

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA DEL RIO RAPEL

VOLUMEN 5

OPERACION DE LOS SISTEMAS Y EVALUACION ECONOMICA

AGROIPLA, ING. CONSULTORES, CHILE
ENGINEERING - SCIENCE, INC., U.S.A.

Abril, 1978

COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA DEL RIO RAPEL

VOLUMEN 5

"OPERACION DE LOS SISTEMAS Y EVALUACION ECONOMICA"

3784

A. I. E. S. A.

- I. - OPERACION DEL SISTEMA RAPEL
- II. - EVALUACION ECONOMICA

I N D I C E

	Página No
I. OPERACION DEL SISTEMA RAPEL	9
PRIMERA PARTE -	
DESCRIPCION DEL MODELO DE OPERACION SIMULADA DEL SISTEMA DE RIEGO	11
1.- INTRODUCCION	13
2.- ESQUEMATIZACION DEL SISTEMA	15
3.- BASES PARA LA OPERACION	21
4.- OPERACION SIMULADA	25
5.- VARIABLES PRINCIPALES DEL MODELO	34
5.1 Sectores de Riego	34
5.2 Sector Hidroelectricidad	35
5.3 Embalses Superficiales	35
5.4 Embalse Subterráneo	36
5.5 Estadística de Caudales Medios Mensuales	36
5.6 Capacidades de Canales	37
5.7 Caudal Conducido por Canales	37
SEGUNDA PARTE -	
SITUACION ACTUAL DEL REGADIO	39
1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES	41
2.- DETERMINACION DE CONSUMOS Y TASAS EFECTIVAS	47
2.1 Determinación del Consumo Efectivo	47
2.2 Determinación de Tasas Efectivas	50

3.-	OPERACION DEL MODELO PARA LA SITUACION ACTUAL	71
3.1	Aspectos Generales	71
3.2	Bases Consideradas	72
3.3	Resultados Obtenidos para la Temporada de Riego	75
3.4	Resultados Obtenidos para la Temporada de Inviernos	79
3.5	Disponibilidad de Agua para Yali-Alhué	81
3.6	Generación Hidroeléctrica	84

TERCERA PARTE -

	ANALISIS DE LA OPERACION FUTURA DE LA HOYA	111
1.-	ASPECTOS GENERALES	113
2.-	CONCLUSIONES	116
3.-	BASES CONSIDERADAS Y ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	127
3.1	Bases	127
3.2	Alternativas Estudiadas	131
4.-	OPERACIONES REALIZADAS	135
5.-	RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL REGADIO DE LA HOYA	137
5.1	Hoya Río Cachapoal	137
5.2	Hoya Río Claro de Rengo	144
5.3	Hoya del Estero Zamorano	146
5.4	Hoya del Río Tinguiririca	149
5.5	Hoya del Estero Chimbarongo	153
6.-	REGADIO DE YALI-ALHUE	157
7.-	GENERACION HIDROELECTRICA	159

	Página No
8.- DEFICITS DE AGUA DE LA HOYA	161
9.- CONSIDERACIONES SOBRE LA SEGURIDAD DE RIEGO	163
10.- ANTECEDENTES PARA LA EVALUACION ECONOMICA	165
 A N E X O : A - Ejemplos del Cálculo de la Seguridad de Riego	 231
A N E X O : B - Consideraciones Sobre Seguridad de Riego	251
1.- Objetivos y Alcance	255
2.- Planteamiento General	255
3.- Determinación del Costo de Falla	261
4.- Aplicaciones Generales	264
 A N E X O S DEL ANEXO - B	 281
1.- Estimación del Valor de "C/Ia"	283
2.- Valores de "P" en Función de "a"	284
3.- Determinación de Valores de "B máx."	285
 II. EVALUACION ECONOMICA	 293
1.- INTRODUCCION	295
2.- BASE METODOLOGICA	299
3.- ALTERNATIVAS VALORIZADAS	309
4.- INDICES ECONOMICOS	321
4.1 Alternativas Hoya Río Rapel	323
4.2 Regadío Zona Yali-Alhué	337
5.- CONCLUSIONES	341
 A N E X O : A - Base de Comparación y Evaluación Económica	 359

I.- OPERACION DEL SISTEMA RAPEL.

P R I M E R A P A R T E

DESCRIPCION DEL MODELO DE OPERACION SIMULADA
DEL SISTEMA DE RIEGO

1.- INTRODUCCION.

