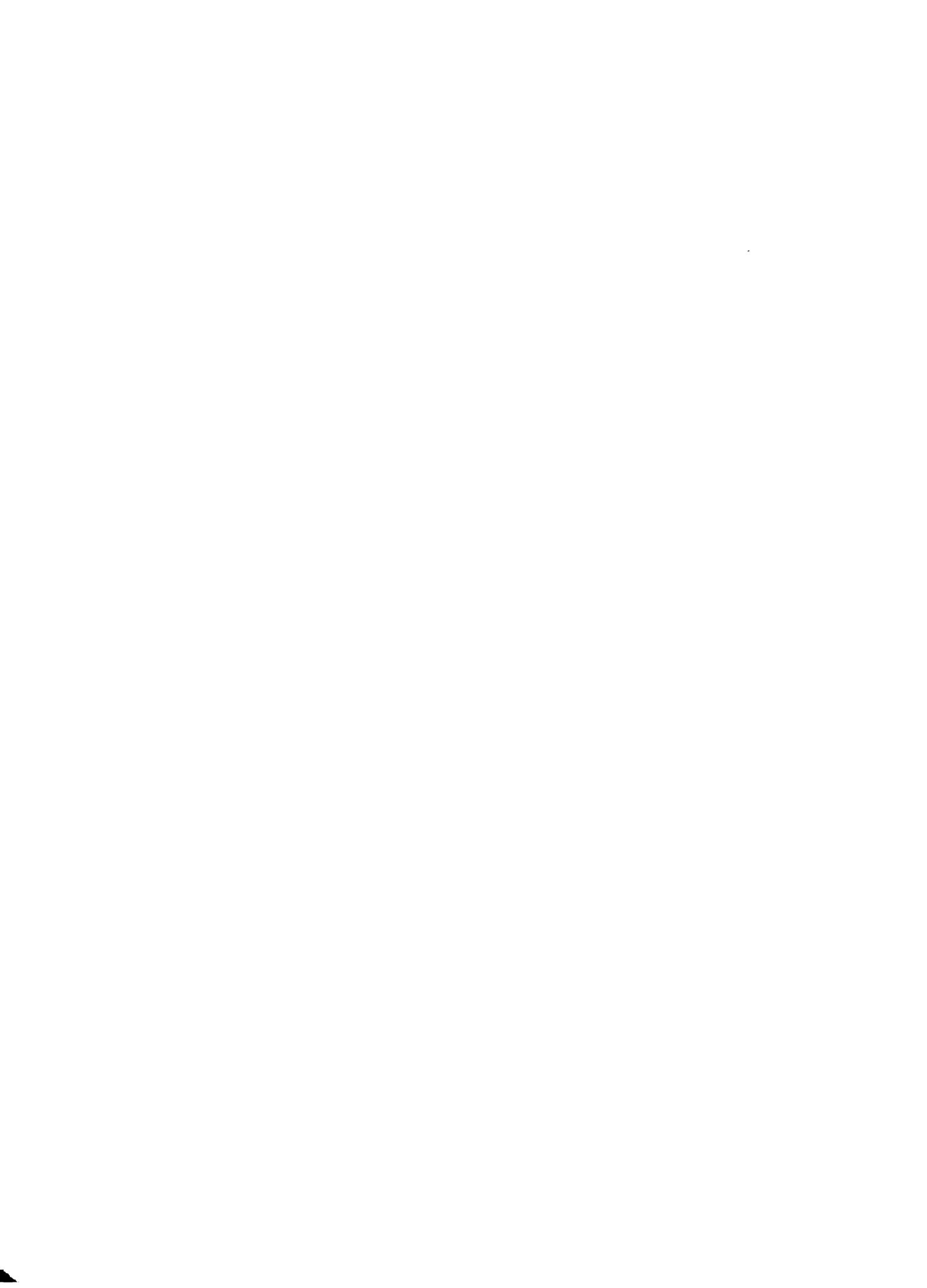
PLANO No. 3 RELEVAMIENTO  
ALTIMETRICO - CUADRICULA





PLANO No.4 MAPA UTILITARIO DE SUELOS

- 1ra. CATEGORIA 
- 2da. CATEGORIA 
- 3ra. CATEGORIA 



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

1. Deloye y Rebour, "El Riego"
2. I.N.T.A. : Riego y Drenaje - Clases del 1er. Curso Nacional de Manejo del Riego.
3. Israelsen y Hansen, "Principios y Aplicaciones del Riego."
4. Maletic, John T. : "Principios implicados en la selección de tierras para Riego".- Dirección de Obras Hidráulicas - Ministerio de Obras Públicas.- República de Venezuela - 1964.
5. Miller, J.C.: "La Nivelación de tierras para riego" Ministerio de Recursos Naturales - Honduras, C.A. - 1977.
6. Miller, J. C. "Infraestructura para Riegos "-Canales" Ministerio de Recursos Naturales - Honduras C.A. 1977.
7. Miller, J.C.: "Determinación del caudal máximo de Proyecto para colonización de 13.660. Has. Picun Leufú" Trabajo para Franklin Consult S.A.- R. Argentina - 1970.

B I B L I O G R A F I A (Continuación)

8. Romanella, C. : "Pautas agronómicas para la sistematización de Riego", Corporación de Rio Dulce - Stgo. del Esten -R. Argent. 1971.
9. S.C.S : "Manual de Ingeniería de Suelos", Sección 15 Riego 7 - Nivelación de terrenos -Depto. de Agricultura U.S.A., Soils Conservation Service - 19.
10. S.C.S : "Planeamiento de sistemas de riego para granjas" Depto. de Agricultura U.S.A. - Soil Conservation Service - 19.
11. Wood Cecil : "Agricultura Tropical".







Impreso en el  
MINISTERIO DE AA. CC. Y AGROPECUARIO

