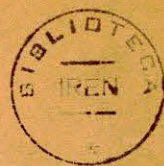


MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
INSTITUTO DE ASUNTOS INTERAMERICANOS
FONDO COMUN - RIEGO



ESTUDIO HIDROLOGICO DEL
EMBALSE DIGUILLIN

SANTIAGO-CHILE

1959

e

627.2
M825e
1806
C.1

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
INSTITUTO DE ASUNTOS INTERAMERICANOS
FONDO COMUN-RIEGO



ESTUDIO HIDROLOGICO DEL EMBALSE DIGUILLIN

01806

SANTIAGO-CHILE

1959



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

El presente trabajo fué patrocinado por el Fondo Común-Riego, formado por la Dirección de Riego de Chile y el Instituto de Asuntos Interamericanos de los EE.UU. (Punto Cuarto).

Intervinieron en su gestación y orientación posterior, las siguientes personalidades:

Don Dionisio Retamal	Director de Riego.
Don Lester W. Manning	Director de la Misión de Operaciones de los EE.UU. en Chile.
Don Raúl Matus	Director Subrogante de Riego.
Don Lyall A. Peterson	Jefe de la División de Agricultura y Recursos Naturales de la Misión de Operaciones de los EE.UU. en Chile.
Don Pablo Maillet	Delegado de la Dirección de Riego.
Don Arnold A. Boettcher	Ingeniero Asesor de la Misión de Operaciones de los EE.UU. en Chile.

Con su cooperación estas personas hicieron posible la realización del Estudio Hidrológico del Embalse Diguillín. Es muy grato para los que suscriben hacerles llegar la expresión de sus agradecimientos.

Pablo Kleiman - Juan Torres
Ingenieros

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
CONCLUSIONES	3
CAPITULO I RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN	6
A Nomenclatura	6
B Experiencias	6
C Retorno del riego	9
C-1 Generalidades	9
C-2 Cálculo aproximado	10
C-3 Cálculo del retorno del riego	14
CONCLUSION	19
CAPITULO II PERDIDAS EN CANAL	21
A Generalidades	21
B Aforos	21
C Cálculo de la pérdida	24
CONCLUSION	26
CAPITULO III SEGURIDAD DEL RIEGO ACTUAL	27
A Generalidades	27
B Estadística	27
C Curva estacional de riego	30
D Cálculo de deficits y sobrantes	35
E Superficie regada	49
CONCLUSION	54
CAPITULO IV REGULACION DEL EMBALSE	55
A Generalidades	55
B Evaporación	56
C Regulación del embalse	57
D Importancia de las fallas	68
E Gráfico de la regulación	69
CONCLUSION	71



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

A mediados de 1956, el Fondo Común-Riego contrató con el Ing. Arturo Carvajal un estudio hidrológico de los ríos de la Provincia de Nuble. El informe correspondiente fué presentado a fines de 1957.

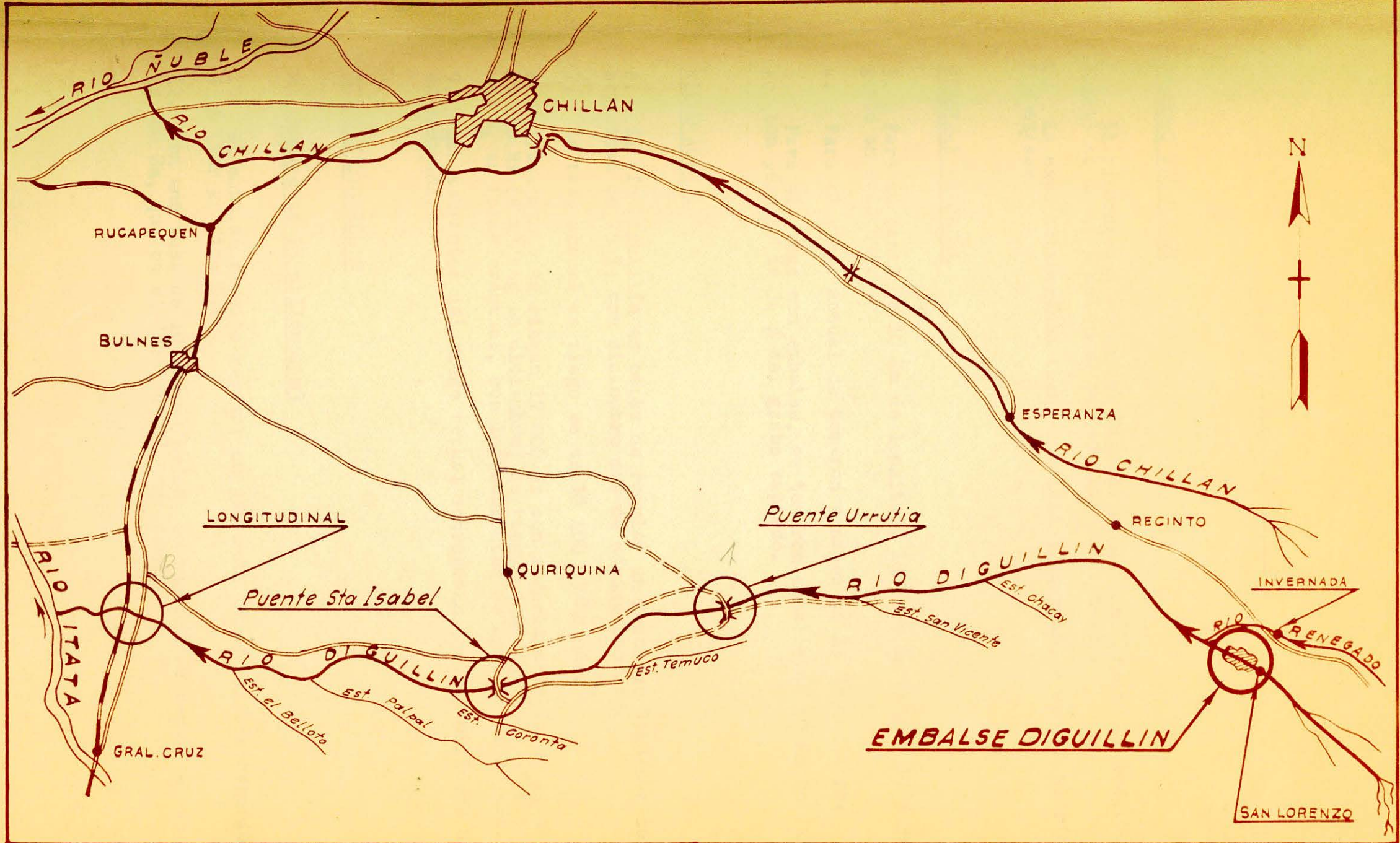
Dentro de ese trabajo, se incluyó el Estudio Hidrológico del Embalse Diguillín, cuya capacidad fué fijada en 75 millones de m³. Estudios posteriores de la Dirección de Riego llevaron a la conclusión que debía considerarse un embalse de mayor capacidad.

Además, en el estudio del Ing. Carvajal no se consideraron las pérdidas en canal ni las recuperaciones del río Diguillín, porque no se disponía de información para ello. Se sabía, por la simple observación del terreno, y por aforos esporádicos efectuados en la zona, que había una fuerte recuperación. En el estudio, se aceptó que las recuperaciones compensaban las pérdidas en canal.

Se calculó, de este modo cual era la seguridad del riego actual y cual sería la seguridad del riego una vez construido el embalse. Se obtuvieron en ambos casos cifras de seguridad relativamente bajas. Se tuvo la impresión de que estos resultados se debían a la hipótesis de partida y que el retorno del riego debía tener mayor importancia que las pérdidas en canal. Si esto era efectivo, la seguridad del riego - tanto actual como con embalse- era mayor que la calculada.

El objeto del presente trabajo es efectuar el estudio hidrológico tomando en cuenta todas las variables, para capacidades de embalse comprendidas entre 40 y 260 millones de m³. Al mismo tiempo, se intenta determinar el aporte de la napa subterránea.

Cabe advertir que el estudio se basa en una estadística de caudales corta, y en aforos sistemáticos de sólo 2 temporadas de riego, por lo cual los resultados no son exactos, ni pretenden serlo. Por lo demás, en un estudio hidrológico se fija el orden de magnitud de las cifras, y no se puede pretender -ni se necesita- una precisión mayor que 10 % en los resultados.



CONCLUSIONES

RETORNO DEL RIEGO

1. El retorno del riego del Diguillín (de San Lorenzo al longitudinal) es de 48 % del agua captada por los canales.
2. La napa subterránea tiene condición efluente, y aporta al río 1,5 m³/seg.

PERDIDAS EN CANAL

3. Para un canal de 10 Km de longitud, la pérdida es del 17 % del gasto en bocatoma.
4. Para el riego actual se tomaron canales de 15 Km de largo.
5. Para el riego con embalse, se tomaron canales de 20 Km de largo, con pérdida de 34 % del gasto captado.

RIEGO ACTUAL

6. El río Diguillín es capaz de regular un gasto de 9 m³/seg con seguridad de 75 %, con diciembre mes de máximo consumo.
7. La tasa actual de riego es de 10 400 m³/ha/año.
8. Actualmente se riegan 17 000 Ha con seguridad 75 %. De ellas, 13 000 Ha (8 m³/seg en diciembre) se riegan con seguridad 95 % y el resto, en forma eventual, con los sobrantes de agua de primavera.
9. Los sobrantes del riego actual sobrepasan los 250 millones de m³ cada año.

EMBALSE DIGUILLIN

A Embalse de 75 millones m³

10. El embalse permite regular un gasto de 17 m³/seg con seguridad 85 % (ver gráfico 6).
11. Con una tasa de 10 400 m³/ha/año la superficie regada es de 28 000 Ha, que es el área actual bajo canal.

12. El embalse mejora el riego de 17 000 Ha de 75 a 85 %, y permite el riego de 11 000 Ha nuevas con 85 % de seguridad.

13. Se puede, también, regar 25 000 Ha con seguridad 95 %, sacrificando 3 000 Ha el 15 % de los años.

14. Al construir el embalse, se aprovechan 50 millones de m³ más, directamente del río, y se mejora el riego como si la capacidad del embalse fuera de 125 millones de m³.

B Embalse de 120 millones de m³

15. El embalse permite regular un gasto de 22 m³/seg con seguridad 85 % (ver gráfico 6).

16. Con una tasa de 10 400 m³/ha/año la superficie regada es de 38 000 Ha.

17. El embalse mejora el riego de 17 000 Ha de 75 a 85 %, y permite el riego de 21 000 ha nuevas con 85 % de seguridad.

18. Se puede, también, regar 34 000 Ha con seguridad 95 %, sacrificando 4 000 Ha el 15 % de los años.

19. Al construir el embalse se aprovechan 80 millones de m³ más, directamente del río, y se mejora el riego como si la capacidad del embalse fuera de 200 millones de m³.

20. El embalse se llena todos los años.

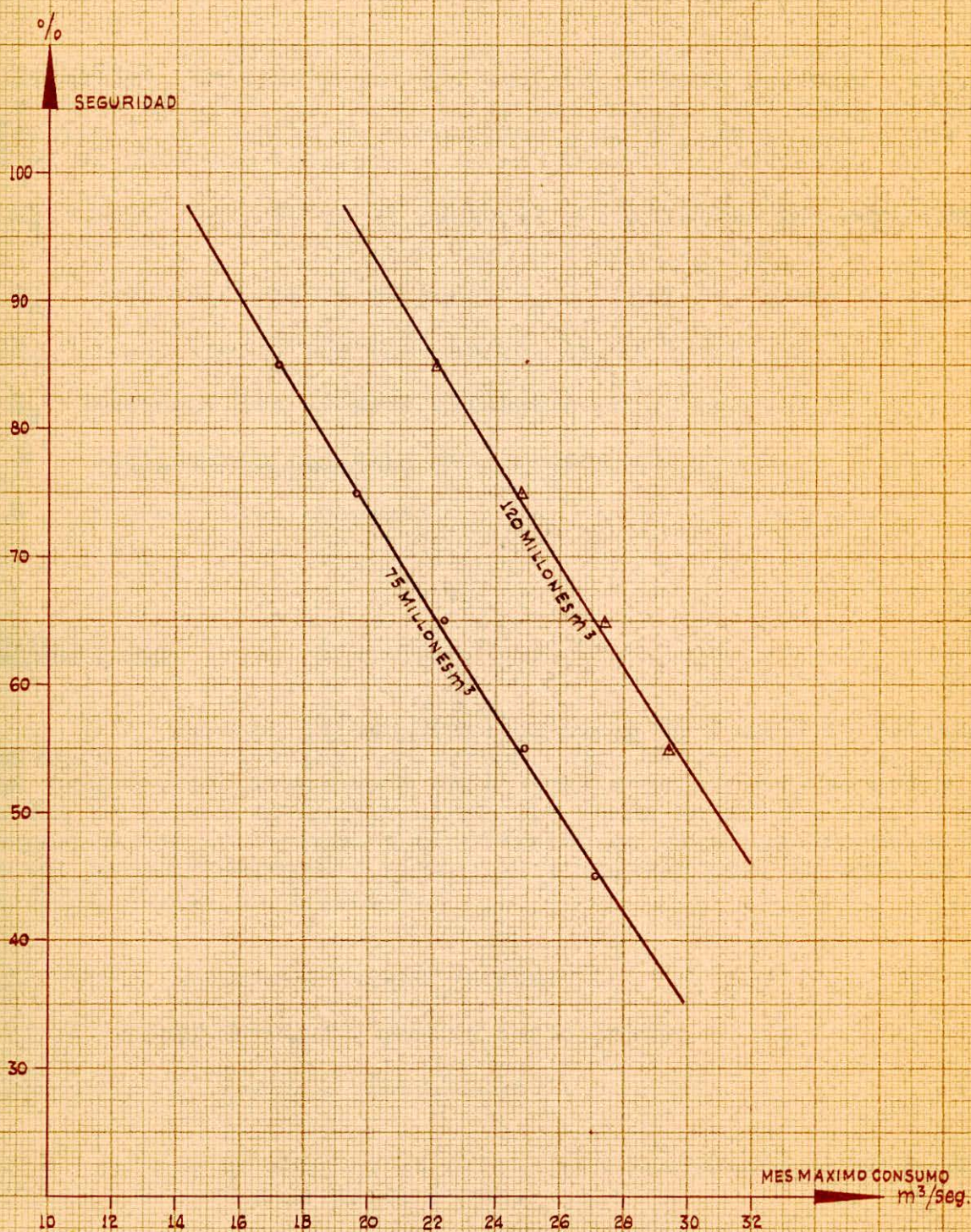
21. En el año en que el embalse tiene su falla más grave, la combinación "río-embalse" alcanza a entregar el 80 % del agua necesaria para regar las 38 000 Ha.

22. No debe esperarse en los resultados del presente estudio una precisión mayor que 10 %, porque él se basa en estadísticas cortas.

GRAFICO 6

MBALSE DIGUILLIN PROBABILIDAD DE REGULAR UN GASTO DADO

CAPACIDADES 75 Y 120 MILLONES DE m^3





C A P I T U L O I

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

A NOMENCLATURA

Se empleará la misma del "Estudio Hidrológico de los Ríos Diguillín, Chillán y Nuble", del Ing. Arturo Carvajal, entregado a fines de 1957, el cual, en lo que sigue, será llamado "Estudio Carvajal". Se repite la nomenclatura de él, en la parte que se usará en el presente trabajo:

- Q_a gasto del río en el punto A, o inicial de las experiencias.
- Q_b gasto del río en el punto B, o final del tramo en estudio.
- Q_c gasto tomado por los canales en el tramo A B
- Q_e gasto de los esteros afluentes en el tramo A B
- β coeficiente relativo del retorno del riego.
- R recuperación absoluta.

B EXPERIENCIAS

Durante la temporada de riego 1957-1958 se efectuaron 10 nuevas experiencias de terreno, cuyo objeto era el de obtener la recuperación absoluta R en la zona considerada, es decir, entre San Lorenzo y el longitudinal. La forma en que se efectuaron las experiencias de terreno y la división de éstas en tramos es la misma del Estudio Carvajal (págs. 112 y siguientes). La zona en estudio fué dividida en 3 tramos:

- a) De San Lorenzo a puente Urrutia
- b) De puente Urrutia a puente Santa Isabel
- c) De Santa Isabel al longitudinal.

En la zona a) se capta aproximadamente el 40 % del agua; en b) el 40 % y en c) el resto.

Se dividió el tramo en 3 partes, porque en 1956 las experiencias se hacían en 3 días. Posteriormente, el tiempo se redujo a 2, y ocasionalmente, a un solo día. De todos modos, se prefirió dejar esta división en 3 partes, a fin de mantener la misma forma de presentación del Estudio Carvajal, lo que facilita la comparación de los resultados.

Los valores de los aforos para las 10 experiencias se indican en los cuadros del anexo. La forma en que se agrupan los resultados permite el cálculo de Q_e , Q_c y R mediante simples operaciones aritméticas. Los valores Q_a y Q_b , por definición, corresponden a medidas directas (aforos). Q_a es el gasto en San Lorenzo, y Q_b , en el longitudinal. La unidad de gasto empleada es el "m³/seg".

Como en el Estudio Carvajal figuran 14 experiencias, que llevan los números 1 a 14, las 10 nuevas tendrán los números 15 a 24. El cuadro 1 contiene el resumen de los resultados obtenidos en las 24 experiencias.

Las experiencias 1 a 21 se encuentran en orden correlativo de fechas, no así las números 22 a 24 que se ubicaron al final por las razones que se exponen luego.

Antes de pasar al cálculo del retorno del riego, se hizo un análisis de los resultados de las experiencias, a fin de descartar aquellos que parecieran sospechosos, o que se alejaran de la tendencia normal. En este tipo de trabajos existe siempre la posibilidad de que el Aforador cometa algún error de concepto, o deje de considerar, por razones ajenas a su voluntad, algún factor importante (como la descarga de un canal al río). Por eso, es una norma de los trabajos hidrológicos, que son de baja precisión dentro de la Ingeniería, analizar los valores obtenidos antes de operar con ellos.

En la experiencia N° 22, efectuada el 16 de octubre de 1957, se observa un valor desusadamente alto de la recuperación R . Otro tanto puede decirse de la experiencia N° 24. Los valores de R son 26 y 28 m³/seg respectivamente. Estudiando los Q_b (gasto final o remanente después del riego) se observan dos valores extraordinariamente altos, de 47 y 63 m³/seg, cuando los gastos iniciales son sólo de 16 y 22 m³/seg. Estos valores de Q_b parecen sospechosos, comparados con los de las demás experiencias. Si Q_b es mayor que el real, se explica que la recuperación R resultara exagerada.

Algo semejante puede decirse de la experiencia N° 23. El valor de la recuperación fué de sólo 5,5 m³/seg para un gasto inicial de 17. El valor usual de la recuperación para gasto inicial del orden de 17 m³/seg es de 10 m³/seg o mayor. Esta experiencia también parece sospechosa, aunque no se pueda precisar la causa del posible error.

Cuadro 1

EXPERIENCIAS DE RECUPERACIONES

N°	Fecha	Q_a <i>seg punto A</i>	Q_e <i>Recher</i>	Q_c <i>caudal</i>	Q_b <i>mis Co B</i>	R	Observaciones
1	11-10-56	18	18,7	18,1	31,7	13,1	
2	25-10-56	14	12,9	21	20,3	14,4	
3	15-11-56	14	10,4	24,6	14,3	14,5	
4	26-11-56	8,1	6,9	22,1	4,9	12	
5	10-12-56	5,5	3,0	20,1	1,0	12,6	
6	20-12-56	4,6	1,9	17	0,9	11,4	
7	7- 1-57	3,9	1,5	13,2	0,7	8,5	
8	16- 1-57	4,4	1,7	11,5	0,6	6,0	
9	6- 2-57	2,9	1,6	9,8	0,5	5,8	
10	19- 2-57	2,5	1,3	10,2	0,5	6,9	
11	5- 3-57	2,3	1,2	8,7	0,6	5,8	
12	20- 3-57	1,9	1,0	9,4	0,5	7,0	
13	4- 4-57	2,0	1,1	8,1	0,5	5,5	
14	24- 4-57	1,9	1,2	8,8	0,7	6,4	
15	16-12-57	15	10,1	19,3	21	15,2	
16	17- 1-58	6,2	2,4	15,3	0,5	7,2	
17	20- 2-58	3,3	1,9	12,6	0,3	7,7	
18	19- 3-58	3,1	1,8	11	0,4	6,5	
19	14- 4-58	2,6	2,4	10,5	2,5	8	
20	24-11-58	18	16,4	18,8	25	9,4	
21	22-12-58	7,3	4,3	19,1	1,1	8,6	
S u m a		141,5	103,7	309,2	128,5	192,5	
Promedio		6,7	4,9	14,7	6,1	9,2	
22	16-10-57	16	19,3	14,3	47	26	eliminada
23	19-11-57	17,4	7,4	22,9	7,4	5,5	eliminada
24	15-10-58	22,4	26,8	14,6	63	28,4	eliminada



Una recuperación de sólo 5,5 m³/seg en este caso va contra la realidad física del regadío de la zona, ya que se riega una superficie mucho mayor que la que corresponde al gasto inicial, gracias a una recuperación del orden de 10 m³/seg cuando el gasto es mayor que 13 m³/seg, como en el caso que se analiza.

Resumiendo, se resolvió eliminar las experiencias 22, 23 y 24 de los cálculos posteriores.

Conviene señalar que de las 3 experiencias eliminadas en 2 casos la recuperación era demasiado alta, y en uno demasiado baja, o sea, hay una cierta compensación. Quedan así, para los cálculos, 21 experiencias en total, 14 antiguas y 7 nuevas.

C RETORNO DEL RIEGO

C-1 Generalidades

En el Estudio Carvajal se aceptó para la recuperación la siguiente expresión:

$$R = A + BQ_e + \beta Q_c \quad (1)$$

A es el aporte constante de la napa subterránea.