Para el estudio de Planificación del regadío en la cuenca del río Rapel se planteó un modelo matemático de operación simulada que permite analizar diversas alternativas que pueden presentarse.

Concibiendo la cuenca como un sistema hidrológico, fue necesario esquematizarla identificando sus diversos componentes llegando a una representación o sistema idealizado que es el que se describe matemáticamente en el modelo.

El sistema está integrado por sectores de riego que demandan agua a sus fuentes las que pueden ser ríos, embalses superficiales, embalses subterráneos o importaciones desde otras cuencas. Además se incluyen los desarrollos hidroeléctricos existentes en la cuenca.

Con el objeto de dotar de flexibilidad al modelo, se incluyen también posibles obras futuras cuya presencia se hace efectiva a través de la definición de sus parámetros en el conjunto de datos.

El modelo tiene el carácter de herramienta de diagnóstico ya que para un conjunto de datos los resultados muestran lo que ocurriría en esa situación.

El fenómeno de las recuperaciones de un río y el reuso de las aguas dentro de un sector, se abordan

a través de las metodologías desarrolladas especialmente para este efecto, las que se explican brevemente.

Se presenta una descripción del sistema definiendo sus elementos integrantes e inter-relaciones, las bases adoptadas para la operación y una descripción detallada de esta última.

2.- ESQUEMATIZACION DEL SISTEMA.

Se consideró que el modelo debería ser sencillo e incluir el menor número de sectores y procesos necesarios para representar las características más relevantes del prototipo.

La zona de riego de la cuenca del río Rapel se dividió en 12 sectores de riego atendiendo principalmente a su ubicación, al origen de sus recursos de agua y a su posible ligazón con otro sector.

La ubicación física de los sectores de riego junto con su nombre y superficie abarcada se presenta en el plano Nº 1, de página 56 del Album de Mapas.

En la cuenca del río Rapel existen los desarrollos hidroeléctricos de Sauzal, Sauzalito y Rapel que pertenecen a ENDESA y la Central Coya propiedad de la Sociedad Minera El Teniente. Como futuro desarrollo hidroeléctrico sólo se ha planteado la Central Collicura alimentada desde el embalse del mismo nombre que se ubicaría sobre el río Chapoal, aguas arriba de la confluencia con el río Pangal. La central de mayor importancia es Rapel con una potencia instalada de 350 MWatts.

Los embalses de regulación existentes en la cuenca son escasos. El más grande es el embalse Rapel con una capacidad total de $696 \text{ m}^3 \times 10^6$ que se destina a la producción de energía hidroeléctrica. Recientemente se terminó de construir el embalse Los Cristales con una capacidad

total cercana a los $10 \text{ m}^3 \times 10^6$ ubicado en la parte alta del río Claro de Rengo y destinado a mejorar el riego de su primera sección legal. Sobre el estero Chimbarongo se encuentra en construcción el embalse Convento Viejo con una capacidad útil de $450 \text{ m}^3 \times 10^6$ destinado a mejorar el riego del estero Chimbarongo y del río Tinguiririca y dotar de agua para regadío a terrenos de secano de la zona de Nilahue y Marchigüe. Este desarrollo contempla también la importación de caudales desde el río Teno que son conducidos por el canal Teno-Chimbarongo ya terminado y en servicio.

Este canal de $65 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de capacidad conduce aguas para Convento Viejo y también para la Central Rapel a la cual llegan desde Convento Viejo por el estero Chimbarongo y luego el río Tinguiririca. El proyecto Convento Viejo consulta también un canal de $10 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de capacidad para mejorar el riego del área del río Tinguiririca en su parte baja. Dado que este río presenta excedentes primaverales de cierta importancia, se consulta también un canal para conducir los al estero Chimbarongo y por ende al embalse Convento Viejo.

En cuanto a futuros embalses de regulación existe un posible desarrollo sobre el río Cachapoal que daría lugar al embalse Collicura destinado al regadío y a la produción de electricidad. También es posible efectuar una regulación del río Tinguiririca por lo cual se ha incluido también esta alternativa.