BQ_e es el aporte variable de la napa, que se supuso proporcional a Q_e .

B es un coeficiente.

β es el coeficiente del retorno del riego.

La justificación de esta fórmula se encuentra en el "Estudio Carvajal", pág. 119. Se ha supuesto que la recuperación consta de 2 partes o factores: el aporte de la napa subterránea y el retorno del riego.

El aporte de la napa está representado por los 2 primeros términos de la ecuación (1), o sea por $A + BQ_e$. Se aceptó que el aporte de la napa subterránea está formado de una parte constante A, que puede ser positiva o negativa, y de una variable B, proporcional al gasto de los esteros afluentes, que debe ser positiva. Un valor de A negativo significa condición "influyente" de la napa; el agua se mueve del río hacia la napa subterránea, condición poco frecuente, pero posible, y que ocurre en ciertos ríos chilenos.

En cuanto a β , éste es siempre positivo, y representa el porcentaje aprovechable del agua de riego captada que vuelve al río en el tramo A-B. Por definición, el retorno del riego expresado en gasto es proporcional a Q_c . Esto significa que mientras más agua se emplea en el riego, más agua debe volver al río, y es evidente que el volumen de agua con que se riega es proporcional al gasto Q_c tomado por los canales. Así, βQ_c es el retorno del riego absoluto, en m^3/seg , y β el coeficiente del retorno del riego, que carece de dimensión, y que tiene que ser menor que 1. Se ve fácilmente que β será tanto menor cuanto más cuidadoso y eficiente sea el riego; pero, en las mejores condiciones, habrá un valor de β mayor que cero.

Otra afirmación que puede hacerse a priori es que β será mayor en el caso del Diguillín que el normal en EE.UU., ya que, por una parte, el riego en Chile es más descuidado, y la pendiente longitudinal y transversal del valle es mayor, por la otra. La fuerte pendiente transversal se traduce en un retorno rápido del exceso de agua de riego hacia el cauce.

Cabe observar, que el coeficiente β envuelve también el agua que se infiltra de los canales y vuelve rápidamente al río. En sus primeros kilómetros los canales corren juntos al lecho, en suelo ripioso, en que hay infiltración. El coeficiente β engloba el retorno de los canales y el riego propiamente tal, ya que no existe un procedimiento simple que permita separar estas 2 clases de retorno. Para los fines prácticos, de determinar la superficie regada, lo que interesa es el β total, pues éste representa el agua que vuelve al río (produciendo las recuperaciones) y que permite regar una superficie adicional.

En el "Estudio Carvajal" se obtuvieron los siguientes valores:

$$A = 1,5 \quad (m^3/seg)$$

$$B = 0,13$$

$$\beta = 0,49$$

Se observa que el término BQ_e de la ecuación (1) tiene poca importancia, debido al bajo valor del coeficiente B. Así, para condiciones medias durante la temporada de riego, el término BQ_e vale $0,6 m^3/seg$, mientras el término constante A es $1,5 m^3/seg$.

C-2 Cálculo aproximado

Antes de pasar al cálculo que podríamos llamar matemático del retorno del riego, se resolvió hacer un tanteo, a base de un método gráfico, con el sólo objeto de orientarse acerca del orden de magnitud de las cifras. Para ello, se hizo una simplificación: se

supuso que la recuperación se componía de una parte constante A, proveniente de la napa subterránea, y una proporcional a $(Q_c + Q_e)$. Es decir, se buscó tener una expresión binomia, con sólo dos coeficientes:

$$R = A + \beta(Q_c + Q_e)$$

La eliminación de BQ_e se justificaba por los resultados del "Estudio Carvajal"; pero, para no eliminar del todo el gasto Q_e de los esteros, se sumó éste a Q_c . Se supuso que el retorno absoluto del riego crecía con Q_c y con Q_e . La inclusión o no inclusión de Q_e tiene poca importancia, ya que, durante la temporada de riego, el valor de Q_e es bajo. Su poca influencia quedará aún más de manifiesto una vez que se construya el Embalse Diguillín, pues su gasto se mantendrá virtualmente igual al de las condiciones actuales, mientras que Q_c aumentará al doble o más. Por lo demás, cabe recordar que sólo se está haciendo una tentativa previa, para fijar las ideas.

Los puntos o valores del cuadro 1 se llevaron al gráfico 1, en que se tiene R en función de Q, siendo Q la suma de Q_c y Q_e . La ecuación de la recta que representa el fenómeno, y que se busca, es:

$$y = mx + n \quad (2)$$

que con la nomenclatura adoptada sería:

$$R = \beta Q + A \quad (3)$$

R es el mismo de ecuación (1), mientras β , Q y A tienen el mismo significado, pero su valor numérico es diferente.

Si se dibuja simplemente a ojo la recta que representa el fenómeno se obtiene:

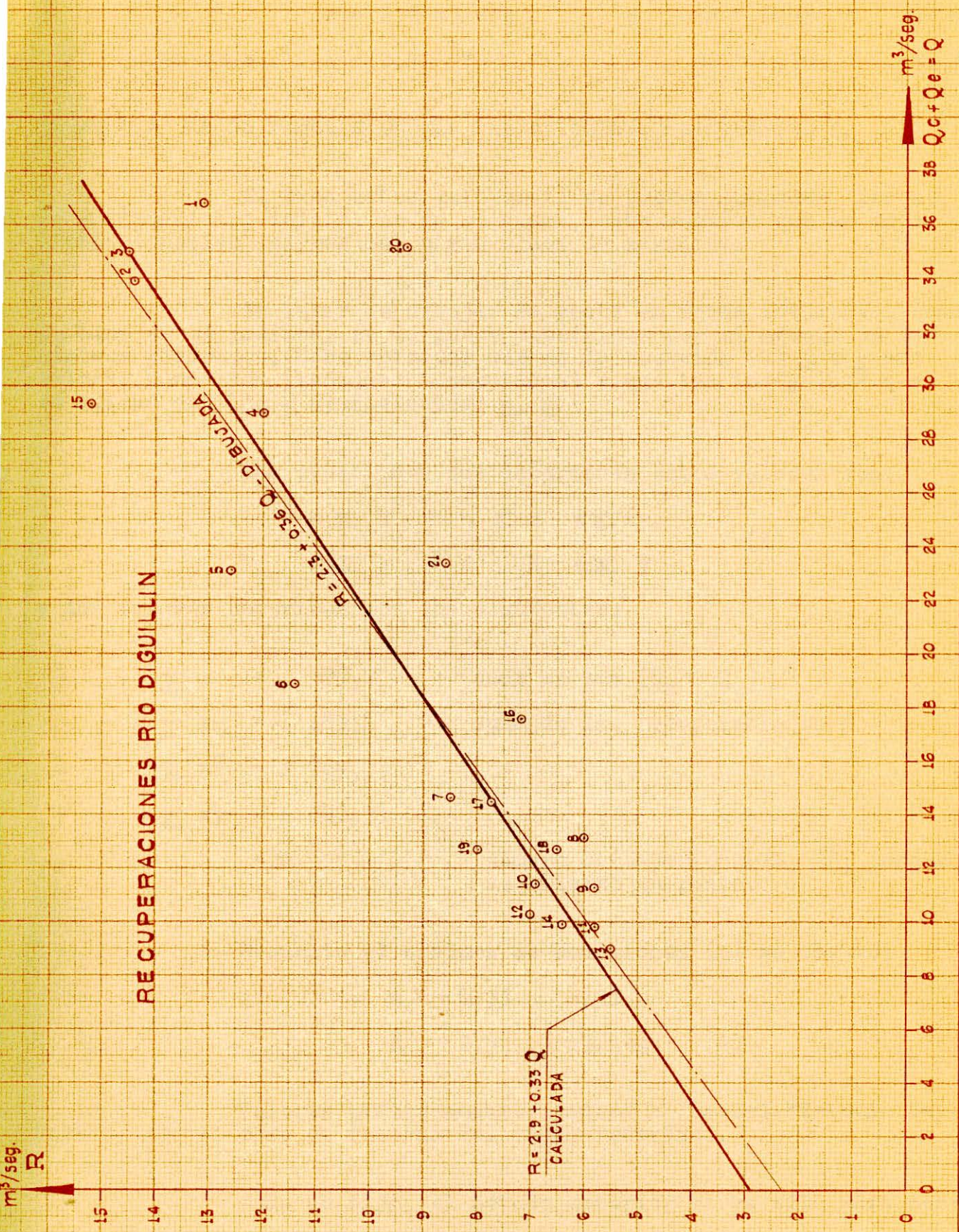
$$R = 0,36 Q + 2,3$$

Es decir, el coeficiente del retorno del riego es del orden de 0,36 y el aporte de la napa subterránea 2,3 m³/seg. Era de esperar un valor de β menor que en el "Estudio Carvajal", ya que ahora β multiplica a $(Q_c + Q_e)$ y R es el mismo.

En el "Estudio Carvajal", pág. 123, se hizo también el cálculo del retorno del riego suponiendo que éste se producía con una quincena de atraso, o sea, que las recuperaciones estaban

GRAFICO 1

RECUPERACIONES RIO DIGUILLIN



determinadas por el gasto tomado por los canales en la experiencia anterior. (Se hacían dos experiencias al mes). En ese caso se obtuvieron los valores:

$$\begin{array}{ll} A = 2,6 \text{ m}^3/\text{seg} & \text{y } \beta = 0,33 \\ \text{frente a } A = 2,3 \text{ "} & \beta = 0,36 \end{array}$$



Obtenidos con la recta dibujada (no calculada) de gráfico 1.

Si bien estos valores no se pueden comparar, porque el planteamiento inicial no es el mismo, cabe señalar que en ambos casos se obtiene cifras del mismo orden de magnitud.

En lugar de dibujar la recta en forma intuitiva, como se hizo en el gráfico, se la puede determinar por el método de los mínimos cuadrados. Cabe recordar que en la ecuación (2) $\underline{x}$ e $\underline{y}$ son valores conocidos (medidos o computados) y que las incógnitas que se buscan son los 2 coeficientes: $\underline{m}$, $\underline{n}$.

Las ecuaciones que determinan estos valores son:

$$\begin{array}{l} m \sum x^2 + n \sum x = \sum xy \\ m \sum x + n N = \sum y \end{array} \quad (4)$$

y los valores numéricos son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} \sum x = 377,7 & \text{suma de los } (Q_c + Q_e) \\ \sum y = 183,1 & \text{suma de las recuperaciones R} \\ \sum x^2 = 8\,769,33 & \\ \sum xy = 4\,000,31 & \\ N = 20 & \text{número de experiencias, 20, porque} \\ & \text{se eliminó un punto.} \end{array}$$

Resuelto el sistema de ecuaciones (4) se obtuvo:

$$\begin{array}{ll} m = 0,33 & (\beta) \\ n = 2,9 & \text{m}^3/\text{seg} \quad (A) \end{array}$$

Valores prácticamente iguales a los del "Estudio Carvajal" para el caso de retorno del riego retardado.

Como se dijo, el método anterior sirve sólo para mos-

trar el orden de magnitud de las cantidades que se busca. En el párrafo que sigue se hará el cálculo siguiendo el mismo método del "Estudio Carvajal", basado en una expresión trinomia.

C-3 Cálculo del retorno del riego

Se usará la ecuación (1) antes mencionada:

$$R = A + BQ_e + \beta Q_c \quad (1)$$

Los valores R , Q_e y Q_c son datos del problema. Las incógnitas son A , B y β . En teoría, basta con 3 experiencias para plantear las 3 ecuaciones que resuelven el problema. Como disponemos de 21 ecuaciones empleamos los mínimos cuadrados para resolverlo. Ni siquiera sabemos si éste es el mejor método, pero no se tiene otro camino lógico para romper la indeterminación.

Es costumbre, en un polinomio, designar los coeficientes de las incógnitas con las letras a , b , c , etc. Haciendo este reemplazo en la ecuación (1) se obtiene:

$$R = aA + bB + c\beta \quad (5)$$

Comparando las ecuaciones (5) y (1) se observa que:

$a = 1$ coeficiente de la constante A

$b = Q_e$ coeficiente de la constante B

$c = Q_c$ coeficiente de la constante β

es: Además, por definición, la recuperación absoluta R

$$R = Q_b + Q_c - Q_a - Q_e$$

Los valores de R aparecen en la última columna del cuadro 1. En él figuran también los valores Q_e y Q_c que entran en la ecuación (5) y que se necesitan para los cálculos que siguen. Los valores Q_a y Q_b (gasto inicial y final del tramo en estudio) no serán usados, pero sirvieron para computar la recuperación R .

La ecuación (5) se puede escribir así:

$$aA + bB + c/\beta - R = 0 \quad (5a)$$

La determinación de las 3 constantes (o incógnitas), en base al método de los mínimos cuadrados, se hace por el sistema de ecuaciones que sigue:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} a & a \end{bmatrix} A + \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} B + \begin{bmatrix} a & c \end{bmatrix} \beta - \begin{bmatrix} a & R \end{bmatrix} &= 0 \\ \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} A + \begin{bmatrix} b & b \end{bmatrix} B + \begin{bmatrix} b & c \end{bmatrix} \beta - \begin{bmatrix} b & R \end{bmatrix} &= 0 \\ \begin{bmatrix} a & c \end{bmatrix} A + \begin{bmatrix} b & c \end{bmatrix} B + \begin{bmatrix} c & c \end{bmatrix} \beta - \begin{bmatrix} c & R \end{bmatrix} &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

en que:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} a & a \end{bmatrix} &= \sum aa && \text{Nº experiencias, porque } a = 1 \\ \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} &= \sum Q_e && \text{por definición de } b \\ \begin{bmatrix} a & c \end{bmatrix} &= \sum Q_c && \text{por definición de } c \\ \begin{bmatrix} b & b \end{bmatrix} &= \sum Q_e^2 \\ \begin{bmatrix} b & c \end{bmatrix} &= \sum Q_e \cdot Q_c \\ \begin{bmatrix} c & c \end{bmatrix} &= \sum Q_c^2 \\ \begin{bmatrix} a & R \end{bmatrix} &= \sum R && \text{porque } a = 1 \\ \begin{bmatrix} b & R \end{bmatrix} &= \sum Q_e \cdot R \\ \begin{bmatrix} c & R \end{bmatrix} &= \sum Q_c \cdot R \end{aligned}$$

El cálculo de las cantidades que se debe introducir en el sistema de ecuaciones (6) aparece en el cuadro 2.

Los valores para las experiencias 1 a 14 fueron tomadas de la pág. 121 del "Estudio Carvajal". Así, la primera línea del cuadro 2 contiene la suma de los primeros 14 valores de las columnas del cuadro 1.

Reemplazando los valores de la última línea del cuadro 2 en las ecuaciones (6), se obtiene:

$$\begin{aligned} 21 \quad A + 103,70 B + 309,20/\beta - 192,50 &= 0 \\ 103,70 \quad A + 1 106,79 B + 1 908,94/\beta - 1 200,15 &= 0 \\ 309,20 \quad A + 1 908,94 B + 5 083,70/\beta - 3 131,04 &= 0 \end{aligned}$$

Cuadro 2

EXPERIENCIAS DE RECUPERACIONES

Cálculo de los coeficientes

Exp. N°	Q_a	Q_b	Q_c	Q_e	R	Q_e^2	$Q_e \cdot Q_c$	Q_c^2	$Q_e R$	$Q_c R$
Σ 1-14	86,0	77,7	202,6	64,4	129,9	698,96	1 217,90	3 368,86	792,68	2 134,02
15	15,0	21,0	19,3	10,1	15,2	102,01	194,93	372,49	153,52	293,36
16	6,2	0,5	15,3	2,4	7,2	5,76	36,72	234,09	17,28	110,16
17	3,3	0,3	12,6	1,9	7,7	3,61	23,94	158,76	14,63	97,02
18	3,1	0,4	11,0	1,8	6,5	3,24	19,80	121,00	11,70	71,50
19	2,6	2,5	10,5	2,4	8,0	5,76	25,20	110,25	19,20	84,00
20	18,0	25,0	18,8	16,4	9,4	268,96	308,32	353,44	154,16	176,72
21	7,3	1,1	19,1	4,3	8,6	18,49	82,13	364,81	36,98	164,26
Σ 15-21	55,5	50,8	106,6	39,3	62,6	407,83	691,04	1 714,84	407,47	997,02
Σ 1-21	141,5	128,5	309,2	103,7	192,5	1 106,79	1 908,94	5 083,70	1 200,15	3 131,04

Este sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas resuelve el problema. A continuación se da la solución del sistema, y para comparación, los valores obtenidos en el "Estudio Carvajal".

Ahora	Estudio Carvajal
$A = 1,57 \text{ m}^3/\text{seg}$	$A = 1,51 \text{ m}^3/\text{seg}$
$B = 0,11$	$B = 0,13$
$\beta = 0,48$	$\beta = 0,49$

Al agregar las 7 nuevas experiencias a las 14 del "Estudio Carvajal", se llegó prácticamente a los mismos resultados. Se comprobó la pequeña influencia de B, es decir, la escasa influencia del gasto de los esteros afluentes sobre el aporte de la napa subterránea. Esto significa que el problema pudo haberse resuelto simplemente a base de sólo 2 términos, A y β , o sea, un aporte constante de la napa subterránea y el retorno del riego. Sin embargo, el trabajo efectuado no puede considerarse perdido, ya que este resultado permitirá prescindir del valor B cuando se estudie la regulación del embalse.

En los "Proceedings of the A.S.C.E.", marzo 1959, aparece un artículo de H.T.Nelson, titulado: "Upstream Irrigation Impact on Columbia River Flow". En él, hay un párrafo "Irrigation Depletion and Return Flow", en que se estudia el total del agua que vuelve al río Columbia, y se expresa:

"En muchas áreas grandes, casi los 2 tercios de toda el agua sacada y un medio de la que se suministra al terreno vuelve al río, ya sea en forma de gasto superficial auto-regulado o como retorno del riego en forma de agua subterránea. Investigaciones de largo alcance muestran que más o menos $1/3$ del retorno del riego total vuelve al río en la época en que no se riega, en forma de un gasto bastante uniforme".

Estas cifras son del mismo orden de magnitud de las obtenidas en el Diguillín, pero, en el caso del río Columbia existe un retardo apreciable en el retorno del riego. Esto no es de extrañar, ya que la pendiente del lecho de este río es del orden de $1/2$ por mil y en el Diguillín es de 1% . Otro tanto puede decirse de la pendiente transversal.

En el Columbia, el retorno del riego, considerando el año entero, es de 50% . Como $1/3$ de él vuelve en la época en que no se riega, el retorno durante la temporada de riego (como fué el caso del estudio del Diguillín) es de 33% . Aunque las condiciones sean muy diferentes, el estudio realizado en U.S. fija el orden de magnitud del fenómeno, y, en cierto modo, confirma las conclusiones del presente trabajo.

A continuación, y a título ilustrativo, se dan algunos valores de Q_e y los correspondientes aportes de la napa, ambos en m³/seg:

Esteros Q_e	Aporte de la napa $1,57 + 0,11 Q_e$
18,7	3,6
4,9	2,1
1,0	1,7

Los tres valores elegidos de Q_e son los valores máximo, medio y mínimo del gasto de los esteros medido en el período 1956-1958, considerando sólo la temporada de riego. (No interesa el gasto de invierno, durante las lluvias).

El aporte medio de la napa subterránea durante la temporada es de 2,1 m³/seg y el mínimo de 1,7 m³/seg. Ambos valores son pequeños, si se les compara con la influencia del retorno del riego en la recuperación. El aporte mínimo de la napa resultó igual al del "Estudio Carvajal": 1,7 m³/seg. (Se observa la pequeña influencia de B durante el estiaje).

La determinación del retorno del riego se ha hecho por los mínimos cuadrados, método racional para el matemático, pero discutible para el ingeniero. El fenómeno de las recuperaciones es extraordinariamente complicado, y basta mirar la lista de valores de R para darse cuenta de ello. Si el aporte de la napa y el retorno del riego fueran siempre iguales, y los aforos fueran exactos, se podría elegir al azar 3 experiencias de recuperaciones, plantear un sistema de tres ecuaciones y calcular las tres constantes. Esto es irrealizable, porque cada grupo de tres experiencias va a dar resultados diferentes. Al no disponer de un camino mejor, se usó el método de los mínimos cuadrados.

La gran cantidad de variables -y los imponderables- que intervienen en este problema, tales como el tipo y longitud de los canales de riego, la evaporación, el rendimiento de la aplicación del agua a la tierra, la cantidad de agua utilizada por los cultivos, uso de los derrames por los predios vecinos, las recuperaciones que se originan en el valle, pero que escapan a otros diferentes al estudiado, etc., han obligado a abordar este problema en forma global, pero teniendo presente el fenómeno físico, el cual no admite dudas. Las recuperaciones constituyen un fenómeno real, tangible, que permite regar una superficie mayor que la teórica. Los jueces de agua de los ríos chilenos, por regla general, no reparten el agua disponible que hay antes de los canales, sino una cantidad mayor o menor, según haya recuperaciones o pérdidas en el camino. El ajuste del reparto del agua se hace por tanteo.

De estas consideraciones se desprende que se debe emplear al máximo las medidas o aforos de terreno, y al mínimo, los procedimientos matemáticos rigurosos, especialmente, si conducen a una discordancia con los hechos reales.

Se ha obtenido un valor alto para el retorno del riego, y un valor positivo para el aporte de la napa subterránea. Estos resultados concuerdan con la realidad física, ya que la superficie regada por el río Diguillín es mucho mayor que la que correspondería al gasto inicial. Ello se hace más aparente en los períodos de estiaje, en que el gasto tomado por los canales es mucho mayor que el gasto inicial más el aporte de los esteros. (Ver experiencias 9, 10, 18 y 19 de cuadro 1).

Conviene determinar cuanto se alejan los valores medidos, del planteamiento o solución teórica que se ha obtenido por los mínimos cuadrados. Para ello, basta introducir los valores de las 3 constantes en la ecuación (5a), para cada una de las experiencias, y determinar el error. El segundo miembro de ecuación (5a) sería cero si no hubiera error; lo que se aleja de cero será el error en m³/seg.

Este cálculo fué hecho en la pág. 122 del "Estudio Carvajal" para las 14 experiencias, el máximo error fué de 1,4 m³/seg, y el medio (en valor absoluto) de 0,73 m³/seg. Los errores fueron positivos y negativos, pero la suma de ellos fué cero. Es decir, hubo una compensación perfecta. Esta es la mejor justificación del camino que se siguió, basado en una expresión trinomia.

El cálculo del error para las 21 experiencias se indica en el cuadro 3.

El valor medio del error, en valor absoluto, es de 1,06 m³/seg. Los errores son positivos y negativos, pero la suma de ellos es cero.

CONCLUSION

Para el río Diguillín entre San Lorenzo y el longitudinal se tiene:

Aporte de la napa subterránea $\approx 1,5$ m³/seg

Coeficiente de retorno del riego ≈ 48 %

El coeficiente de retorno del riego se refiere al gasto captado por los canales.



Cuadro 3

EXPERIENCIAS DE RECUPERACIONES

Cálculo del error

$$A + B Q_e + \rho Q_c - R = e$$

Nº	Fecha	1,57	+	0,113 Q _e	+	0,478 Q _c	-	R	=	e
1	11-10-56	1,57	+	2,113	+	8,652	-	13,1	=	- 0,765
2	25-10-56	1,57	+	1,458	+	10,038	-	14,4	=	- 1,334
3	15-11-56	1,57	+	1,175	+	11,759	-	14,5	=	+ 0,004
4	26-11-56	1,57	+	0,78	+	10,564	-	12,0	=	+ 0,914
5	10-12-56	1,57	+	0,339	+	9,608	-	12,6	=	- 1,083
6	20-12-56	1,57	+	0,215	+	8,126	-	11,4	=	- 1,489
7	7- 1-57	1,57	+	0,17	+	6,31	-	8,5	=	- 0,45
8	16- 1-57	1,57	+	0,192	+	5,497	-	6,0	=	+ 1,259
9	6- 2-57	1,57	+	0,181	+	4,684	-	5,8	=	+ 0,635
10	19- 2-57	1,57	+	0,147	+	4,876	-	6,9	=	- 0,307
11	5- 3-57	1,57	+	0,136	+	4,159	-	5,8	=	+ 0,065
12	20- 3-57	1,57	+	0,113	+	4,493	-	7,0	=	- 0,824
13	4- 4-57	1,57	+	0,124	+	3,872	-	5,5	=	+ 0,066
14	24- 4-57	1,57	+	0,136	+	4,206	-	6,4	=	- 0,488
15	16-11-57	1,57	+	1,141	+	9,225	-	15,2	=	- 3,264
16	17- 1-58	1,57	+	0,271	+	7,313	-	7,2	=	+ 1,954
17	20- 2-58	1,57	+	0,215	+	6,023	-	7,7	=	+ 0,108
18	19- 3-58	1,57	+	0,203	+	5,258	-	6,5	=	+ 0,531
19	14- 4-58	1,57	+	0,271	+	5,019	-	8,0	=	- 1,140
20	24-11-58	1,57	+	1,853	+	8,986	-	9,4	=	+ 3,009
21	22-12-58	1,57	+	0,486	+	9,13	-	8,6	=	+ 2,586
										- 0,013

C A P I T U L O I I

PERDIDAS EN CANAL

A GENERALIDADES

La determinación de las pérdidas en canal presenta serias dificultades en general, y mayores en el caso del Diguillín. Para poder determinarlas se necesita un canal más o menos largo, de más de 5 Km, que no tenga saques de agua en el camino. Si el canal tiene servicio en camino, resulta casi imposible el cálculo de las pérdidas en %, ya que el gasto varía a lo largo de la experiencia y no tiene sentido expresar la pérdida total como fracción del gasto inicial.

Otra dificultad inherente a esta clase de trabajos es la falta de precisión de los aforos. Se trata de canales en tierra, irregulares, cuya sección transversal cambia de metro en metro y que no se encuentran trechos adecuados, con escurrimiento por filetes paralelos. Debido a ello, los aforos pueden contener errores de 10 %, y si las pérdidas que se miden son de este mismo orden de magnitud resulta difícil la interpretación de los resultados.

Para obviar estos inconvenientes, debe repetirse la experiencia varias veces, en el mismo canal y en el mismo trecho. Además, deben analizarse los valores obtenidos a fin de descartar aquellos que se alejen de la tendencia común, o aquellos que muestren resultados simplemente erróneos, como sería una ganancia de agua si no hay razón física que la justifique.

B AFOROS

Las experiencias se llevaron a cabo durante los meses de enero a marzo de 1959, en los canales Llano Blanco, Larqui y Goldenberg del río Diguillín, y en el canal Chacayal del Nuble. También se midió el canal común formado por Larqui y Goldenberg, pero éste tiene sólo 2 Km de longitud.

El cuadro 4 contiene los resultados de los aforos. Los gastos están expresados en m³/seg.

Analizados los valores del cuadro, se aceptaron, para proseguir los cálculos, los resultados de las experiencias que

Cuadro 4

DETERMINACION DE PERDIDAS EN CANAL

Aforos en m³/seg

L L A N O B L A N C O

Km	E x p e r i e n c i a				
	1	2	3	4	5
	29-1-59	11-2-59	20-2-59	10-3-59	30-3-59
0,0	1,4	1,05	1,23	1,04	0,74
5,2	1,05	0,95	1,12	1,16	0,59
9,6	1,21	0,75	1,03	1,09	0,78

L A R Q U I

Km	E x p e r i e n c i a				
	1	2	3	4	5
	29-1-59	11-2-59	20-2-59	10-3-59	30-3-59
0,0	0,48	0,41	0,49	0,36	0,37
5,2	0,44	0,38	0,38	0,37	0,34
9,8	0,42	0,35	0,43	0,31	0,34

G O L D E N B E R G

Km	E x p e r i e n c i a				
	1	2	3	4	5
	29-1-59	11-2-59	20-2-59	10-3-59	30-3-59
0,0	0,95	0,55	0,49	0,39	0,41
4,9	0,70	0,49	0,39	0,37	0,53
9,2	0,89	0,48	0,57	0,40	0,51



Cuadro 4
(continuación)

CANAL COMUN LARQUI-GOLDENBERG

Km	E x p e r i e n c i a				
	1	2	3	4	5
	29-1-59	11-2-59	20-2-59	10-3-59	30-3-59
0,0		1,00	0,84	0,81	0,89
0,7	1,14	0,89	0,93		
2,0	1,40		0,94		

C H A C A Y A L

Km	11-3-59
0,0	1,67
4,0	1,40

se indican:

Llano Blanco: Experiencias 1, 2 y 3. Se descartaron 4 y 5 que acusaron ligera recuperación.

Canal Larqui: Las 5 experiencias son buenas.

Canal Goldenberg: Se utilizarán las 2 primeras experiencias. La N° 3 acusa equilibrio, y las 2 restantes, recuperación.

Canal Chacayal: Se efectuó una sola experiencia y se la utiliza.

Las medidas del canal común Larqui-Goldenberg fueron descartadas. El tramo es de sólo 2 Km. Las medidas no acusaron pérdida en él.

Como se han dejado sólo las experiencias que acusaron pérdidas en canal, como es lo normal, el error que se pueda cometer al eliminar algunos aforos va en favor de la seguridad.

C CALCULO DE LA PERDIDA

La pérdida se calculó como porcentaje del gasto inicial, en la toma del canal. Además, para facilitar el trabajo posterior, y poder hacer una comparación, se la determinó también para un canal teórico de 10 Km de largo.

A continuación aparecen los resultados de los cálculos **numéricos**. Se omiten éstos por tratarse de simples operaciones aritméticas, efectuadas con regla de cálculo.

LLANO BLANCO

Exp.	Pérdida %	
	Nº	
	9,6 Km	10 Km
1	13,6	14
2	29,8	31
3	16,3	17
Promedio		21 %

LARQUI

Exp.	Pérdida %	
	Nº	
	9,8 Km	10 Km
1	12,5	13
2	14,6	15
3	12,2	12
4	13,9	14
5	8,1	8
Promedio		12 %

GOLDENBERG

Exp.	Pérdida %	
	Nº	
	9,2 Km	10 Km
1	6,3	7
2	12,7	14
Promedio		10 %

CHACAYAL

Pérdida %	
4 Km	10 Km
16,2	40

Como se ve en los cuadros adjuntos, hay 11 medidas utilizables. Cabe observar que prácticamente todas las medidas descartadas corresponden al mes de marzo, que no es un mes típico de la temporada de riego.

Es de hacer notar, además, que en el canal Larqui, que es el más largo de los medidos, siempre con caudales del mismo orden de magnitud, y en que se aprovecharon las 5 experiencias efectuadas, todos los valores de las pérdidas son semejantes; el promedio para el canal de 10 Km de largo (que es casi el mismo largo del canal real) fué de 12 %. Este valor está muy de acuerdo con la realidad,

si se le compara con los que la Dirección de Riego ha obtenido en otros ríos del país, en que se determinaron pérdidas en canal.

A continuación, y en base a las 11 medidas o experiencias que se analizan, se calcula la pérdida media.

Canal	Nº Experiencias	Pérdida %	Producto
Larqui	5	12	60
Llano Blanco	3	21	63
Goldenberg	2	10	20
Chacayal	1	40	40
Total	11		183
Promedio (en 10 Km)			17 %

Este es el valor que se adoptará en el estudio del embalse.

CONCLUSION

La pérdida en canal en el río Diguillín, para un canal de 10 Km de largo, es de 17 % del gasto inicial.

C A P I T U L O I I I

SEGURIDAD DEL RIEGO ACTUAL



A GENERALIDADES

Antes de entrar al estudio del Embalse Diguillín, conviene determinar cual es la situación del riego actual, y cual es la seguridad de éste.

No se entra en detalles sobre la definición de seguridad del riego, gasto tomado por los canales, tendencias de los agricultores sobre superficie regada, etc., porque ello ya fué tratado en el "Estudio Carvajal".

Sin embargo, deben rehacerse los cálculos de dicho estudio agregando los 2 nuevos años de estadística de caudales, y tomando en cuenta las recuperaciones, el aporte de la napa subterránea, y las pérdidas en canal. Con ello, los resultados deben variar, acercándose más a la situación real, ya que se han tomado en cuenta factores que influyen el regadío y cuya magnitud antes no se conocía.

B ESTADISTICA

La estadística que interesa al estudio figura en los cuadros 5 a 9.

El cuadro 5 contiene aforos de los canales en el tramo en estudio; es decir, entre San Lorenzo y el longitudinal. Aguas arriba de San Lorenzo prácticamente no hay canales, y por eso se instaló allí la estación de control. Entre San Lorenzo y el longitudinal se encuentra la toma de los canales que interesan al estudio; esa es la zona que realmente tiene importancia en el regadío del valle. En el cuadro se da la suma de gastos de cada corrida de aforos; o sea, el total del agua captada por los canales.

El cuadro 6 contiene la estadística de gastos medios mensuales de Diguillín en San Lorenzo. Durante los años 1946 a 1955 la estación de limnómetro estuvo ubicada en Atacalco, 5 Km aguas abajo de San Lorenzo. Entre ambos puntos no hay aportes ni saques de agua, de modo que la estadística puede considerarse como una sola.

Cuadro 5

RIO DIGUILLIN - AFOROS EN CANALES

Suma gastos m³/seg

A Ñ O HIDROLOGICO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL
1940	-	-	-	20,1	-	14,7	-	-
1941	-	-	-	13,7	-	22,1	-	-
1942	-	22,3	-	-	-	-	11,7	-
1943	-	13,1	-	13,6	-	-	-	-
1944	-	-	-	19,3	-	-	-	-
1945	-	12,2	-	-	-	-	-	-
1946	-	-	-	-	14,3	-	-	-
1947	-	-	-	-	-	12,1	-	-
1948	-	-	-	-	18,4	-	-	-
1949	-	-	-	-	-	-	8,1	-
1956	-	18,1	24,6	20,1	13,2	9,8	8,7	8,1
	-	21	22,1	17	11,5	10,2	9,4	8,8
1957	-	14,3	22,9	19,3	15,3	12,6	11	10,5
1958	-	14,6	18,8	19,1	13,2	12,8	12,5	-

Cuadro 6

RIO DIGUILLIN EN SAN LORENZO

Gastos medios mensuales m3/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O												58-59	59-60	60-61	61-62
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957-58				
MAYO	18	6,6	15,4	68	34	32,2	23	37	19,2	6,9	26	21	17	282	3.1	
JUNIO	16	31	26	55,7	28	51,6	30	22,1	46	52	8,6	21	50	22.6	36.3	
JULIO	41	21,7	31	13,1	11,5	61,2	30	28	44	8,6	45	30	46	54.7	20.5	
AGOSTO	21	19,2	12,7	8,9	30	22,9	17	54	40	22	20	54	24	19.4	11.8	
SEPTIEMBRE	32	14,4	48	6,8	28,4	36,3	18,7	55	19	17	11,6	17,4	21	39.5	13.3	
OCTUBRE	18,6	20,8	32	7,7	21,3	19,7	15	22	19,2	16	16	18	22	17.4	32.8	
NOVIEMBRE	24,7	11,5	23	4,7	27,4	15,6	6,4	27	20,2	11,7	14	22	23	14.7	12.7	
DICIEMBRE	14,1	7,0	14,2	5,2	15,4	11,6	3,9	20	13,4	18,6	6,0	18	7.5	8.5	8.7	
ENERO	4,7	4,8	7,2	5,5	18	7,7	5,0	12	6,8	18	3,2	6,3	4.8	5.8	*	
FEBRERO	3,0	3,7	5,0	2,8	12,6	5,8	3,8	7,0	4,3	3,9	2,4	3,6	3.8	3.8	*	
MARZO	2,6	3,0	7,1	2,4	6,5	7,8	3,4	5,0	2,5	10	2,0	2,5	3.6	3.5	*	
ABRIL	2,2	13,9	4,2	13,1	4,3	4,1	4,7	6,4	2,0	21	1,8	2,8	4.0	5.3	*	

* DATA NOT WORKED UP YET

El cuadro 7 contiene los gastos de Renegado en Invernada. El río Renegado se junta al Diguillín 6 Km aguas abajo de San Lorenzo.

El cuadro 8 contiene la suma de los 2 anteriores, o sea, los recursos de agua del Diguillín en la confluencia con el Renegado.

El cuadro 9 es el mismo anterior, más 1,5 m³/seg de aporte de la napa subterránea, o sea, lo que podríamos llamar gasto inicial o recursos de partida del Diguillín para fines de regadío.

La estadística abarca el período 1946-1957, 12 años calendarios. En los cuadros, y en todo lo que sigue, se empleará el año hidrológico, de mayo de un año a abril del siguiente. La estadística utilizada termina el año hidrológico 1957, o sea, en abril de 1958.

La lluvia media de 27 años de la estación pluviométrica de Atacalco, es de 2 530 mm. La lluvia media de los 12 años de estadística es de 2 390 mm. Por lo tanto, nuestro período estadístico no difiere mucho del normal, en cuanto a lluvias se refiere, y como la lluvia promedio de él es algo inferior a la media, se está del lado de la seguridad.

C CURVA ESTACIONAL DEL RIEGO

Esta curva representa las cantidades de agua necesarias para el regadío, mes a mes, durante la temporada de riego. Ella aparece en el gráfico 2, tomado del "Estudio Carvajal", en el cual se indica como fué obtenida.

El mes de máximo consumo es diciembre. Llamando 1 al consumo de agua (o tasa de riego) de este mes, se obtiene para los demás meses los valores que aparecen en la tabla del gráfico.

Si se conoce la tasa de riego por Ha, o para una superficie cualquiera, la curva (o los valores de la tabla) permite calcular el volumen de agua necesario en cada mes. Si se fija el volumen necesario para el riego en el mes de máximo consumo, el producto de él por los valores de la tabla, fija el agua requerida mes a mes.

Los Agrónomos de Riego determinaron que en diciembre la tasa era de 1 774 m³ por Ha. Luego, la tasa de riego anual es:

Cuadro 7

RIO RENEGADO EN INVERNADA
Gastos medios mensuales en m³/seg

M F S	AÑO HIDROLOGICO																		58-58	59-59	60-60	61-61	62-62
	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957-58					
MAYO	11,2	2,7	2,3	2,1	0,7	6,7	1,9	0,7	1,4	14,7	7,0	2,8	6,2	3,7	2,3	1,0	4,6	2,1	2.1	7.1	0.61		
JUNIO	16,5	5,8	2,2	2,2	2,8	8,6	1,2	3,4	3,2	13,8	8,6	11,1	3,2	4,2	7,5	7,0	1,8	2,0	11	7	4.3		
JULIO	15,9	10,3	2,2	2,5	5,1	9,3	6,3	3,0	8	6,4	5,0	12	5,0	5,6	8,3	2,6	9,8	3,0	8.4	13.5	23.7		
AGOSTO	10,8	11,1	5,9	2,1	6,5	12	2,2	2,8	2,8	3,7	8,6	9	2,7	10,5	10	3,4	6,0	8,8	8.8	7.9	2.5		
SEPTIEMBRE	5,2	7,1	5,7	5,6	6,4	8,7	4,5	1,9	9,4	2,0	8,6	9,1	2,7	16	14,9	2,8	3,7	4,8	6.5	11.4			
OCTUBRE	5,5	5,5	5,6	3,9	11,2	8,6	2,6	2,5	10	1,1	5,4	6,9	2,2	6,6		2,5	3,0	4,7	6.6	6.2	3.4		
NOVIEMBRE	3,5	7,2	5,6	2,4	11,6	8,3	3,6	1,6	6,8	0,5	6,6	4,6	0,8	6,5	4,1	1,6	2,7	4,1	6.2	5.6	2.7		
DICIEMBRE	3,0	7,1	3,6	1,2	7,6	4,7	1,8	0,8	4,9	0,2	4,7	3,2	0,1	4,3	3,0	2,8	0,9	3,6	2.5	1.5	1.2		
ENERO	1,1	3,8	2,4	1,4	4,0	3,5	0,9	0,4	2,3	0,7	3,6	1,4	0,2	2,1	1,8	2,1	0,58	1,0	1.2	0.91	*		
FEBRERO	1,2	3,2	2,8	1,3	4,2	3,3	1,0	0,5	2,6	0,5	2,9	1,4	0,66	2,8	2,0	1,2	0,84	0,93	1.2	1.3	*		
MARZO	1,8	2,9	2,4	0,9	4,1	2,6	0,9	0,5	2,4	0,4	2,7	3,7	0,52	2,2	1,7	1,5	0,46	0,68	0.86	1.4	*		
ABRIL	1,0	2,3	1,3	0,5	2,8	1,5	0,7	0,8	1,6	1,1	1,8	1,6	0,77	2,2	1,1	2,9	0,35	0,46	5.7	1.5	*		

* DATA NOT WORKED UP YET

Cuadro 8

DIGUILLIN + RENEGADO

Gastos medios mensuales m3/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O															
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957- 58	58- 59	59- 60	60- 61	61- 62
MAYO	19,9	7,3	16,8	82,7	41	35	29,2	40,7	21,5	7,9	30,6	23,1	19.1	35.3	3.71	
JUNIO	17,2	34,4	29,2	69,5	36,6	62,7	33,2	26,3	53,5	59	10,4	23	61	29.6	40.6	
JULIO	47,3	24,7	39	19,5	16,5	73,2	35	33,6	52,3	11,2	54,8	33	54.4	68.2	24.2	
AGOSTO	23,2	22	15,5	12,6	38,6	31,9	19,7	64,5	50	25,4	26	62,8	32.8	27.3	14.3	
SEPTIEMBRE	36,5	16,3	57,4	8,8	37	45,4	21,4	71	23,9	19,8	15,3	22,2	27.5	40.9	-	
OCTUBRE	21,2	23,3	42	8,8	26,7	26,6	17,2	28,6	23,5	18,5	19	22,7	28.6	23.6	36.2	
NOVIEMBRE	28,3	13,1	29,8	5,2	34	20,2	7,2	33,5	24,3	13,3	16,7	26,1	29.2	20.3	15.4	
DICIEMBRE	15,9	7,8	19,1	5,4	20,1	14,8	4,0	24,3	16,4	21,4	6,9	21,6	100	10.0	9.9	
ENERO	5,6	5,2	9,5	6,2	21,6	9,1	5,2	14,1	8,6	20,1	3,8	7,3	60	6.7	*	
FEBRERO	4,0	4,2	7,6	3,3	15,5	7,2	4,5	9,8	6,3	5,1	3,2	4,5	50	5.1	*	
MARZO	3,5	3,5	9,5	2,8	9,2	11,5	3,9	7,2	4,2	11,5	2,5	3,2	4.46	4.9	*	
ABRIL	2,9	14,7	5,8	14,2	6,1	5,7	5,5	8,6	3,1	23,9	2,2	3,3	45.7	6.8	*	

* DATA NOT WORKED UP YET

Cuadro 9

DIGUILLIN + RENEGADO +1,5 m3/seg

Gastos medios mensuales m3/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	71	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	38	18,8	58,9	10,3	38,5	46,9	22,9	72,5	25,4	21,3	16,8	23,7
OCTUBRE	22,7	24,8	43,5	10,3	28,2	28,1	18,7	30,1	25	20	20,5	24,2
NOVIEMBRE	29,8	14,6	31,3	6,7	35,5	21,7	8,7	35	25,8	14,8	18,2	27,6
DICIEMBRE	17,4	9,3	20,6	6,9	21,6	16,3	5,5	25,8	17,9	22,9	8,4	23,1
ENERO	7,1	6,7	11	7,7	23,1	10,6	6,7	15,6	10,1	21,6	5,3	8,8
FEBRERO	5,5	5,7	9,1	4,8	17	8,7	6,0	11,3	7,8	6,6	4,7	6,0
MARZO	5,0	5,0	11	4,3	10,7	13	5,4	8,7	5,7	13	4,0	4,7
ABRIL	4,4	16,2	7,3	15,7	7,6	7,2	7,0	10,1	4,6	25,4	3,7	4,8