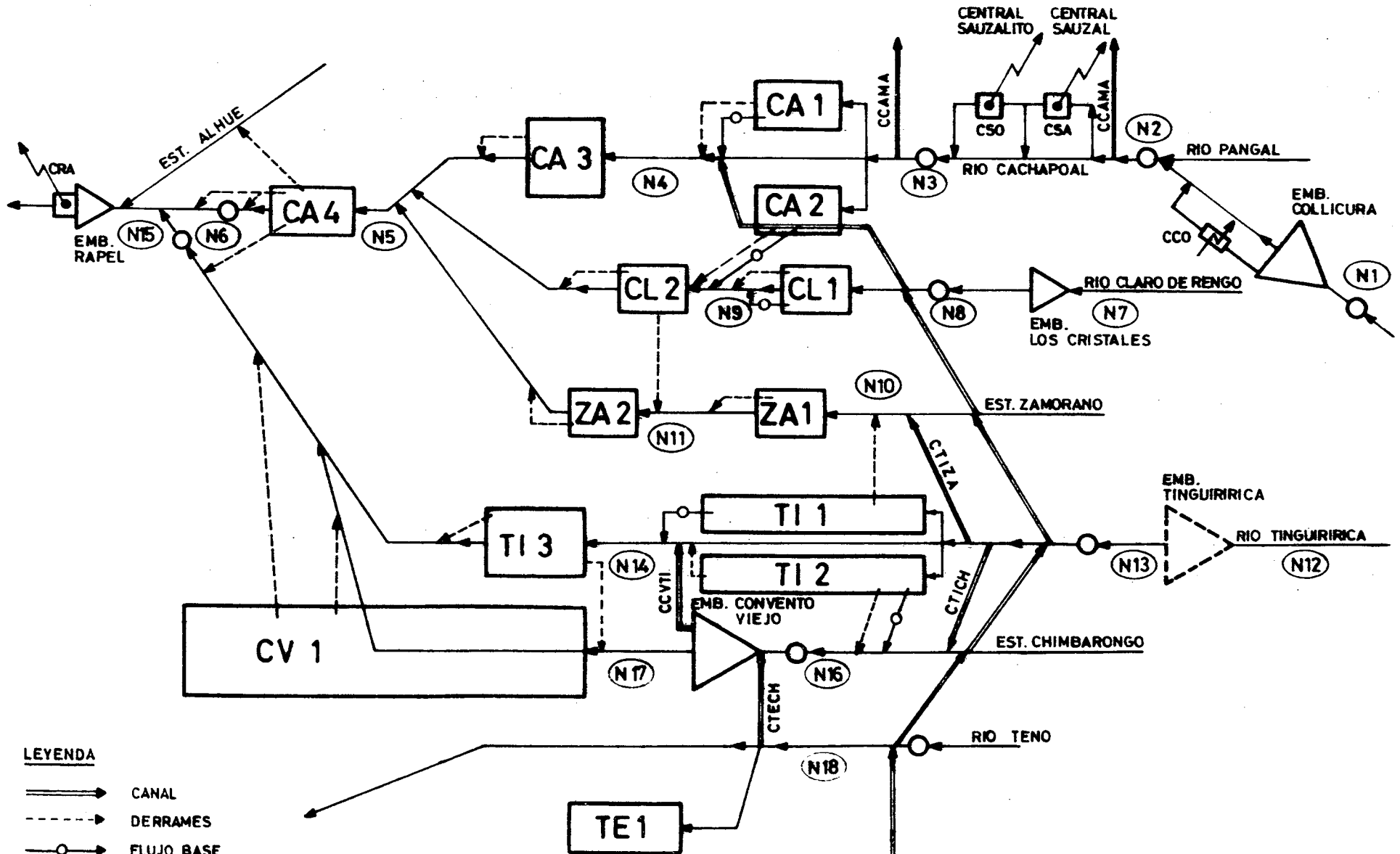
En relación a obras de trasvase se ha contemplado en el modelo la posibilidad de un canal desde el río Tinguiririca hacia el estero Zamorano que permitiría mejorar el riego de este último. Estudios anteriores han demostrado

que es posible efectuar exportaciones del recurso del río Cachapoal hacia el río Maipo siempre y cuando se contara con un embalse como el de Collicura. Los caudales exportados serían conducidos hacia el río Maipo por el denominado canal Cachapoal-Maipo cuyo trazado nacería inmediatamente aguas abajo de la descarga de la Central Sauzalito. Se ha mencionado también la posibilidad de que este canal naciera a la altura de la bocatoma de la Central Sauzal lo que presentaría ciertas ventajas en la operación del río Maipo. Se ha incluido entonces en el modelo el canal Cachapoal-Maipo dejando la posibilidad de captar a una u otra cota. La captación a cota elevada sólo incide en la generación de Sauzal y Sauzalito.