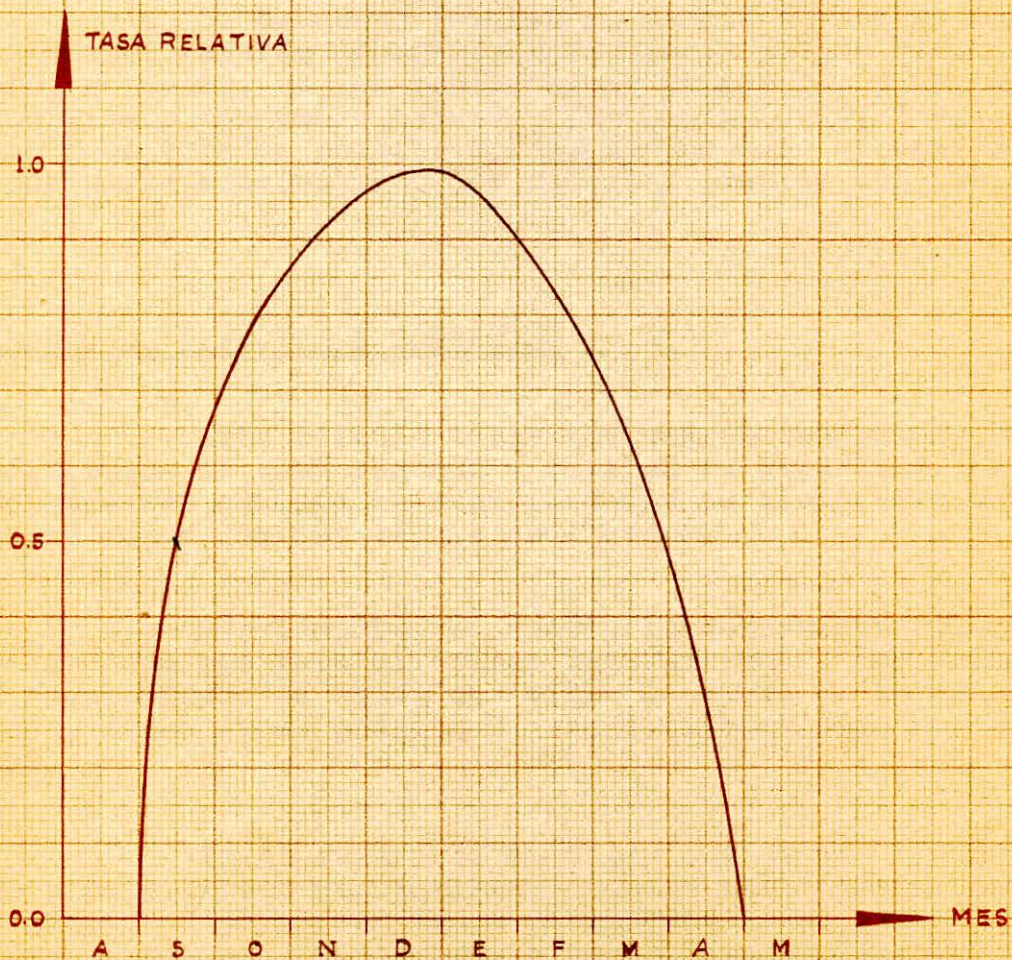


GRAFICO 2

CURVA ESTACIONAL DE RIEGO

TASA DE RIEGO

<u>MES</u>	<u>COEFICIENTE</u> <u>TASA RELATIVA</u>
SEP.	0.50
OCT.	0.80
NOV.	0.93
DIC.	1.00
ENE.	0.96
FEB.	0.82
MAR.	0.60
ABR.	0.27
TOTAL	5.88



$$5,88 \times 1\,774 = 10\,430 \text{ m}^3/\text{Ha}$$

La lluvia media durante la temporada de riego es de 168 mm. Luego, la lluvia agrega 1 680 m³/Ha al suelo. Según eso, el total del agua recibida por Ha es $10\,430 + 1\,680 = 12\,100 \text{ m}^3$. En lo que sigue se prescindirá de esos 1 680 m³/Ha.

Si manteniendo la tasa de riego anual por hectárea, se cambia de diciembre a enero el mes de máximo consumo, modificando la forma de la curva adoptada, la superficie regada baja, y se aprovechan menos los recursos del río. Si se trata de riego con embalse se requiere mayor capacidad de éste para regar la misma superficie. Es preferible tratar de seguir al río en sus características hidrológicas y tener diciembre como mes de máximo consumo.

El gasto del río en enero es mucho menor que en diciembre. Al llevar la tasa máxima a enero se "fuerza", o se "intenta forzar" las condiciones naturales, y el rendimiento de los cultivos, o la superficie regada, bajará. Los agricultores se han dado cuenta de ello en forma intuitiva, y han usado la máxima tasa de riego en diciembre.

Si al tener embalse se cambia el mes de máximo consumo a enero, dejarán de aprovecharse parte de los recursos propios del río, es decir, de los sobrantes de primavera, y no hay duda que el rendimiento económico bajará. (Ver Capítulo IV, "Regulación del Embalse"; el embalse permite aprovechar no sólo el agua embalsada, sino una parte adicional de los recursos propios del río.)

D CALCULO DE DEFICITS Y SOBRANTES

Este cálculo tiene por objeto determinar cual es la superficie que se está regando y cual es su seguridad. Al mismo tiempo, muestra cual es la seguridad que se tiene -sin embalse- si se quiere regar una superficie cualquiera.

Previamente, es necesario determinar cuales son los gastos de cada mes para el "riego regularizado". Por definición, riego regularizado es aquél que sigue la curva de tasas de riego adoptada, o sea la de gráfico 2, con diciembre como mes de máximo consumo.

En el cuadro 10 se tiene los gastos necesarios en cada mes para el riego regularizado; con un valor mínimo de 8 m³/seg y uno máximo de 30 m³/seg (para diciembre). Como punto de partida se elige el gasto de diciembre, y multiplicando éste por las tasas de riego (gráfico 2) se obtienen los de los demás meses. Así, por ej., se observa que para el gasto regulado de 10 m³/seg, las cifras

C u a d r o 10

GASTOS NECESARIOS PARA EL RIEGO REGULARIZADO

m3/seg

MES	TASA RELATIVA	DICIEMBRE MES MAXIMO CONSUMO								
		8	9	10	12,5	15	17,5	20	25	30
SEPT	0,50	4	4,5	5	6,3	7,5	8,8	10	12,5	15
OCT	0,80	6,4	7,2	8	10	12	14	16	20	24
NOV	0,93	7,4	8,4	9,3	11,6	13,9	16,3	18,6	23,2	27,9
DIC	1,00	8	9	10	12,5	15	17,5	20	25	30
ENERO	0,90	7,7	8,6	9,6	12	14,4	16,8	19,2	24	28,8
FEB	0,82	6,6	7,4	8,2	10,2	12,3	14,3	16,4	20,5	24,6
MARZO	0,60	4,8	5,4	6	7,5	9	10,5	12	15	18
ABRIL	0,27	2,2	2,4	2,7	3,4	4,1	4,7	5,4	6,8	8,1
SUMA	5,88	47,1	52,9	58,8	73,5	88,2	102,9	117,6	147	176,4

significativas que dan el gasto necesario en los otros 7 meses de la temporada son las mismas de la tabla de gráfico 2.

No sería necesario en el contenido del cuadro 10, ir más allá de los 20 m³/seg, pero se ha llegado a 30 m³/seg, porque los valores altos serán utilizados para la regulación del embalse.

El cálculo de déficits y sobrantes del riego regularizado aparece en los cuadros 11 a 19. Los valores se obtuvieron restando a los del cuadro 9 los del cuadro 10, o sea, comparando los recursos iniciales del Diguillín con el agua necesaria para el riego regularizado. Así, por ej., para el gasto regulado de 8 m³/seg se han restado a los valores del cuadro 9, 4 m³/seg en setiembre; 6,4 en octubre; 7,4 en noviembre; 8 en diciembre, etc. Los déficits, o falta de agua, están indicados con signo menos. Para los meses de mayo a agosto las cifras de todos los cuadros son iguales; como no hay saques, los valores son los mismos del cuadro 9. El gasto del río en invierno representa el sobrante de agua.

El cuadro 9, que nos da los recursos iniciales, está expresado en m³/seg. En cambio, en el regadío se emplean volúmenes de agua, o sea m³. Por comodidad, y para ahorrar trabajo, se han calculado los déficits y sobrantes en los cuadros 11 a 19 en m³-mes. El m³-mes es el volumen de agua equivalente a 1 m³/seg escurriendo durante un mes. Adoptaremos para el mes 2,6 millones de seg.

$$1 \text{ m}^3\text{-mes} = 2,6 \text{ millones de m}^3$$

En el cuadro 20 se tiene un resumen de los resultados de los cuadros 11 a 19. Los déficits están expresados en m³-mes y también en tanto por ciento del agua necesaria para el regadío. La forma de obtención de los valores se verá con un ejemplo. Para un gasto regulado de 10 m³/seg el déficit (tomado de cuadro 13) para el año 1946 es de 6,2 m³-mes, y éste representa el 10,5 % del agua necesaria. Para el gasto regulado de 10 m³/seg, el volumen de agua requerido en la temporada de riego es de:

$$\begin{aligned} V &= 5,88 \times 10 = 58,8 \quad \text{m}^3\text{-mes} \\ \text{déficit} \quad d &= 6,2/58,8 = 10,5 \quad \% \end{aligned}$$

También se han clasificado los diversos años (en cuadro 20) en la columna "CL"; la letra B representa los años buenos, con riego normal, y la letra F las fallas. Se aceptó que un año con una falla de hasta un 10 % era un año bueno.

No se entra en mayores detalles sobre esta materia, porque ella fué abordada en el "Estudio Carvajal". Conviene sólo recordar que los agricultores destinan una parte de sus tierras a cultivos o empastadas artificiales de carácter permanente, y el resto,

C u a d r o 11

RIO DIGUILIIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 8 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³ - mes

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	34	14,8	54,9	6,3	34,5	42,9	18,9	68,5	21,4	17,3	12,8	19,7
OCTUBRE	16,3	18,4	37,1	3,9	21,8	21,7	12,3	23,7	18,6	13,6	14,1	17,8
NOVIEMBRE	22,4	7,2	23,9	- 0,7	28,1	14,3	1,3	27,6	18,4	7,4	10,8	20,2
DICIEMBRE	9,4	1,3	12,6	- 1,1	13,6	8,3	- 2,5	17,8	9,9	14,9	0,4	15,1
ENERO	- 0,6	- 1,0	3,3	0,0	15,4	2,9	- 1,0	7,9	2,4	13,9	- 2,4	- 1,1
FEBRERO	- 1,1	- 0,9	2,5	- 1,8	10,4	2,1	- 0,6	4,7	1,2	0,0	- 1,9	- 0,6
MARZO	0,2	0,2	6,2	- 0,5	5,9	8,2	0,6	3,9	0,9	8,2	- 0,8	- 0,1
ABRIL	2,2	14	5,1	13,5	5,4	5,0	4,8	7,9	2,4	23,2	1,5	2,6
DEFICITS	- 1,7	- 1,9	0,0	- 4,1	0,0	0,0	- 4,1	0,0	0,0	0,0	- 5,1	- 0,7



C u a d r o 12

RIO DIGUILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 9 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³ - mes

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	33,5	14,3	54,4	5,8	34	42,4	18,4	68	20,9	16,8	12,3	19,2
OCTUBRE	15,5	17,6	36,3	3,1	21	20,9	11,5	22,9	17,8	12,8	13,3	17
NOVIEMBRE	21,4	6,2	22,9	- 1,7	27,1	13,3	0,3	26,6	17,4	6,4	9,8	19,2
DICIEMBRE	8,4	0,3	11,6	- 2,1	12,6	7,3	- 3,5	16,8	8,9	13,9	- 0,6	14,1
ENERO	- 1,5	- 1,9	2,4	- 0,9	14,5	2,0	- 1,9	7,0	1,5	13	- 3,3	0,2
FEBRERO	- 1,9	- 1,7	1,7	- 2,6	9,6	1,3	- 1,4	3,9	0,4	- 0,8	- 2,7	- 1,4
MARZO	- 0,4	- 0,4	5,6	- 1,1	5,3	7,6	0,0	3,3	0,3	7,6	- 1,4	- 0,7
ABRIL	2,0	13,8	4,9	13,3	5,2	4,8	4,6	7,7	2,2	23	1,3	2,4
DEFICITS	- 3,8	- 4,0	0,0	- 8,4	0,0	0,0	-6,8	0,0	0,0	- 0,8	- 8,0	- 2,1

C u a d r o 13

RIO DIGUILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 10 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³ - mes

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	33	13,8	53,9	5,3	33,5	41,9	17,9	67,5	20,4	16,3	11,8	18,7
OCTUBRE	14,7	16,8	35,5	2,3	20,2	20,1	10,7	22,1	17	12	12,5	16,2
NOVIEMBRE	20,5	5,3	22	- 2,6	26,2	12,4	- 0,6	25,7	16,5	5,5	8,9	18,3
DICIEMBRE	7,4	- 0,7	10,6	- 3,1	11,6	6,3	- 4,5	15,8	7,9	12,9	- 1,6	13,1
ENERO	- 2,5	- 2,9	1,4	- 1,9	13,5	1,0	- 2,9	6,0	0,5	12	- 4,3	- 0,8
FEBRERO	- 2,7	- 2,5	0,9	- 3,4	8,8	0,5	- 2,2	3,1	- 0,4	- 1,6	- 3,5	- 2,2
MARZO	- 1,0	- 1,0	5,0	- 1,7	4,7	7,0	- 0,6	2,7	- 0,3	7,0	- 2,0	- 1,3
ABRIL	1,7	13,5	4,6	13	4,9	4,5	4,3	7,4	1,9	22,7	1,0	2,1
DÉFICITS	- 6,2	- 7,1	0,0	-12,7	0,0	0,0	-10,8	0,0	- 0,7	- 1,6	-11,4	- 4,3

C u a d r o 14

RIO DIGUILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 12,5 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³ - mes

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	31,7	12,5	52,6	4,0	32,2	40,6	16,6	66,2	19,1	15	10,5	17,4
OCTUBRE	12,7	14,8	33,5	0,3	18,2	18,1	8,7	20,1	15	10	10,5	14,2
NOVIEMBRE	18,2	3,0	19,7	- 4,9	23,9	10,1	- 2,9	23,4	14,2	3,2	6,6	16
DICIEMBRE	4,9	- 3,2	8,1	- 5,6	9,1	3,8	- 7,0	13,3	5,4	10,4	- 4,1	10,6
ENERO	- 4,9	- 5,3	- 1,0	- 4,3	11,1	- 1,4	- 5,3	3,6	- 1,9	9,6	- 6,7	- 3,2
FEBRERO	- 4,7	- 4,5	- 1,1	- 5,4	6,8	- 1,5	- 4,2	1,1	- 2,4	- 3,6	- 5,5	- 4,2
MARZO	- 2,5	- 2,5	3,5	- 3,2	3,2	5,5	- 2,1	1,2	- 1,8	5,5	- 3,5	- 2,8
ABRIL	1,0	12,8	3,9	12,3	4,2	3,8	3,6	6,7	1,2	22	0,3	1,4
DEFICITS	-12,1	-15,5	- 2,1	-23,4	0,0	- 2,9	-21,5	0,0	- 6,1	- 3,6	-19,8	-10,2

C u a d r o 15

RIO DIGUILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 15 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
M A I O	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
J U N I O	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
J U L I O	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
A G O S T O	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
S E P T I E M B R E	30,5	11,3	51,4	2,8	31	39,4	15,4	65	17,9	13,8	9,3	16,2
O C T U B R E	10,7	12,8	31,5	- 1,7	16,2	16,1	6,7	18,1	13	8	8,5	12,2
N O V I E M B R E	15,9	0,7	17,4	- 7,2	21,6	7,8	- 5,2	21,1	11,9	0,9	4,3	13,7
D I C I E M B R E	2,4	- 5,7	5,6	- 8,1	6,6	1,3	- 9,5	10,8	2,9	7,9	- 6,6	8,1
E N E R O	- 7,3	- 7,7	- 3,4	- 6,7	8,7	- 3,8	- 7,7	1,2	- 4,3	7,2	- 9,1	- 5,6
F E B R E R O	- 6,8	- 6,6	- 3,2	- 7,5	4,7	- 3,6	- 6,3	- 1,0	- 4,5	- 5,7	- 7,6	- 6,3
M A R Z O	- 4,0	- 4,0	2,0	- 4,7	1,7	4,0	- 3,6	- 0,3	- 3,3	4,0	- 5,0	- 4,3
A B R I L	0,3	12,1	3,2	11,6	3,5	3,1	2,9	6,0	0,5	21,3	- 0,4	0,7
D E F I C I T S	-18,1	-24	- 6,6	-35,9	0,0	- 7,4	-32,3	- 1,3	-12,1	- 5,7	-28,7	-16,2

C u a d r o 16

RIO DIGOILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 17,5 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	29,2	10	50,1	1,5	29,7	38,1	14,1	63,7	16,6	12,5	8	14,9
OCTUBRE	8,7	10,8	29,5	- 3,7	14,2	14,1	4,7	16,1	11	6,0	6,5	10,2
NOVIEMBRE	13,5	- 1,7	15	- 9,6	19,2	5,4	- 7,6	18,7	9,5	- 1,5	1,9	11,3
DICIEMBRE	- 0,1	- 8,2	3,1	-10,6	4,1	- 1,2	-12	8,3	0,4	5,4	- 9,1	5,6
ENERO	- 9,7	-10,1	- 5,8	- 9,1	6,3	- 6,2	-10,1	- 1,2	- 6,7	4,8	-11,5	- 8
FEBRERO	- 8,8	- 8,6	- 5,2	- 9,5	2,7	- 5,6	- 8,3	- 3,0	- 6,5	- 7,7	- 9,6	- 8,3
MARZO	- 5,5	- 5,5	0,5	- 6,2	0,2	2,5	- 5,1	- 1,8	- 4,8	2,5	- 6,5	- 5,8
ABRIL	- 0,3	11,5	2,6	11	2,9	2,5	2,3	5,4	- 0,1	20,7	- 1,0	0,1
DEFICITS	-24,4	-34,1	-11	-48,7	0,0	-13	-43,1	- 6,0	-18,1	- 9,2	-37,7	-22,1

C u a d r o 17

RIO DIGUILLIN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 20 m³/seg
Déficits y sobrantes en m³/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	28	8,8	48,9	0,3	28,5	36,9	12,9	62,5	15,4	11,3	6,8	13,7
OCTUBRE	6,7	8,8	27,5	- 5,7	12,2	12,1	2,7	14,1	9	4,0	4,5	8,2
NOVIEMBRE	11,2	- 4,0	12,7	-11,9	16,9	3,1	- 9,9	16,4	7,2	- 3,8	- 0,4	9
DICIEMBRE	- 2,6	-10,7	0,6	-13,1	1,6	- 3,7	-14,5	5,8	- 2,1	2,9	-11,6	3,1
ENERO	-12,1	-12,5	- 8,2	-11,5	3,9	- 8,6	-12,5	- 3,6	- 9,1	2,4	-13,9	-10,4
FEBRERO	-10,9	-10,7	- 7,3	-11,6	0,6	- 7,7	-10,4	- 5,1	- 8,6	- 9,8	-11,7	-10,4
MARZO	- 7,0	- 7,0	- 1,0	- 7,7	- 1,3	1,0	- 6,6	- 3,3	- 6,3	1,0	- 8	- 7,3
ABRIL	- 1,0	10,8	1,9	10,3	2,2	1,8	1,6	4,7	- 0,8	20	- 1,7	- 0,6
DEFICITS	-33,6	-44,9	-16,5	-61,5	- 1,3	-20	-53,9	-12	-26,9	-13,6	-47,3	-28,7



C u a d r o 18

RIO DIGUILLEN + 1,5 m³/seg - GASTO REGULADO DE 25 m³/seg

Déficits y sobrantes en m³/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	25,5	6,3	46,4	- 2,2	26	34,4	10,4	60	12,9	8,8	4,3	11,2
OCTUBRE	2,7	4,8	23,5	- 9,7	8,2	8,1	- 1,3	10,1	5,0	0,0	0,5	4,2
NOVIEMBRE	6,6	- 8,6	8,1	-16,5	12,3	- 1,5	-14,5	11,8	2,6	- 8,4	- 5,0	4,4
DICIEMBRE	- 7,6	-15,7	- 4,4	-18,1	- 3,4	- 8,7	-19,5	0,8	- 7,1	- 2,1	-16,6	- 1,9
ENERO	-16,9	-17,3	-13	-16,3	- 0,9	-13,4	-17,3	- 8,4	-13,9	- 2,4	-18,7	-15,2
FEBRERO	-15	-14,8	-11,4	-15,7	- 3,5	-11,8	-14,5	- 9,2	-12,7	-13,9	-15,8	-14,5
MARZO	-10	-10	- 4,0	-10,7	- 4,3	- 2,0	- 9,6	- 6,3	- 9,3	- 2,0	-11	-10,3
ABRIL	- 2,4	9,4	0,5	8,9	0,8	0,4	0,2	3,3	- 2,2	18,6	- 3,1	- 2,0
DEFICITS	-51,9	-66,4	-32,8	-89,2	-12,1	-37,4	-76,7	-23,9	-45,2	-28,8	-70,2	-43,9

C u a d r o 19

RIO DIGUIILLIN + 1,5 m3/seg - GASTO REGULADO DE 30 m3/seg

Déficits y sobrantes en m3/seg

M E S	A Ñ O H I D R O L O G I C O											
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
MAYO	21,4	8,8	18,3	84,2	42,5	36,5	30,7	42,2	23	9,4	32,1	24,6
JUNIO	18,7	35,9	30,7	7,1	38,1	64,2	34,7	27,8	55	60,5	11,9	24,5
JULIO	48,8	26,2	40,5	21	18	74,7	36,5	35,1	53,8	12,7	56,3	34,5
AGOSTO	24,7	23,5	17	14,1	40,1	33,4	21,2	66	51,5	26,9	27,5	64,3
SEPTIEMBRE	23	3,8	43,9	- 4,7	23,5	31,9	7,9	57,5	10,4	6,3	1,8	8,7
OCTUBRE	- 1,3	0,8	19,5	-13,7	4,2	4,1	- 5,3	6,1	1,0	- 4,0	- 3,5	0,2
NOVIEMBRE	1,9	-13,3	3,4	-21,2	7,6	- 6,2	-19,2	7,1	- 2,1	-13,1	- 9,7	- 0,3
DICIEMBRE	-12,6	-20,7	- 9,4	-23,1	-8,4	-13,7	-24,5	- 4,2	-12,1	- 7,1	-21,6	- 6,9
ENERO	-21,7	-22,1	-17,8	-21,1	-5,7	-18,2	-22,1	-13,2	-18,7	- 7,2	-23,5	-20
FEBRERO	-19,1	-18,9	-15,5	-19,8	-7,6	-15,9	-18,6	-13,3	-16,8	-18	-19,9	-18,6
MARZO	-13	-13	- 7,0	-13,7	-7,3	- 5,0	-12,6	- 9,3	-12,3	- 5,0	-14	-13,3
ABRIL	- 3,7	8,1	- 0,8	7,6	-0,5	- 0,9	- 1,1	2,0	- 3,5	17,3	- 4,4	- 3,3
DEFICITS	-71,4	-88	-50,5	-117,3	-29,5	-59,9	-103,4	-40	-65,5	-54,4	-96,6	-62,4

C u a d r o 20

RECURSOS RIO Diguillín sin Embalse - Probabilidad de tener un Gasto Dado

Resumen de déficits en m³ - mes

A Ñ O HIDROLOGICO	GASTO REGULADO DE:														
	8 m ³ /seg			9 m ³ /seg			10 m ³ /seg			12,5 m ³ /seg			15 m ³ /seg		
	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL
1946	1,7	3,6	B	3,8	7,2	B	6,2	10,5	$\frac{F}{2}$	12,1	16,5	F	18,1	20,5	F
1947	1,9	4,0	B	4,0	7,6	B	7,1	12,1	F	15,5	21,1	F	24	27,2	F
1948	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	2,1	2,9	B	6,6	7,5	B
1949	4,1	8,7	B	8,4	15,9	F	12,7	21,6	F	23,4	31,9	F	35,9	40,6	F
1950	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B
1951	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	2,9	3,9	B	7,4	8,4	B
1952	4,1	8,7	B	6,8	12,9	F	10,8	18,4	F	21,5	29,2	F	32,3	36,6	F
1953	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	1,3	1,5	B
1954	0,0	0,0	B	0,0	0,0	B	0,7	1,2	B	6,1	8,3	B	12,1	13,7	F
1955	0,0	0,0	B	0,8	1,5	B	1,6	2,7	B	3,6	4,9	B	5,7	6,5	B
1956	5,1	10,8	$\frac{F}{2}$	8	15,1	F	11,4	19,4	F	19,8	26,9	F	28,7	32,5	F
1957	0,7	1,5	B	2,1	4,0	B	4,3	7,3	B	10,2	13,9	F	16,2	18,4	F
SEGURIDAD	$S = \frac{11,5 \times 100}{12} = 96\%$			$S = \frac{9 \times 100}{12} = 75\%$			$S = \frac{7,5 \times 100}{12} = 63\%$			$S = \frac{6 \times 100}{12} = 50\%$			$S = \frac{5 \times 100}{12} = 42\%$		

C u a d r o 20
(Continuación)

A Ñ O HIDROLOGICO	GASTO REGULADO DE:											
	17,5 m3/seg			20 m3/seg			25 m3/seg			30 m3/seg		
	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL
1946	24,4	23,7	F	33,6	28,6	F	51,9	35,2	F	71,4	40,5	F
1947	34,1	33,1	F	44,9	38,1	F	66,4	45,1	F	88	49,9	F
1948	11	10,7	$\frac{F}{2}$	16,5	14	F	32,8	22,3	F	50,5	28,6	F
1949	48,7	47,4	F	61,5	52,2	F	89,2	60,9	F	117,3	66,3	F
1950	0,0	0,0	B	1,3	1,1	B	12,1	8,2	B	29,5	16,7	F
1951	13	12,6	F	20	17	F	37,4	25,4	F	59,9	33,9	F
1952	43,1	41,8	F	53,9	45,8	F	76,7	52	F	103,4	58,6	F
1953	6,0	5,8	B	12	10,2	$\frac{F}{2}$	23,9	16,2	F	40	22,7	F
1954	18,1	17,6	F	26,9	22,8	$\frac{F}{2}$	45,2	30,7	F	65,5	37,1	F
1955	9,2	8,9	B	13,6	11,6	$\frac{F}{2}$	28,8	19,6	F	54,4	30,7	F
1956	37,7	36,6	F	47,3	40,2	F	70,2	47,9	F	96,6	54,8	F
1957	22,1	21,5	F	28,7	24,4	F	43,9	29,8	F	62,4	35,5	F
SEGURIDAD	$S = \frac{3,5 \times 100}{12} = 29 \%$			$S = \frac{2 \times 100}{12} = 17 \%$			$S = \frac{1 \times 100}{12} = 8 \%$			$S = 0 \%$		



al regadío de praderas naturales, cereales, etc., O sea, sólo una parte de la superficie regada tiene una seguridad alta.

En el cuadro 20 se calculó la seguridad resultante para cada gasto regulado. La seguridad S se calcula en %, como el número de años en 100 en que el riego fué normal; en que hubo el agua necesaria para el regadío. Como se dispone sólo de 12 años de estadística los valores de S se mueven a saltos de 8 % aproximadamente. Si se dispusiera de una estadística larga, no se produciría esta discontinuidad. Para el gasto regulado de 12,5 m³/seg hubo 6 fallas en 12 años y la seguridad resultó de 50 %.

Con los valores de la primera y de la última línea del cuadro 20 se dibujó el gráfico 3 que muestra cual es la probabilidad de tener un gasto dado. Se ha llegado en él hasta una seguridad de 15 %, para un gasto de 20 m³/seg. Esto no quiere decir que haya ocasiones en que se riegue con una seguridad tan baja. Lo que se quería era mostrar el fenómeno en forma visual, dibujando la curva que relaciona las variables en toda su extensión.

E SUPERFICIE REGADA

En base al gráfico 3 se determinará cual es la superficie regada en la actualidad por el río Diguillín. Para ello, es necesario fijar previamente la seguridad del riego, la cual depende de los hábitos de los agricultores. Si estos pretenden regar una superficie mayor (y la tienen bajo canal) se reduce la seguridad; si quieren mejorar la seguridad, deben reducir la superficie regada.

En base a la tendencia de los agricultores de la zona, y a consideraciones económicas del "Estudio Carvajal" (que no se reproducen aquí), se ha estimado la seguridad en 75 %. Según el gráfico 3 a esa seguridad corresponde un gasto regulado de 9 m³/seg. Cuando se ofreció el Embalse Diguillín, los agricultores expresaron que aceptaban seguridades menores que 75 %. Sin embargo, si se adoptara una seguridad 70 %, el gasto regulado subiría sólo a 9,4 m³/seg (ver gráfico 3).

El gasto regulado de 9 m³/seg es el mismo del "Estudio Carvajal", pero la seguridad es ahora más alta, debido a la influencia del aporte de la napa subterránea.

No se debe calcular directamente la superficie regada a base de la tasa de 10 430 m³/ha/año y al gasto regulado de 9 m³/seg. Es necesario tomar en cuenta la influencia del retorno del riego y las pérdidas en canal.

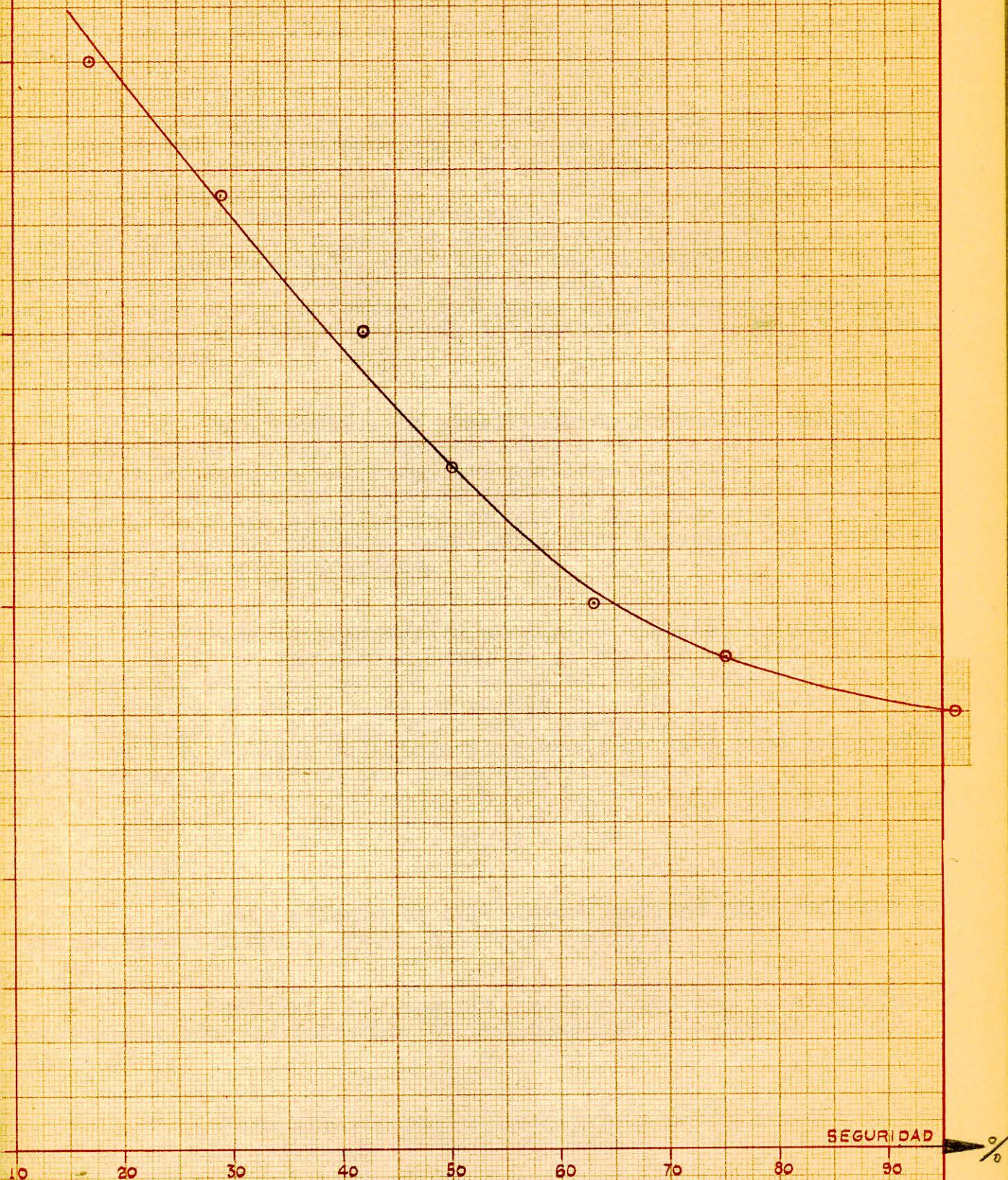
GRAFICO 3

RIO DIGUILLIN SIN EMBALSE

PROBABILIDAD DE TENER UN GASTO DADO

/seg.

MES MAXIMO
CONSUMO



El retorno del riego aprovechable es de 48 %, y las pérdidas en canal, para un largo de 10 Km de 17 %. Para mayor seguridad, se adoptará canales de 20 Km de largo, con una pérdida de 34 %. Descontando este valor del retorno, queda un factor favorable de 14 %.

Antes de introducir este retorno neto, o saldo de retorno, en los cálculos, es preciso analizar cual es su sentido físico.

El retorno del riego fué determinado como porcentaje del agua tomada por los canales, y no como porcentaje del agua que se coloca en el terreno al regar. Es un retorno "aparente" del riego y no un retorno "efectivo". En el estudio hidrológico no existía la posibilidad material de determinar el retorno efectivo; la experimentación requerida significa una inversión importante y un tiempo largo de investigación. Por otra parte, el ingeniero que opera un embalse, o al repartidor de agua del río, le interesa el retorno del riego aparente, en función del gasto captado por los canales. Es en la bocatoma donde se regula la cantidad de agua que se entrega a cada canal.

Las pérdidas en canal también fueron determinadas como porcentaje del gasto en bocatoma. Debido a este hecho fué posible restar al retorno del riego las pérdidas en canal, simplificando el problema de tomar en cuenta ambos factores. Si se opera con el retorno de riego efectivo (si es que se le conoce) y con las pérdidas en canal, los cálculos numéricos, para hacerlos intervenir en el regadío, son muy engorrosos.

Con la información de que se dispone, es posible determinar, en forma aproximada, cual es el retorno efectivo del riego. Aceptando para los canales actuales un largo medio real de 10 Km, la pérdida es de 17 %. Si se acepta que este 17 % vuelve al río (por infiltración) el riego mismo está aportando un retorno de 31 % (48 menos 17). El agua que llega al terreno es 83 % (100 menos 17). Por lo tanto, el retorno del riego efectivo sería:

$$b = 31/83 = 0,37$$

Este cálculo es aproximado, pero no cabe duda que el retorno efectivo del riego es del orden de 37 %.

Subsiste la pregunta: a la luz de las consideraciones anteriores, cómo se introduce en los cálculos el saldo de retorno del 14 %?

Para ello, conviene analizar un caso sencillo. Aceptamos un retorno del riego de 50 %, que no haya pérdidas en canal,

y que la cifra 100 represente el agua necesaria en el terreno para regar 1 Ha. Si un canal capta en bocatoma un caudal 200 podrá regar 2 Ha, ya que no hay pérdidas en canal. De los 200, volverán 100 al río, por definición de retorno. O sea, el agua efectivamente consumida en el riego de 2 Ha es 100. Con una cantidad de agua dada se riega el doble de lo que corresponde al gasto inicial, gracias al retorno de 50 %. El fenómeno se hace presente como si la tasa de riego se hubiera reducido a la mitad. Del gasto inicial 200, 100 volvió al río como retorno, y sólo 100 se consumió en el riego de las 2 Ha, por evapo-transpiración y por drenaje a una zona diferente de la estudiada. Si se trata de calcular la superficie regada con un cierto gasto inicial, basta utilizar una tasa de riego aparente un 50 % menor que la efectiva; es decir, una tasa de riego reducida en el mismo porcentaje del retorno de riego.

Al mismo resultado se llega si se considera que los retornos son re-utilizados y producen nuevos retornos. Así, el gasto inicial 100 produce un retorno 50, y éste uno de 25, etc. El total de los retornos queda representada por la serie $1/2$ más $1/4$, más $1/8$, etc. que suma 1. Para el gasto inicial 100, que permite el riego de 1 Ha, se producen retornos que valen 100, y por lo tanto se duplica el gasto, o, lo que es lo mismo, la superficie regada.

Resulta más simple para los cálculos reducir la tasa de riego a la mitad, y trabajar con el gasto inicial, prescindiendo del retorno. Esto no significa que el volumen de agua depositado en el terreno baje a la mitad; el suelo recibe la tasa de riego total. Se trata sólo de un artificio de cálculo.

Otro tanto, pero a la inversa, ocurre si la pérdida en canal es de 50 % y no hay retorno de riego. Para un gasto inicial 200, se pierden 100 en camino, y en lugar de 2 Ha se puede regar sólo una. Esto se puede tomar en cuenta en los cálculos duplicando la tasa de riego y prescindiendo de las pérdidas en canal.

Esta misma línea de raciocinio conduce a que un retorno de 25 % permite regar una superficie adicional de 33 %, y se le puede tomar en cuenta en los cálculos reduciendo la tasa de riego en un 25 % (siempre que se opere con el gasto inicial y que el retorno se refiera al gasto en bocatoma de los canales).

En resumen, para calcular la superficie actualmente regada con el río Diguillín, se reducirá la tasa de riego en un 14 %. Con el gasto de 9 m³/seg el río suministra:

$$5,88 \times 9 \times 2,6 \text{ millones} = 138 \text{ millones m}^3$$

la superficie regada sería de:



$$\frac{138\ 000\ 000}{0,86 \times 10\ 430} = 15\ 000\ \text{Ha}$$

Si en lugar de considerar canales de 20 Km de largo (situación futura del regadío) se consideran canales de 15 Km, la pérdida en canal es de 25 % y la superficie regada será:

$$\frac{138\ 000\ 000}{0,77 \times 10\ 430} = 17\ 000\ \text{Ha}$$

El numerador representa el volumen de agua empleado, y el denominador la cantidad de agua necesaria para el riego de 1 Ha. ($0,77 = 1 - 0,48 + 0,25$).

Cuando se presenta un año de falla, no falta la totalidad del agua para regadío, sino una parte, como muestran las cifras de las columnas % del cuadro 20. Si la falla es, por ejemplo, de 25 % al agricultor se le presentan 2 caminos. O riega toda la superficie con el 75 % del agua necesaria, o riega el 75 % de la superficie con la tasa completa y abandona el 25 % restante. En la zona de Chillán los agricultores tienden a usar este último sistema; tienen una superficie de cultivos que se riega con una seguridad muy alta y otra que se riega en forma eventual, y en la cual se aprovechan los sobrantes de primavera del Diguillín.

El hecho de tener una superficie con riego eventual no encierra mayor gravedad, porque los agricultores saben si el año "viene bueno" o no, y según ello ajustan los cultivos o la superficie regada en forma eventual.

El gráfico 3 muestra que un gasto de 8 m³/seg tiene una seguridad de 96 %. Esta es una seguridad suficientemente alta para cultivos permanentes, cuyo área alcanzaría, en el peor de los casos a:

$$15\ 000 \times 8/9 = 13\ 300\ \text{Ha}$$

La superficie bajo canal en el Diguillín es del orden de 28 000 Ha y se aprovecha normalmente algo así como el 60 %, o sea unas 17 000 Ha. De ellas unas 13 000 se riegan con seguridad alta, y 4 000 en forma eventual.

Estos resultados difieren de los del "Estudio Carvajal". En éste, se obtuvo una superficie regada algo menor que la verdadera, y una seguridad del riego de 65 %, valor demasiado bajo. Ello se debió a que no se dispuso de la información necesaria, sobre el retorno del riego. No cabe duda que los nuevos valores, con una seguridad más alta, representan la situación real.

CONCLUSION

La superficie actualmente regada con el río Diguillín es de unas 17 000 Ha y la seguridad del riego del orden de 75 %, con un gasto en el mes de diciembre de 9 m³/seg y una tasa de 10 400 m³/ha/año.

Este área se puede dividir en 2 partes. Una superficie de 13 000 Ha (8 m³/seg en diciembre) de cultivos permanentes que se riega con una seguridad de 95 % y un área adicional de 4 000 Ha que se riega en forma eventual, con una seguridad mucho menor, y que se destina a cultivos de menor rendimiento económico. En estas 4 000 Ha, que en "años buenos" pueden subir a 5 000, se aprovechan los sobrantes de primavera del río Diguillín.

La superficie bajo canal en el Diguillín es de 28 000 Ha. En el capítulo III se ha manifestado que se riegan en la actualidad unas 17 000 Ha con una seguridad de 75 %. La necesidad y conveniencia de construir el embalse con eventuales, tanto para mejorar la seguridad del riego actual como para incorporar a la población, por lo menos, unas 11 000 Ha adicionales que se requieren para la construcción de nuevas áreas para su aprovechamiento, sino recursos de agua con una seguridad razonable.

El estudio se hizo para capacidades de embalse comprendidas entre 40 y 120 millones de m³. El trabajo con esos valores extremos tiene por objeto facilitar el dibujo de las curvas que relacionan las 3 variables del problema: "capacidad del embalse", "seguridad" y "gasto". Una vez dibujadas esas curvas, se tiene resuelto el problema para un embalse de cualquier capacidad.

Por definición, la "regulación del embalse" consiste en estudiar el comportamiento de éste para dar y dar seguridad a las aguas que se desean regular, para regular un punto dado. Basta, entonces, estudiar la regulación del embalse para regular el punto dado, el cual queda definido por el mes de máxima demanda. Una vez fijado éste, el de los meses que se determinan por la curva estacional del riego.

Si la capacidad del embalse es fija, el problema que se plantea es de 2 variables: seguridad y gasto. Es posible, luego, elegir un punto y determinar la seguridad que da la posibilidad de que el embalse regular ese punto. Basta, luego, elegir el punto de riego actual de la población para determinar el número de hectáreas regadas. Como los recursos de agua son independientes de la zona que se estudia, se elige como "punto de trabajo" con gasto

C A P I T U L O I V

REGULACION DEL EMBALSE

A GENERALIDADES

La Dirección de Riego proyecta construir un tranque para almacenar las aguas del río Diguillín. El muro estará ubicado en Atacalco, unos 5 Km al oriente de Recinto.

Por razones topográficas y geológicas, la capacidad del embalse fué fijada, primitivamente, en 75 millones de m³. Esa fué la capacidad considerada para el embalse Diguillín en el "Estudio Carvajal". Posteriormente, se resolvió considerar un embalse de mayor capacidad, del orden de 120 millones de m³.

La superficie bajo canal en el Diguillín es de 28 000 Ha. En el capítulo III quedó de manifiesto que se riegan en la actualidad unas 17 000 Ha con una seguridad de 75 %. La necesidad y conveniencia de construir el embalse son evidentes, tanto para mejorar la seguridad del riego actual como para incorporar a la producción, por lo menos, esas 11 000 Ha adicionales que no requieren construcción de nuevos canales para su aprovechamiento, sino recursos de agua con una seguridad razonable.

El estudio se hará para capacidades de embalse comprendidas entre 40 y 260 millones de m³. El trabajar con esos valores extremos tiene por objeto facilitar el dibujo de las curvas que relacionan las 3 variables del problema: "capacidad del embalse-gasto regulado-seguridad". Una vez dibujadas esas curvas, se tiene resuelto el problema para un embalse de cualquier capacidad.

Por definición, la "regulación del embalse" consiste en estudiar el comportamiento de éste para regar una superficie dada, o más propiamente, para regular un gasto dado. Resulta conveniente estudiar la regulación del embalse para regular un gasto dado, el cual queda definido por el del mes de máximo consumo. Una vez fijado éste, el de los demás meses queda determinado por la curva estacional del riego.

Si la capacidad del embalse es fija, el problema queda reducido a 2 variables: seguridad y gasto regulado. Es posible, luego, elegir un gasto y determinar la seguridad, que mide la posibilidad de que el embalse regule ese gasto. Basta, ahora, fijar la tasa de riego anual (o de diciembre) para determinar el número de hectáreas regadas. Como los recursos del río son independientes de la tasa que se adopte, es evidente la ventaja de trabajar con gasto

regulado y no con superficie regada. Al terminar el estudio se puede convertir el gasto en hectáreas regadas.

B EVAPORACION

Al iniciarse la temporada de riego el embalse se encuentra lleno. Durante ésta, hay una pérdida por evaporación. El área evaporante cambia, desde un máximo hasta cerca de cero, si el embalse llega a secarse. Para calcular la evaporación se tomará la superficie correspondiente a 60 millones de m³ embalsados, que es de 3 millones de m². (embalse de 120 millones de m³).

No se dispone de un dato directo del valor de la evaporación durante los 8 meses de la temporada de riego. (En invierno, la lluvia supera a la evaporación). Una de las mejores estadísticas que ha llevado la Dirección de Riego es la del Embalse Recoleta, que está protegido del viento, y que indica para esos 8 meses una evaporación de 1,1 m. Braden Copper Co., para su embalse de relaves cerca de Rancagua, ha calculado una evaporación de 1,5 para ese mismo período. En Diguillín, por razones climatéricas conocidas, la evaporación es menor que en Rancagua. Se adoptará para el embalse la cifra de 1,20 m como evaporación media.

En esos 8 meses, la lluvia media alcanza en Diguillín a 0,80 m. Este agua cae directamente en el embalse, y no sufre pérdidas. Luego, la evaporación neta remanente será:

$$e = 1,20 - 0,80 = 0,40 \text{ m}$$

y el volumen de agua evaporado:

$$V = 0,40 \times 3 \text{ millones} = 1,2 \text{ millones m}^3$$

Conviene convertir este volumen a gasto equivalente en la temporada:

$$q = V/8 \times 2,6 \text{ millones} = 0,06 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este pequeño valor de q es menor que la precisión con que se determinó el aporte constante de la napa subterránea. Además, para los cálculos de regulación del embalse se despreció el término $B Q_e$, que es positivo. Por lo tanto, se prescindirá de la evaporación en los cálculos que siguen.



C REGULACION DEL EMBALSE

Las hipótesis teóricas en que se basa el estudio de regulación fueron ya expuestas en el "Estudio Carvajal", y se supondrán conocidas.

Habitualmente, se fija el gasto que se quiere regular y se varía la capacidad del embalse para determinar la seguridad resultante para cada capacidad. El estudio mismo de regulación, o comportamiento del embalse, consiste en llevar, mes a mes, una "contabilidad" del agua embalsada. En los meses de invierno, el embalse guarda agua; en los meses de verano, entrega los déficits del riego, o sea lo que le falta al caudal del río para alcanzar el gasto regulado. La seguridad se expresa en tanto por ciento e indica el número de años en 100 en que se regará en buenas condiciones.

La mayor parte del trabajo numérico necesario ya fué efectuada en los cuadros 11 a 19, en que se calcularon los déficits y sobrantes del riego regularizado, para gastos de 8 a 30 m³/seg. De ellos se aprovecharán, para el estudio de regulación, los cuadros 15 a 19, con gastos regulados entre 15 y 30 m³/seg.

En teoría, al estudiar la regulación, debe hacerse el cálculo o contabilidad del agua mes a mes. Este proceso puede ser simplificado en este caso.

En efecto, si se analizan las cifras de los cuadros 15 al 19 se observa que los déficits y sobrantes se presentan en meses seguidos. No hay déficits y sobrantes alternados. Luego, se puede operar con el déficit acumulado, que es la suma de los déficits de cada mes. En cuanto a los sobrantes, se observa que estos en invierno son suficientes para llenar el embalse, el cual estará lleno al empezar la temporada de riego.

Como los déficits de los cuadros 15 al 19 (última línea) están expresados en m³-mes, conviene expresar la capacidad de embalse en esta unidad. Para ello, basta dividir la capacidad del embalse en millones de m³ por 2,6. El de 80 millones de m³ equivale a:

$$80/2,6 = 30,8 \text{ m}^3\text{-mes}$$

Restando a los déficits acumulados del riego regularizado los 30,8 m³-mes, se determina si hay déficit o sobrante de agua en el embalse para cada uno de los 12 años de la estadística. Como los sobrantes no interesan, se hizo el cálculo sólo de los déficits. Estos aparecen en la columna "DEF" de los cuadros 21 al 23.

Los cuadros 21 y 22 son para capacidades de 80 y 120

C u a d r o 21

FUNCIONAMIENTO DEL TRANQUE DIGUILLIN

Capacidad Embalse 80 millones m³ = 30,8 m³ - mes

Déficits en m³ - mes

A Ñ O HIDROLOGICO	GASTO REGULADO (DICIEMBRE) m ³ /seg														
	15 (ΣT= 88,2)			17,5(ΣT= 102,9)			20 (ΣT= 117,6)			25 (ΣT= 147,0)			30 (ΣT= 176,4)		
	DEL	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL
1946	-	-	B	-	-	B	2,8	2,4	B	21,1	14,3	F	40,6	23,1	F
1947	-	-	B	3,3	3,2	B	14,1	12	$\frac{F}{2}$	35,6	24,2	F	57,2	32,5	$\frac{F}{2}$
1948	-	-	B	-	-	B	-	-	B	2,0	1,4	B	19,7	11,1	$\frac{F}{2}$
1949	5,1	5,8	B	17,9	17,4	F	30,7	26,1	F	58,4	39,6	F	86,5	49	F
1950	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1951	-	-	B	-	-	B	-	-	B	6,6	4,5	B	29,1	16,5	F
1952	1,5	1,7	B	12,3	11,9	$\frac{F}{2}$	23,1	19,7	F	45,9	31,1	F	72,6	41,1	F
1953	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	9,2	5,2	B
1954	-	-	B	-	-	B	-	-	B	14,4	9,8	B	34,7	19,7	F
1955	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	23,6	13,4	F
1956	-	-	B	6,9	6,7	B	16,5	14	F	39,4	26,7	F	65,8	37,3	F
1957	-	-	B	-	-	B	-	-	B	13,1	8,9	B	31,6	17,9	F
SEGURIDAD	$S = \frac{12 \times 100}{12} = 100 \%$			$S = \frac{10,5 \times 100}{12} = 88\%$			$S = \frac{8,5 \times 100}{12} = 71 \%$			$S = \frac{7 \times 100}{12} = 58\%$			$S = \frac{2,5 \times 100}{12} = 21 \%$		

C u a d r o 22

FUNCIONAMIENTO DEL TRANQUE DIGUILLIN

Capacidad Embalse 120 millones m³ = 46,2 m³ - mes

Déficits en m³ - mes

A Ñ O HIDROLOGICO	GASTO REGULADO (DICIEMBRE) m ³ /seg														
	15(ΣT= 88,2)			17,5(ΣT= 102,9)			20(ΣT =117,6)			25(ΣT= 147,0)			30 (ΣT= 176,4)		
	DLF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL
1946	-	-	B	-	-	B	-	-	B	5,7	3,9	B	25,2	14,2	F
1947	-	-	B	-	-	B	-	-	B	20,2	13,8	F	41,8	23,6	F
1948	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	4,3	2,4	B
1949	-	-	B	2,5	2,4	B	15,3	13	F	43	29,3	F	71,1	40,4	F
1950	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1951	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	13,7	7,8	B
1952	-	-	B	-	-	B	7,7	6,5	B	30,5	20,7	F	57,2	32,4	F
1953	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1954	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	19,3	10,9	F
1955	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	8,2	4,6	B
1956	-	-	B	-	-	B	1,1	0,9	B	24	16,3	F	50,4	28,5	F
1957	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	16,2	9,2	B
SEGURIDAD	S = 100 %			S= $\frac{12 \times 100}{12} = 100\%$			S= $\frac{11 \times 100}{12} = 92\%$			S= $\frac{8 \times 100}{12} = 67 \%$			S= $\frac{6,5 \times 100}{12} = 54 \%$		

millones de m³ respectivamente. El primero corresponde aproximadamente a la capacidad del embalse chico (75 millones de m³) y el segundo a la capacidad de un posible embalse grande.

El cuadro 23, para la mayor capacidad estudiada (260 millones de m³).

No se insertan los cuadros relativos a las demás capacidades que se estudiaron, porque **carecen** de interés y son similares a los anteriores.

Cabe señalar que el cuadro 20 corresponde a la situación del riego actual y representa el embalse de capacidad cero.

La columna % de los cuadros 21 a 23, indica el porcentaje del déficit con respecto al total del agua requerida. (Para el caso de 15 m³/seg el total del agua requerida es de 15 x 5,88 m³-mes).

Luego, se clasificaron los años en buenos, de falla, o de media falla. El criterio seguido fué el siguiente:

- a) Si el embalse entrega el agua necesaria o falla hasta en un 10 % de la demanda de riego, se considera el año bueno.
- b) Entre 10 y 12 % se le considera falla de 50 %, o media falla.
- c) Mayores de 12 % se considera falla total.

La seguridad de regular ese gasto (lo que envuelve la seguridad del riego) que aparece en la última línea de los cuadros 21 a 23, indica el % de años buenos con respecto a los 12 de la estadística.

La existencia del embalse justifica que un déficit de hasta 10 % no se considere como falla. Cuando se riega a base de canales, sin embalse, una brusca reducción del gasto puede envolver la pérdida total o parcial de los cultivos. Cuando se dispone de un embalse, se puede prever una situación de penuria de agua, y entrar a racionar ésta, antes de llegar al período crítico.

Los resultados de los cálculos de regulación del embalse se han resumido en el cuadro 24, para capacidades de 40 a 260 millones de m³ (15,4 a 100 m³-mes) y gastos regulados entre 12,5 y 30 m³/seg. Se agregó también el caso de embalse cero, cuyos valores fueron tomados del estudio del riego actual (sin embalse). Los valores del cuadro dan la seguridad para cada combinación "capacidad-gasto regulado".

C u a d r o 23

FUNCIONAMIENTO DEL TRANQUE DIGUILLIN

Capacidad Embalse 260 millones m³ = 100 m³ - mes

Déficits en m³ - mes

A Ñ O HIDROLOGICO	GASTO REGULADO (DICIEMBRE) m ³ /seg														
	15(Σ T 88,2)			17,5(Σ T= 102,9)			20(Σ T= 117,6)			25(Σ T= 147,0)			30(Σ T= 176,4)		
	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL	DEF	%	CL
1946	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1947	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1948	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1949	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	17,3	9,8	B
1950	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1951	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1952	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	3,4	1,9	B
1953	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1954	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1955	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1956	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
1957	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B	-	-	B
SEGURIDAD	S = 100 %			S = 100 %			S = 100 %			S = 100 %			S= $\frac{12 \times 100}{12}=100\%$		



RIO DIGUILLIN - SEGURIDAD PARA DIFERENTES GASTOS REGULADOS

VOLUMENES EMPALME		GASTO REGULADO MES MAXIMO CONSUMO m ³ /seg					
Millones m ³	m ³ -mes	12,5(ΣT=73,5)	15(ΣT=88,2)	17,5(ΣT=102,9)	20(ΣT=117,6)	25(ΣT=147,0)	30(ΣT=176,4)
		Seguridad	Seguridad	Seguridad	Seguridad	Seguridad	Seguridad
0	0	50	42	29	17	8	0
40	15,4	96	75	67	54	29	8
60	23,1	100	88	71	67	42	17
80	30,8	-	100	88	71	58	21
100	33,5	-	-	100	83	67	33
120	46,2	-	-	100	92	67	54
140	53,9	-	-	-	100	79	67
160	61,6	-	-	-	100	88	67
180	69,3	-	-	-	100	92	71
200	75,9	-	-	-	-	100	79
220	84,5	-	-	-	-	100	88
240	92,3	-	-	-	-	100	92
260	100	-	-	-	-	-	100

Con estos valores se dibujaron las curvas del gráfico 4. Se entra en abscisas con capacidad de embalse, se elige el gasto que se quiere regular, y se obtiene en ordenadas la seguridad.

Con los mismos valores se dibujaron las curvas de gráfico 5. En el fondo, éste es equivalente al anterior, pero la forma de presentación es diferente. Se entra en abscisas con capacidad de embalse (igual que en gráfico 4), se elige la seguridad y se obtiene en el eje de las "y" el gasto regulado, el cual determina la superficie regada. Este gráfico resuelve el problema para cualquier capacidad de embalse. Si se elige, como es usual en regadío, una seguridad de 85 % esa es la única curva válida y las demás tienen sólo carácter informativo. (Las curvas del gráfico 5 representan simplemente una anamorfosis de las del gráfico 4).

Si la capacidad del embalse está elegida, como era el caso del Diguillín, conviene dibujar una curva en que las coordenadas sean "gasto regulado-seguridad". Ello se ha hecho en el gráfico 6, para el embalse chico, de 75 millones de m³, y para el posible embalse grande de 120 millones de m³.

Las curvas de gráficos 5 y 6 se dibujaron tomando los valores del gráfico 4, y no los de los cálculos previos. O sea, se usaron valores "suavizados". A eso se debe la mayor regularidad de las curvas en los 2 últimos gráficos, en que el trazado de éstas pasa por los puntos y no cerca de ellos. Las irregularidades o saltos que se observan en el gráfico 4 -y, por ende, la discordancia entre los puntos calculados y las curvas- se debe al hecho de haber operado con una estadística de sólo 12 años.

Las curvas del gráfico 6 se obtuvieron cortando con una vertical las del gráfico 5. No tiene objeto dibujar en el gráfico 6 curvas para otras capacidades de embalse, ya que, para cualquier volumen embalsado, se tiene toda la información requerida en las curvas del gráfico 5.

De gráfico 6 se desprende que, para el caso del embalse de 75 millones de m³, es posible regular un gasto aproximado de 17,2 m³/seg, con una seguridad 85 %. Esta conclusión es válida mientras se mantenga la curva de tasas mensuales de riego del gráfico 1, con diciembre mes de máximo consumo. De otro modo no se aprovecharía bien la capacidad del embalse. En efecto, si se toma el mes de enero o febrero como de máximo consumo, ello obligaría al embalse a proporcionar una gran parte del agua necesaria, sin aumentar considerablemente la superficie de riego con respecto a la actual.

Para el gasto regulado de 17,2 m³/seg, el volumen de agua empleado en la temporada de riego es:

$$5,88 \times 17,2 \times 2,6 \text{ millones} = 262 \text{ millones de m}^3$$

GRAFICO 4



SEGURIDAD DEL RIEGO EN FUNCION DEL GASTO REGULADO

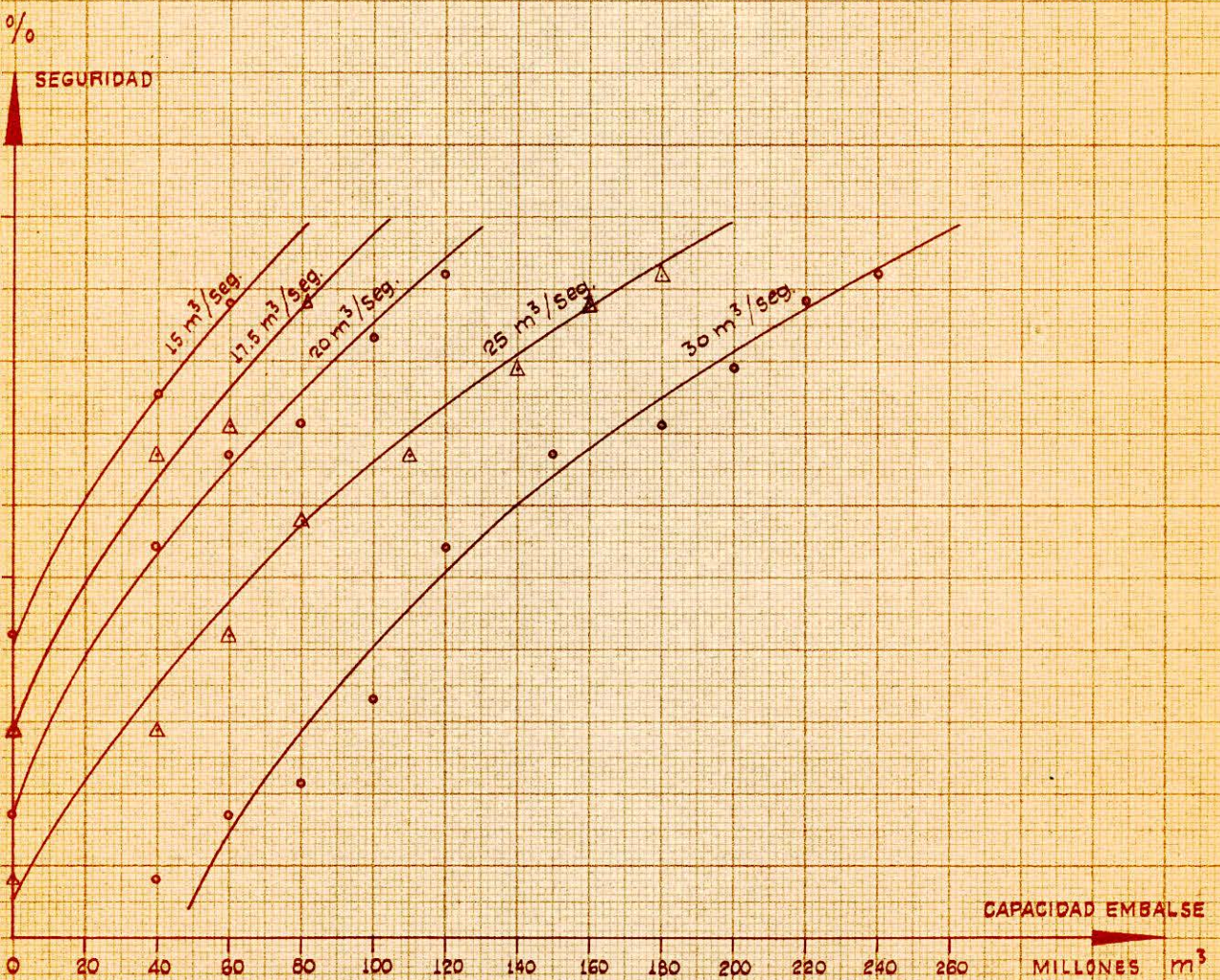


GRAFICO 5

GASTO REGULADO EN FUNCION DE CAPACIDAD DE EMBALSE

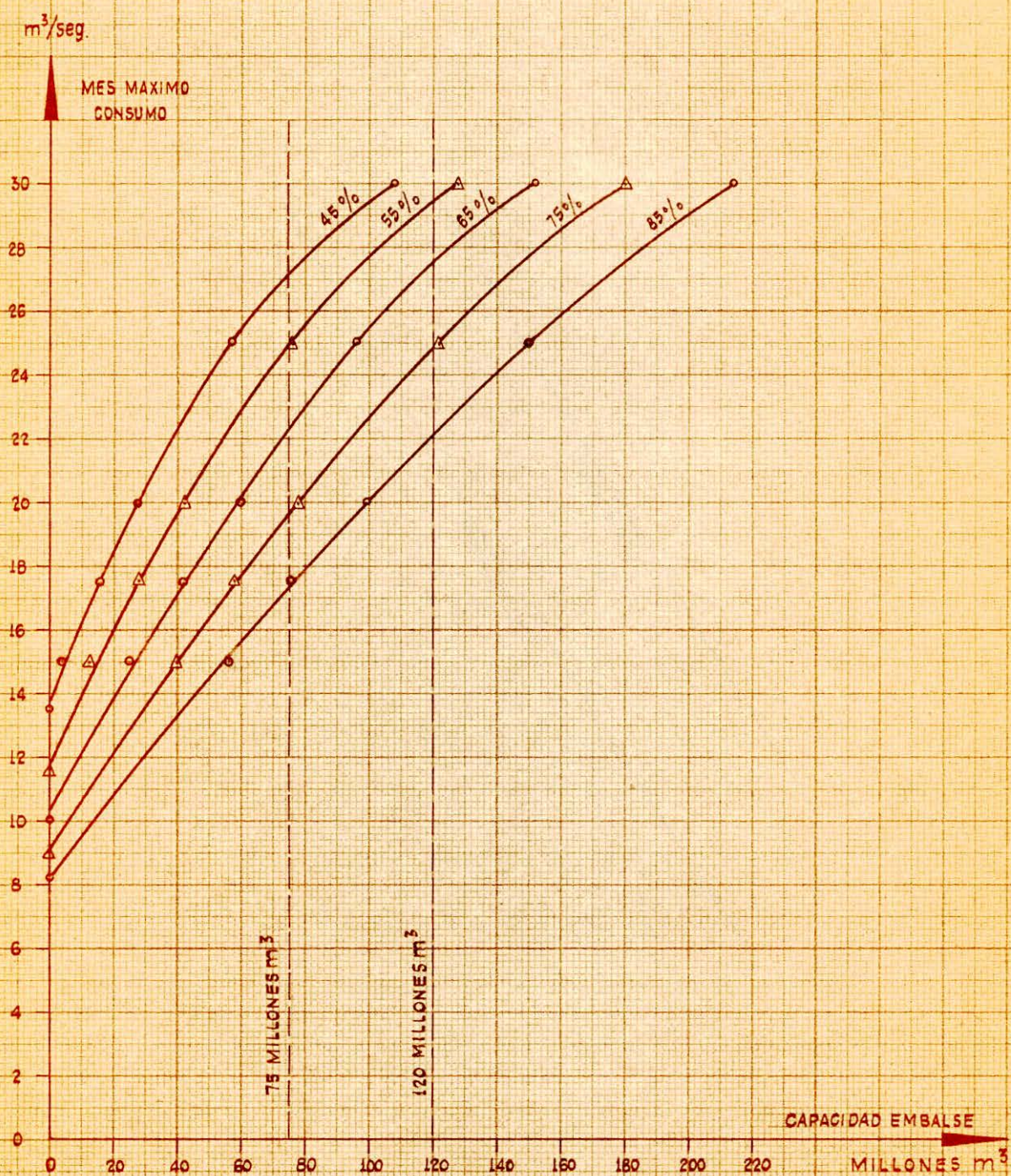
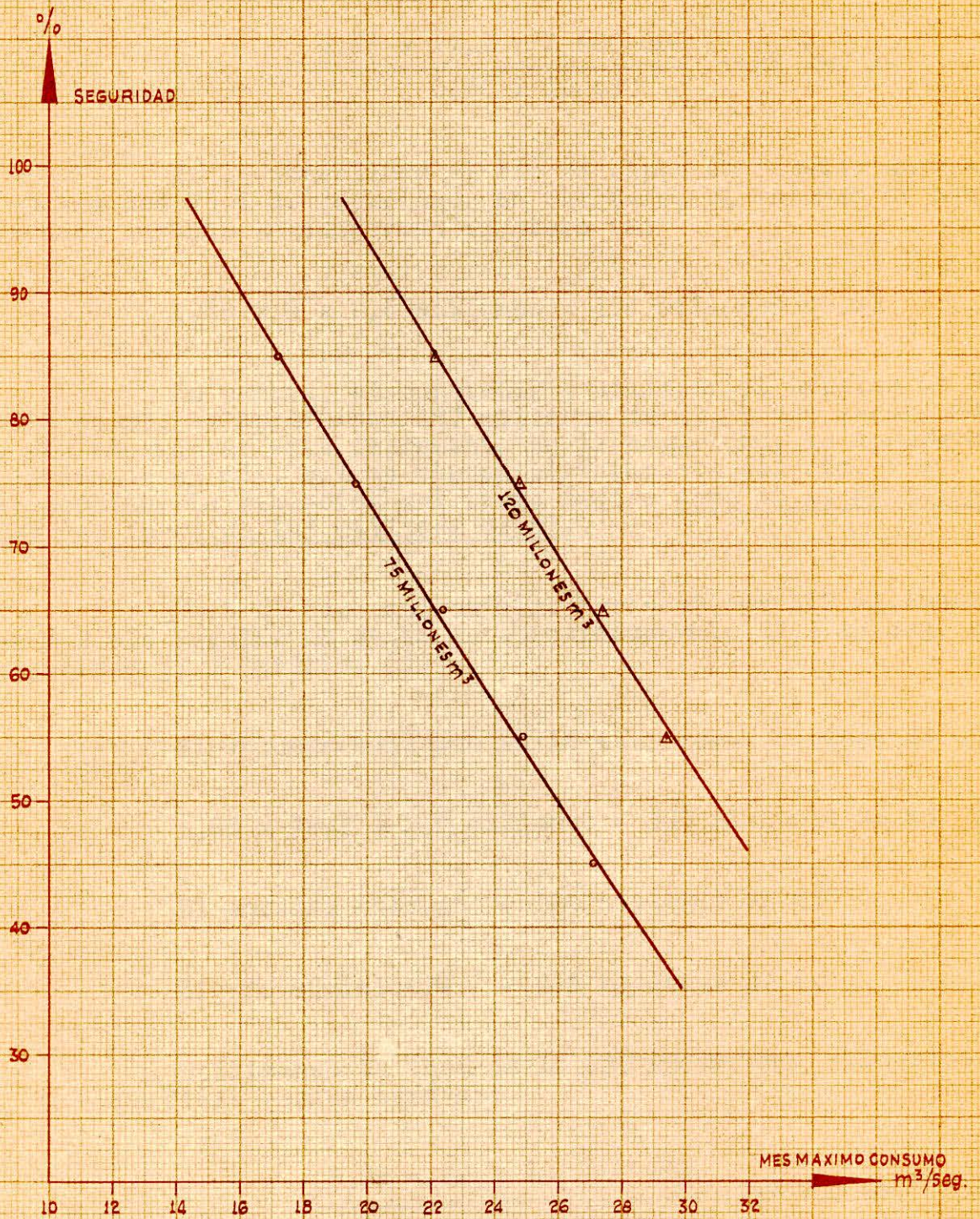


GRAFICO 6

BALSE DIGUILLIN PROBABILIDAD DE REGULAR UN GASTO DADO

CAPACIDADES 75 Y 120 MILLONES DE m^3



El embalse entrega = 75 millones de m³

El río suministra = 187 millones de m³

Utilizando la tasa de 10 430 m³/ha/año reducida en 14 %, de acuerdo a consideraciones hechas en capítulo III, al tomar en cuenta el retorno del riego y las pérdidas en canal, la superficie regada será de:

$$\frac{5,88 \times 17,2 \times 2\,600\,000}{0,86 \times 10\,430} = 28\,200 \text{ Ha}$$

En la actualidad el río es capaz de regular un gasto de 9 m³/seg con 75 % de seguridad. En tal caso, el volumen de agua aprovechado durante la temporada de riego es:

$$5,88 \times 9 \times 2,6 \text{ millones} = 138 \text{ millones de m}^3$$

En cambio, al construir y utilizar el embalse de 75 millones de m³, se aprovechan 187 millones de m³, y con seguridad 85 %. Sin considerar este incremento en la seguridad, se aprovechan 50 millones de m³ más, que se captan directamente del río, y que antes se perdían. La situación del riego mejora como si la capacidad del embalse fuera de 125 millones de m³.

Para el caso del embalse "grande", de 120 millones m³, es posible regular un gasto de aproximadamente 22,2 m³/seg, con una seguridad 85 % (gráfico 6).

El volumen empleado en la temporada de riego es de:

$$5,88 \times 22,2 \times 2,6 \text{ millones} = 338 \text{ millones de m}^3$$

El embalse entrega = 120 millones de m³

El río suministra = 218 millones de m³

Utilizando la tasa de 10 430 m³/ha/año reducida en 14 %, la superficie regada será de:

$$\frac{5,88 \times 22,2 \times 2\,600\,000}{0,86 \times 10\,430} = 37\,700 \text{ Ha}$$

En el riego actual se aprovechan 138 millones de m³. Con el embalse grande el río suministra 218 de los 338 millones de m³ utilizados al regular 22,2 m³/seg. Esto significa que gracias a la construcción del embalse, se aprovechan 80 millones de m³ más, directamente del río. La situación del riego mejora como si la capacidad del embalse fuera de 200 millones de m³.

Este hecho muestra una condición muy favorable para el Embalse Diguillín, y que no se presenta en otros ríos del país. Al construir la obra se aprovecha, a más del volumen de agua embalsado, un gran volumen de agua del río, que de otro modo se pierde. A este factor favorable desde el punto de vista económico, se suma el hecho de que el embalse se llena todos los años (en invierno). O sea, en ambos casos el aprovechamiento del embalse es 100 %.

La superficie regada se calculó con la misma tasa del riego actual. La realidad será diferente. Si se construye el embalse grande se entrará a regar nuevas áreas y, seguramente, se harán cultivos de mayor rendimiento económico, con mayor consumo de agua. Junto con el ante-proyecto del tranque debe efectuarse un estudio agrológico-económico, en que se determine tipo de cultivos y rendimiento económico de la obra. Es posible que la tasa de riego suba. Como el estudio hidrológico se hizo para gasto regulado, no hay dificultad en calcular la superficie regada para cualquier tasa.

D IMPORTANCIA DE LAS FALLAS

No basta decir que el embalse falla el 15 % de los años. Para los agricultores es importante saber de que magnitud son las fallas, o, lo que es lo mismo, cual es el porcentaje del agua necesaria que recibirán en ese caso.

Con el embalse se producen fallas en los años 1949 y 1952, o sea, 2 años en los 12 de la estadística. A continuación se indica la magnitud de esas fallas:

AÑO HIDROLOGICO	CAPACIDAD EN MILLONES DE m3				
	80 Gasto regulado 17 m3/seg		120 Gasto regulado 22 m3/seg		
	DEFICIT				
	m3-mes	%	m3-mes	%	
	1949	17,9	17,4	26,4	20,4
	1952	12,3	11,9	16,8	13
Promedio	15		17		

Esto significa que en un año de falla normal el sistema "río-embalse" alcanza a entregar aproximadamente el 85 % del total del agua necesaria para el regadío. En el peor de los 4 casos anotados, la falla asciende sólo al 20 %, y se dispone del 80 % del agua. La estadística es demasiado corta para afirmar que no se producirá una falla mayor en alguna ocasión, pero se observa que, en todo caso, las condiciones hidrológicas del embalse son muy favorables. En los embalses de la zona del Norte Chico, cuando se producen fallas, la combinación "río-embalse" no alcanza a entregar el 40 % del agua requerida para el regadío.

Por último, conviene recordar que el período estadístico es más seco que el promedio, y que, aún así, se obtuvieron fallas muy moderadas.

E GRAFICO DE LA REGULACION

El funcionamiento del embalse de 120 millones de m³ puede verse en el gráfico 7. El muestra la regulación del embalse para los 12 años de la estadística.

La línea discontinua indica el gasto inicial disponible para cada mes, o sea, los recursos de agua; los valores son los mismos del cuadro 9. La línea llena muestra el agua embalsada; cuando el embalse está lleno (en agosto) contiene un volumen de 46 m³-mes.

La curva que se repite año a año es la demanda del riego, para un gasto regulado (en diciembre) de 22 m³/seg. Cuando esta curva queda por debajo de la línea del gasto inicial, hay sobrante de agua. Cuando queda por encima, hay déficit, el cual debe ser servido por el embalse. El área hachurada entre estas 2 líneas representa el déficit total (sin embalse) en la temporada de riego. Como los gastos estan expresados en m³/seg y el tiempo en meses, ese área queda medida en m³-mes.

El gráfico muestra claramente que el embalse se llena todos los años.

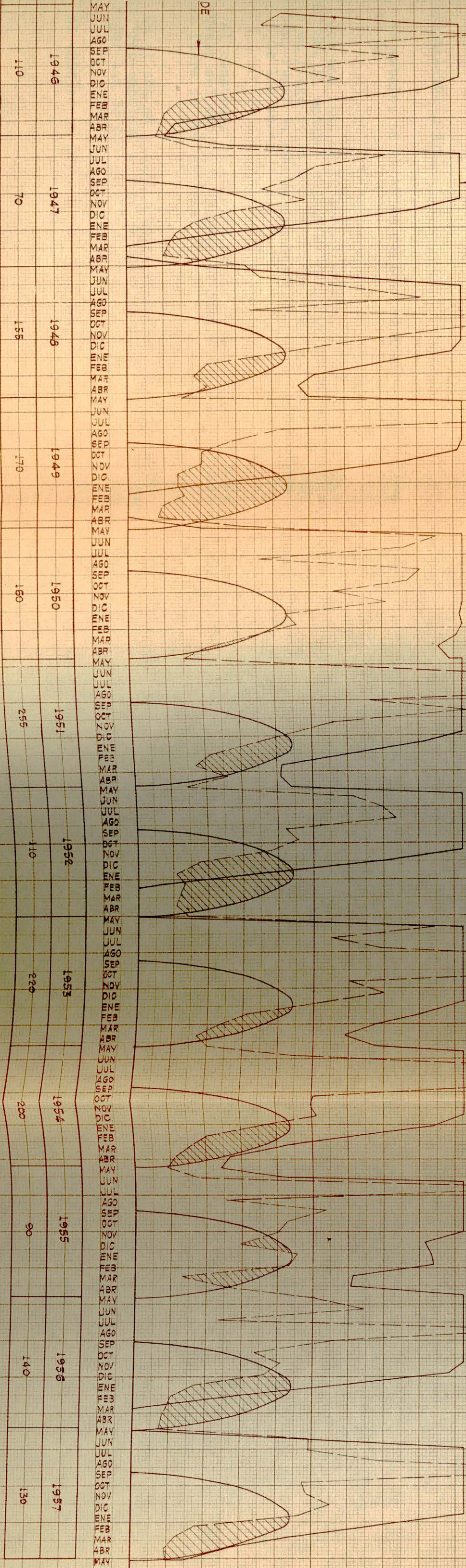
FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE DIGULLIN

CAPACIDAD EMBALSE = 120.000.000 m.³ = 46 m.³ - mes
GASTO REGULADO EN DICIEMBRE = 22 m.³/seg



DIGULLIN + RENEGADO
+ 15 m.³/seg

AGUA EMBALSADA

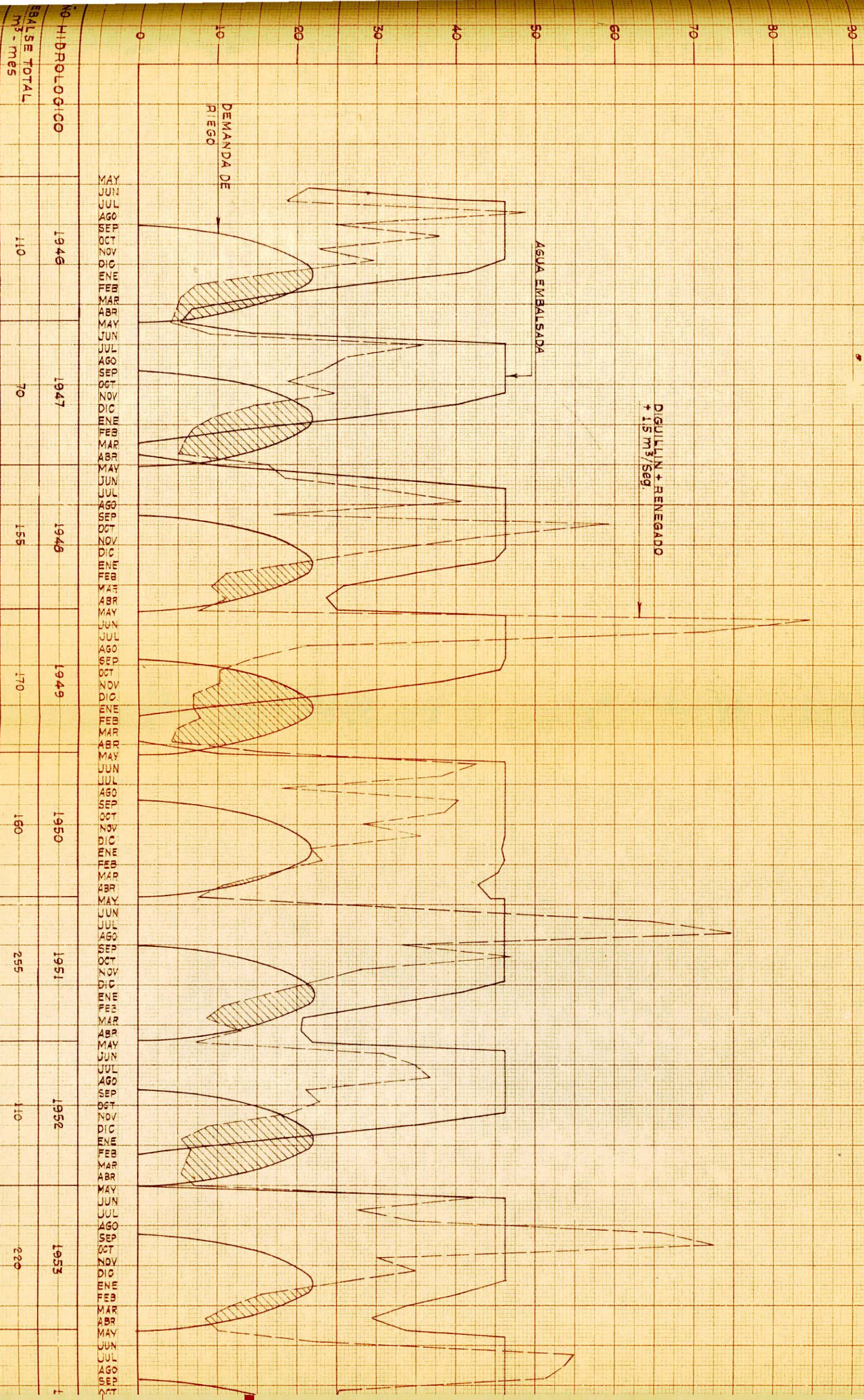


mes

GASTOS MEDIOS MENSUALES

FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE DIGULLIN

CAPACIDAD	EMBALSE =	120.000.000 m. ³	=	46	m. ³ -	més
GASTO	REGULADO	EN DICIEMBRE =	22	m. ³ /seg		



C O N C L U S I O N

A Embalse de 75 millones de m³

El embalse es capaz de regular un gasto de 17 m³/seg con seguridad 85 %.

Con una tasa de 10 400 m³/ha/año, la superficie regada es de 28 000 Ha, que es el área actual bajo canal. El embalse mejora el riego de 17 000 Ha de 75 a 85 %, y permite el riego de 11 000 Ha nuevas con 85 % de seguridad. Se puede, también regar 25 000 Ha con seguridad 95 %, sacrificando 3 000 Ha el 15 % de los años.

Al construir el embalse, se aprovechan 50 millones de m³ más, directamente del río, y se mejora el riego como si la capacidad del embalse fuera de 125 millones de m³.

B Embalse de 120 millones de m³

El embalse es capaz de regular un gasto de 22 m³/seg con seguridad 85 %.

Con una tasa de 10 400 m³/ha/año, la superficie regada es de 38 000 Ha. El embalse mejora el riego de 17 000 Ha de 75 a 85 %, y permite el riego de 21 000 Ha nuevas con 85 % de seguridad. Se puede, también, regar 34 000 Ha con seguridad 95 % sacrificando 4 000 Ha el 15 % de los años.

Al construir el embalse se aprovechan 80 millones de m³ más directamente del río, y se mejora el riego como si la capacidad del embalse fuera de 200 millones de m³.

En el año en que el embalse tiene su falla más grave la combinación "río-embalse" alcanza a entregar el 80 % del agua necesaria para regar las 38 000 Ha.

El embalse se llena todos los años.



A N E X O

RESULTADO DE LOS AFOROS

Solo
Nov. 1958

La estadística que se presenta en este anexo contiene los resultados de los aforos de octubre 1957 a diciembre 1958, excluyendo los meses de mayo a setiembre, período en que los canales no están en uso. Las corridas de aforo se efectuaron una vez al mes, e incluyeron todos los canales.

En el "Estudio Carvajal" figuran 14 experiencias que abarcan el período octubre 1956 - abril 1957 y que llevan los números 1 a 14. Las nuevas, tendrán los números 15 a 24.

En los cuadros, se indican los valores que sirvieron para el cálculo del retorno del riego y el aporte de la napa subterránea. La nomenclatura es la siguiente:

AGREGAR
Punto en INV.

Q_a gasto del río en el punto A, o inicial de las experiencias (San Lorenzo).

Q_b gasto del río en el punto B, o final del tramo en estudio (camino longitudinal).

Q_c gasto tomado por los canales entre San Lorenzo y el longitudinal.

SUTRAER
Punto en INV.

Q_e gasto de los esteros afluentes entre San Lorenzo y el longitudinal.

R recuperación absoluta.

Estos valores van indicados al pie de la primera página de cada experiencia.

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 15

16 y 17 de Diciembre de 1957

N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	15				
	<u>Renegado en Invernada</u>		3			
	<u>Esteró Chacay</u>		0,10			
1	Los Canelos			0,14		
2	Sandoval y Alamos					seco
3	Coltón			0,48		
4	Goldenberg			0,74		
5	Larqui			1,3		
6	Cerro Colorado			0,13		
7	Sandoval y Chávez			0,66		
	<u>Esteró San Vicente</u>		0,9			
8	Cerrillos			0,06		
9	Quinchagua			0,7		
10	Compañía			0,84		
11	San Antonio			0,1		
12	Llano Blanco			2,1		
13	Carrizalillo			0,01		
14	San Rafael					seco
	Totales	15	4	7,23		
	Suma a + b	19				
	a + b - c	11,77				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	18			+6,23	

Resumen:

$Q_a = 15 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Q_b = 21 \text{ "}$
 $Q_c = 19,3 \text{ "}$
 $Q_e = 10,1 \text{ "}$
 $R = 15,2 \text{ "}$

EXPERIENCIA N° 15 (cont.)

16 y 17 de Diciembre de 1957

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	18				B.T.común con C.Los Laureles
15	Santa Isabel			0,75		
16	Los Laureles			0,27		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,68		
19	Palpal			0,28		
20	Cóndor			0,53		
21	Sotta Palacios			0,95		
22	Monjas Providencia			1,7		
23	Zañartu Oriente			0,63		
	<u>Río Temuco</u>		3,4			
24	Rinconada Oriente			0,07		
25	Carmen Riquelme			0,23		
26	La Máquina			1,3		
27	Diguillín-Salitreras			0,1		
28	Zañartu Poniente			0,15		
	<u>Estero Coronta</u>		0,6			
	Totales	18	4	7,64		
	Suma a + b	22				
	a + b - c	14,36				
	<u>Diguillín en Puente Santa Isabel</u>	16			+ 1,64	
29	Los Tilos y El Roble			2,2		
30	La Ermita			0,37		
31	Agua Buena			1		
32	Rinconada Poniente			0,03		
33	El Carmen			0,2		
	<u>Río Palpal</u>		2,1			
34	El Faro			0,56		
	Totales	16	2,1	4,36		
	Suma a + b	18,1				
	a + b - c	13,74				
	<u>Diguillín en Camino Longitudinal</u>	21			+ 7,26	

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 16

17 y 18 de Enero de 1958

N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	6,2				seco
	<u>Renegado en Invernada</u>		1			
	<u>Estero Chacay</u>					
1	Los Canelos			0,03		
2	Sandoval y Alamos			0,25		
3	Coltón			0,34		
4	Goldenberg			0,42		
5	Larqui			1,8		
6	Cerro Colorado			0,17		
7	Sandoval y Chávez			0,52		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,11			
8	Cerrillos			0,02		
9	Quinchagua			0,48		
10	Compañía			0,7		
11	San Antonio			0,15		
12	Llano Blanco			1,3		
13	Carrizalillo			0,2		
14	San Rafael			0,22		
	Totales	6,2	1,11	6,6		
	Suma a + b	7,31				
	a + b - c	0,71				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	6,5			+5,79	

Resumen:

$Q_a = 6,2$ m³/seg
 $Q_b = 0,5$ "
 $Q_c = 15,3$ "
 $Q_e = 2,4$ "
 $R^e = 7,2$ "

EXPERIENCIA N° 16 (cont.)

17 y 18 de Enero de 1958

N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P. Urrutia</u>	6,5				B.T. común con C. Los Laureles
15	Santa Isabel			0,43		
16	Los Laureles			0,17		
17	San Vicente					
18	Juan de D. Urrutia			0,47		
19	Palpal			0,09		
20	Cñdor			0,5		
21	Sotta Palacios			0,75		
22	Monjas Providencia			0,9		
23	Zañartu Oriente			0,42		
	<u>Río Temuco</u>		1			
24	Rinconada Oriente			0,08		
25	Carmen Riquelme			0,08		
26	La Máquina			0,58		
27	Diguillín-Salitreras			0,04		
28	Zañartu Poniente			0,47		
	<u>Estero Coronta</u>		0,21			
	Totales	6,5	1,21	4,98		+ 0,07
	Suma a + b	7,71				
	a + b - c	2,73				
	<u>Diguillín en Puente Santa Isabel</u>	2,8				
29	Los Tilos y El Roble			1,96		
30	La Ermita			0,28		
31	Agua Buena			0,58		
32	Rinconada Poniente			0,07		
33	El Carmen			0,56		
	<u>Río Palpal</u>		0,11			
34	El Faro			0,28		
	Totales	2,8	0,11	3,73		
	Suma a + b	2,91				
	a + b - c	-0,82				
	<u>Diguillín en Camino Longitudinal</u>	0,5				+ 1,32

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 17

20 y 21 de Febrero de 1958

N°	RIO Ó CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	3,3				seco
	<u>Renegado en Invernada</u>		0,84			
	<u>Estero Chacay</u>					
1	Los Canelos			0,01		
2	Sandoval y Alamos			0,25		
3	Coltón			0,34		
4	Goldenberg			0,52		
5	Larqui			1,67		
6	Cerro Colorado			0,13		
7	Sandoval y Chávez			0,45		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,08			
8	Cerrillos			0,02		
9	Quinchagua			0,34		
10	Compañía			0,56		
11	San Antonio			0,12		
12	Llano Blanco			0,98		
13	Carrizalillo			0,19		
14	San Rafael			0,06		
	Totales	3,3	0,92	5,64		
	Suma a + b	4,22				
	a + b - c	-1,42				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	6,5			+7,92	

Resumen:

$Q_a = 3,3 \text{ m3/seg}$
 $Q_b = 0,3 \text{ "}$
 $Q_c = 12,6 \text{ "}$
 $Q_e = 1,9 \text{ "}$
 $R = 7,7 \text{ "}$

EXPERIENCIA N° 17 (cont.)

20 y 21 de Febrero de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	6,5				
15	Santa Isabel			0,38		
16	Los Laureles			0,05		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,25		
19	Palpal			0,12		
20	Cóndor			0,41		
21	Sotta Palacios			0,64		
22	Monjas Providencia			0,8		
23	Zañartu Oriente			0,24		
	<u>Río Temuco</u>		0,76			
24	Rinconada Oriente			0,05		
25	Carmen Riquelme			0,09		
26	La Máquina			0,43		
27	Diguillín-Salitreras			0,04		
28	Zañartu Poniente			0,46		
	<u>Estero Coronta</u>		0,15			
	Totales	6,5	0,91	4,06		
	Suma a + b	7,41				
	a + b - c	3,35				
	<u>Diguillín en Puente</u>					
	<u>Santa Isabel</u>	2,2			- 1,15	
29	Los Tilos y El Roble			1,4		
30	La Ermita			0,3		
31	Agua Buena			0,45		
32	Rinconada Poniente			0,14		
33	El Carmen			0,54		
	<u>Río Palpal</u>		0,1			
34	El Faro			0,14		
	Totales	2,2	0,1	2,97		
	Suma a + b	2,3				
	a + b - c	-0,67				
	<u>Diguillín en Camino</u>					
	<u>Longitudinal</u>	0,3			+ 0,97	

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 18

19 y 20 de Marzo de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	3,1				
	<u>Renegado en Invernada</u>		0,47			
	<u>Estero Chacay</u>					seco
1	Los Canelos					seco
2	Sandoval y Alamos			0,2		
3	Coltón			0,31		
4	Goldenberg			0,37		
5	Larqui			1,44		
6	Cerro Colorado			0,2		
7	Sandoval y Chávez			0,39		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,06			
8	Cerrillos			0,01		
9	Quinchagua			0,33		
10	Compañía			0,31		
11	San Antonio			0,07		
12	Llano Blanco			0,7		
13	Carrizalillo			0,13		
14	San Rafael			0,06		
	Totales	3,1	0,53	4,52		
	Suma a + b	3,63				
	a + b - c	-0,89				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	4,7			+5,59	

Resumen:

$Q_a = 3,1$ m3/seg
 $Q_b = 0,4$ "
 $Q_c = 1,1$ "
 $Q_e = 1,8$ "
 $R^e = 6,5$ "

EXPERIENCIA N° 18 (cont.)

19 y 20 de Marzo de 1958



N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	4,7				
15	Santa Isabel			0,34		
16	Los Laureles			0,04		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,34		
19	Palpal			0,09		
20	Cándor			0,33		
21	Sotta Palacios			0,54		
22	Monjas Providencia			0,67		
23	Zañartu Oriente			0,27		
	<u>Rfo Temuco</u>		0,7			
24	Rinconada Oriente			0,04		
25	Carmen Riquelme			0,08		
26	La Máquina			0,49		
27	Diguillín-Salitreras			0,05		
28	Zañartu Poniente			0,52		
	<u>Estero Coronta</u>		0,15			
	Totales	4,7	0,85	3,80		
	Suma a + b	5,55				
	a + b - c	1,75				
	<u>Diguillín en Puente</u>					
	<u>Santa Isabel</u>	1,9			+0,15	
29	Los Tilos y El Roble			1,2		
30	La Ermita			0,19		
31	Agua Buena			0,42		
32	Rinconada Poniente			0,11		
33	El Carmen			0,57		
	<u>Rfo Palpal</u>		0,46			
34	El Faro			0,17		
	Totales	1,9	0,46	2,66		
	Suma a + b	2,36				
	a + b - c	-0,3				
	<u>Diguillín en Camino</u>					
	<u>Longitudinal</u>	0,4			+0,7	

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 19

14 y 15 de Abril de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	2,6				
	<u>Renegado en Invernada</u>		0,32			
	<u>Estero Chacay</u>					seco
1	Los Canelos					seco
2	Sandoval y Alamos			0,19		
3	Coltón			0,3		
4	Goldenberg			0,49		
5	Larqui			1,48		
6	Cerro Colorado			0,22		
7	Sandoval y Chávez			0,41		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,08			
8	Cerrillos			0,06		
9	Quinchagua			0,44		
10	Compañía			0,31		
11	San Antonio			0,12		
12	Llano Blanco			1		
13	Carrizalillo			0,07		
14	San Rafael			0,07		
	Totales	2,6	0,4	5,16		
	Suma a + b	3				
	a + b - c	-2,16				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	4,1			+6,26	

Resumen:

$Q_a = 2,6 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Q_b = 2,5 \text{ "}$
 $Q_c = 10,5 \text{ "}$
 $Q_e = 2,4 \text{ "}$
 $R = 8 \text{ "}$

EXPERIENCIA N° 19 (cont.)

14 y 15 de Abril de 1958

N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	4,1				
15	Santa Isabel			0,36		
16	Los Laureles			0,05		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,34		
19	Palpal			0,07		
20	Cóndor			0,37		
21	Sotta Palacios			0,54		
22	Monjas Providencia			0,78		
23	Zañartu Oriente			0,17		
	<u>Río Temuco</u>		1,2			
24	Rinconada Oriente			0,01		
25	Carmen Riquelme			0,06		
26	La Máquina			0,53		
27	Diguillín-Salitreras			0,06		
28	Zañartu Poniente			0,45		
	<u>Estero Coronta</u>		0,22			
	Totales	4,1	1,42	3,77		
	Suma a + b	5,52				
	a + b - c	1,75				
	<u>Diguillín en Puente Santa Isabel</u>	2,4			+0,65	
29	Los Tilos y El Roble					
30	La Ermita			0,52		
31	Agua Buena			0,57		
32	Rinconada Poniente					
33	El Carmen					
	<u>Río Palpal</u>		0,62			
34	El Faro			0,45		
	Totales	2,4	0,62	1,54		
	Suma a + b	3,02				
	a + b - c	1,48				
	<u>Diguillín en Camino Longitudinal</u>	2,5			+1,02	

B.T.común
con C.Los
Laureles

seco

seco

seco

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 20

24 y 25 de Noviembre de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	18				
	<u>Renegado en Invernada</u>		4,7			
	<u>Estero Chacay</u>					seco
1	Los Canelos					seco
2	Sandoval y Alamos					seco
3	Coltón			0,35		
4	Goldenberg			0,9		
5	Larqui			1,8		
6	Cerro Colorado					seco
7	Sandoval y Chávez			0,41		
	<u>Estero San Vicente</u>		1,4			
8	Cerrillos			0,14		
9	Quinchagua			0,87		
10	Compañía			0,71		
11	San Antonio			0,12		
12	Llano Blanco			2		
13	Carrizalillo			0,08		
14	San Rafael			0,11		
Totales		18	6,1	7,49		
Suma a + b		24,1				
a + b - c		16,61				
<u>Diguillín en P.Urrutia</u>		22			+5,39	

Resumen:

$Q_a = 18$ m3/seg
 $Q_b = 25$ "
 $Q_c = 18,8$ "
 $Q_e = 16,4$ "
 $R = 9,4$ "

EXPERIENCIA N° 20 (cont.)
24 y 25 de Noviembre de 1958



N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	22				B.T.común con C.Los Laureles
15	Santa Isabel			0,49		
16	Los Laureles			0,16		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,45		
19	Palpal			0,11		
20	Cóndor			0,45		
21	Sotta Palacios			0,57		
22	Monjas Providencia			1,8		
23	Zañartu Oriente			0,44		
	<u>Río Temuco</u>		5,4			
24	Rinconada Oriente			0,04		
25	Carmen Riquelme			0,14		
26	La Máquina			0,7		
27	Diguillín-Salitreras			0,03		
28	Zañartu Poniente			0,8		
	<u>Estero Coronta</u>		1,2			
	Totales	22	6,6	6,16		
	Suma a + b	28,6				
	a + b - c	22,44				
	<u>Diguillín en Puente</u>					
	<u>Santa Isabel</u>	23			+0,56	
29	Los Tilos y El Roble			1,9		
30	La Ermita			0,47		
31	Agua Buena			1,17		
32	Rinconada Poniente			0,05		
33	El Carmen			1,46		
	<u>Río Palpal</u>		3,7			
34	El Faro			0,13		
	Totales	23	3,7	5,11		
	Suma a + b	26,7				
	a + b - c	21,59				
	<u>Diguillín en Camino</u>					
	<u>Longitudinal</u>	25			+3,41	

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 21

22 y 23 de Diciembre de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	7,3				secó
	<u>Renegado en Invernada</u>		1,8			
	<u>Estero Chacay</u>					
1	Los Canelos			0,08		
2	Sandoval y Alamos			0,24		
3	Coltín			0,45		
4	Goldenberg			0,81		
5	Larqui			2,4		
6	Cerro Colorado			0,20		
7	Sandoval y Chávez			0,51		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,10			
8	Cerrillos			0,08		
9	Quinchagua			0,42		
10	Compañía			0,89		
11	San Antonio			0,13		
12	Llano Blanco			1,7		
13	Carrizalillo			0,20		
14	San Rafael			0,17		
	Totales	7,3	1,9	8,28		
	Suma a + b	9,2				
	a + b - c	0,92				
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	7,9			+6,98	

Resumen:

$Q_a = 7,3 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Q_b = 1,1 \text{ "}$
 $Q_c = 19,1 \text{ "}$
 $Q_e = 4,3 \text{ "}$
 $R = 8,6 \text{ "}$

EXPERIENCIA N° 21 (cont.)

22 y 23 de Diciembre de 1958

N°	RIO O CANAL	m ³ /seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	7,9				
15	Santa Isabel			0,60		
16	Los Laureles			0,14		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,62		
19	Palpal			0,34		
20	Cóndor			0,82		
21	Sotta Palacios			1,2		
22	Monjas Providencia			1,3		
23	Zañartu Oriente			0,55		
	<u>Río Temuco</u>		1,75			
24	Rinconada Oriente			0,13		
25	Carmen Riquelme			0,08		
26	La Máquina			0,60		
27	Diguillín-Salitreras			0,11		
28	Zañartu Poniente			0,70		
	<u>Estero Coronta</u>		0,32			
	Totales	7,9	2,07	7,19		
	Suma a + b	9,97				
	a + b - c	2,78				
	<u>Diguillín en Puente</u>					
	<u>Santa Isabel</u>	3,6			+0,82	
29	Los Tilos y El Roble			2,0		
30	La Ermita			0,28		
31	Agua Buena			0,60		
32	Rinconada Poniente			0,05		
33	El Carmen			0,57		
	<u>Río Palpal</u>		0,34			
34	El Faro			0,16		
	Totales	3,6	0,34	3,66		
	Suma a + b	3,94				
	a + b - c	0,28				
	<u>Diguillín en Camino</u>					
	<u>Longitudinal</u>	1,06			+0,78	

B.T.común
con C.Los
Laureles

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 22

16 y 17 de Octubre de 1957

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	16				
	<u>Renegado en Invernada</u>		3,1			
	<u>Estero Chacay</u>		0,49			
1	Los Canelos					seco
2	Sandoval y Alamos					seco
3	Coltón					seco
4	Goldenberg			0,74		
5	Larqui			1,7		
6	Cerro Colorado					seco
7	Sandoval y Chávez					seco
	<u>Estero San Vicente</u>		1,9			
8	Cerrillos					seco
9	Quinchagua					seco
10	Compañía					seco
11	San Antonio					seco
12	Llano Blanco			1,27		
13	Carrizalillo					seco
14	San Rafael					seco
Totales		16	5,49	3,71		
Suma a + b		21,49				
a + b - c		17,78				
<u>Diguillín en P.Urrutia</u>		23			+5,22	

Resumen:

$Q_a = 16$ m3/seg
 $Q_b = 47$ "
 $Q_c = 14,3$ "
 $Q_e = 19,3$ "
 $R_e = 26$ "

EXPERIENCIA N° 22 (cont.)

16 y 17 de Octubre de 1957

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	23				
15	Santa Isabel			0,76		
16	Los Laureles			0,34		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,72		
19	Palpal			0,06		
20	Cóndor					
21	Sotta Palacios			1,17		
22	Monjas Providencia			1,6		
23	Zañartu Oriente			0,72		
	<u>Río Temuco</u>		6,4			
24	Rinconada Oriente			0,04		
25	Carmen Riquelme			0,23		
26	La Máquina			0,81		
27	Diguillín-Salitreras			0,11		
28	Zañartu Poniente			0,02		
	<u>Estero Coronta</u>		1,7			
	Totales	23	8,1	6,50		
	Suma a + b	31,1				
	a + b - c	24,52				
	<u>Diguillín en Puente</u>					
	<u>Santa Isabel</u>	31			+6,48	
29	Los Tilos y El Roble			1,3		
30	La Ermita			0,4		
31	Agua Buena			0,68		
32	Rinconada Poniente					
33	El Carmen			1,5		
	<u>Río Palpal</u>		5,7			
34	El Faro			0,11		
	Totales	31	5,7	3,99		
	Suma a + b	36,7				
	a + b - c	32,71				
	<u>Diguillín en Camino</u>					
	<u>Longitudinal</u>	47			+14,29	

B.T.común
con C.Los
Laureles
seco

seco

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 23

19 y 20 de Noviembre de 1957

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S. Lorenzo</u>	17,4				
	<u>Renegado en Invernada</u>		2,9			
	<u>Estero Chacay</u>		0,21			
1	Los Canelos			0,06		
2	Sandoval y Alamos					seco
3	Coltón			0,26		
4	Goldenberg			0,86		
5	Larqui			1,8		
6	Cerro Colorado			0,21		
7	Sandoval y Chávez			0,6		
	<u>Estero San Vicente</u>		0,34			
8	Cerrillos			0,05		
9	Quinchagua			0,6		
10	Compañía			1,1		
11	San Antonio			0,13		
12	Llano Blanco			1,9		
13	Carrizalillo			0,07		
14	San Rafael					seco
	Totales	17,4	3,45	7,64		
	Suma a + b	20,85				
	a + b - c	13,21				
	<u>Diguillín en P. Urrutia</u>	14,4			+1,19	

Resumen:

$Q_a = 17,4$ m3/seg
 $Q_b = 7,4$ "
 $Q_c = 22,9$ "
 $Q_e = 7,4$ "
 $R = 5,5$ "

EXPERIENCIA N° 23 (cont.)

19 y 20 de Noviembre de 1957

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	14,4				
15	Santa Isabel			0,86		
16	Los Laureles			0,28		
17	San Vicente					
18	Juan de D.Urrutia			0,78		
19	Palpal			0,29		
20	Cóndor			0,8		
21	Sotta Palacios			1,2		
22	Monjas Providencia			1,74		
23	Zañartu Oriente			0,64		
	<u>Río Temuco</u>		2,2			
24	Rinconada Oriente			0,01		
25	Carmen Riquelme			0,02		
26	La Máquina			1,24		
27	Diguillín-Salitreras			0,16		
28	Zañartu Poniente			0,43		
	<u>Estero Coronta</u>		0,5			
	Totales	14,4	2,7	8,45		
	Suma a + b a + b - c	17,1 8,65				
	<u>Diguillín en Puente Santa Isabel</u>	11			+ 2,35	
29	Los Tilos y El Roble			3		
30	La Ermita			0,63		
31	Agua Buena			1,25		
32	Rinconada Poniente			0,08		
33	El Carmen			1,5		
	<u>Río Palpal</u>		1,2			
34	El Faro			0,31		
	Totales	11	1,2	6,77		
	Suma a + b a + b - c	12,2 5,43				
	<u>Diguillín en Camino Longitudinal</u>	7,4			+ 1,97	

RECUPERACIONES DEL RIO DIGUILLIN

EXPERIENCIA N° 24

15 y 16 de Octubre de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en S.Lorenzo</u>	22,4				
	<u>Renegado en Invernada</u>		6,4			
	<u>Estero Chacay</u>					seco
1	Los Canelos					seco
2	Sandoval y Alamos					seco
3	Coltón					seco
4	Goldenberg			0,9		
5	Larqui			2		
6	Cerro Colorado					seco
7	Sandoval y Chávez					seco
	<u>Estero San Vicente</u>		3,9			
8	Cerrillos			0,19		
9	Quinchagua					seco
10	Compañía			0,12		
11	San Antonio			0,33		
12	Llano Blanco			2		
13	Carrizalillo					seco
14	San Rafael			0,07		
Totales		22,4	10,3	5,61		
Suma a + b		32,7				
a + b - c		27,09				
<u>Diguillín en P.Urrutia</u>		35,5			+7,41	

Resumen:

$Q_a = 22,4$ m3/seg
 $Q_b = 6,4$ "
 $Q_c = 14,6$ "
 $Q_e = 26,8$ "
 $R_e = 28,4$ "

26.8
 - 6.4

 20.4

EXPERIENCIA N° 24 (cont.)

15 y 16 de Octubre de 1958

N°	RIO O CANAL	m3/seg				OBSER.
		a	b	c	Recup. en el tramo	
	<u>Diguillín en P.Urrutia</u>	35,5				
15	Santa Isabel					seco
16	Los Laureles					seco
17	San Vicente					----
18	Juan de D.Urrutia					seco
19	Palpal					seco
20	Cóndor					seco
21	Sotta Palacios					seco
22	Monjas Providencia					seco
23	Zañartu Oriente			0,57		
	<u>Río Temuco</u>		8,3			
24	Rinconada Oriente					seco
25	Carmen Riquelme					seco
26	La Máquina			0,97		
27	Diguillín-Salitreras			0,1		
28	Zañartu Poniente			1,3		
	<u>Estero Coronta</u>		2,2			
	Totales	35,5	10,5	2,94		
	Suma a + b	46				
	a + b - c	42,06				
	<u>Diguillín en Puente</u> <u>Santa Isabel</u>	42			+ 0,06	
29	Los Tilos y El Roble			1,6		
30	La Ermita			1,04		
31	Agua Buena			0,95		
32	Rinconada Poniente			0,2		
33	El Carmen			1,9		
	<u>Río Palpal</u>		6			
34	El Faro			0,37		
	Totales	42	6	6,06		
	Suma a + b	48				
	a + b - c	41,94				
	<u>Diguillín en Camino</u> <u>Longitudinal</u>	63			+21,06	