Existiendo la posibilidad de importar recursos desde el Sur, se ha incluido un canal que traería recursos que pueden ser entregados en las cabeceras de las áreas de riego, salvo en el río Cachapoal donde el trazado preliminar llegaría a cota más baja, más bien a cabecera del sector CA3.

En la Figura Nº 1 se presenta un esquema del sistema descrito.

FIGURA Nº 1
HOYA DEL RIO RAPEL
ESQUEMA DEL SISTEMA



3.- BASES PARA LA OPERACION.

El modelo está concebido para operar con caudales medios mensuales que definen los recursos disponibles en los diversos puntos del sistema.

El análisis del sistema mostró que para un mejor aprovechamiento de los recursos de agua era necesario efectuar la operación en un cierto orden ya que algunos sectores utilizan los excedentes de una o más fuentes, los derrames de riego en ciertos sectores y también aportes de agua subterránea. De esta manera, la distribución del agua entre los diferentes sectores que se abastecen de una misma fuente, se efectúa de acuerdo con prioridades pre-establecidas que toman en cuenta los derrames y excedentes envueltos.

Se supone que dentro de un sector de riego, el agua que se le ha distribuido se reparte uniformemente.

Si uno o más sectores se abastecen de una o más fuentes, se comienza usando primero los ríos sin regulación, luego un río regulado, luego el bombeo desde el embalse subterráneo, si existe esta posibilidad y luego las importaciones.

El fenómeno de las recuperaciones de un río se aborda tratando en forma separada los derrames de los eventuales afloramientos de agua subterránea. Esto permite determinar el efecto de diferentes tasas de riego sobre los re cursos de agua de sectores más bajos.

En los ríos Cachapoal, Claro de Rengo y Tinguiririca se ha contemplado la existencia de un embalse subterráneo para el cual se supuso un comportamiento lineal. Solo se incluye el embalse subterráneo en los primeros sectores a la entrada del valle central ya que esta es la zona de mayor importancia como acuífero. Hacia aguas abajo los rellenos son de materiales cada vez más finos y por lo tanto menos potentes.

La ecuación de continuidad y la hipótesis de linealidad permiten obtener la descarga del embalse conociendo el almacenamiento a inicios del mes, la entrada del período y la constante de proporcionalidad de la hipótesis de linealidad.

Se considera que las entradas al embalse subterráneo quedan definidas por la infiltración del río en su lecho, calculada como un porcentaje del caudal que pasa y por la percolación profunda del agua aplicada en riego, calculada como un porcentaje del caudal suplido al sector.

De la descarga total se supone que sólo un cierto porcentaje aparece en el río o estero que intercepta la napa.

En los ríos Cachapoal y Tinguiririca se consideran dos embalses subterráneos, uno en cada ribera ya que los afloramientos poseen diferentes destinos. Esto obliga a suponer que la infiltración total del río en su lecho se reparte hacia cada ribera de acuerdo con otro porcentaje.

Los sectores de riego que pueden bombear del embalse subterráneo lo hacen limitados a la capacidad del

bombeo del sector y al volumen almacenado a comienzos del mes.

Los derrames de riego o retornos finales de un sector se calculan considerando la tasa de riego a nivel de sector, la tasa de riego efectiva y la demanda suplida en el mes en cuestión.

Las tasas a nivel de sector representan una tasa bruta en bocatoma pero reducida por efecto del reuso interno del agua en el sector.

En los embalses superficiales se incluye una curva de previsión que indica el almacenamiento que debe tratarse de retener en el embalse en los diferentes meses para prevenir futuros déficits. El criterio especifica que si el volumen inicial del mes está por debajo del valor indicado por la curva sólo se cuenta con el caudal de entrada del mes, en caso contrario se dispone también de la diferencia entre el volumen inicial del mes y el valor indicado por la curva.

Se incluye un cálculo de las pérdidas por evaporación basándose sobre el promedio de superficie inundada en el mes. Este cálculo se realiza al final de la operación del embalse descontándolo del volumen final preliminar y limitándolo a cero si el volumen final era nulo.

El embalse Rapel se opera tratando de garantizar una potencia mínima y tratando de respetar su curva de alerta, es decir, deprimiéndolo al mínimo cuando está por debajo de la curva y generando lo máximo cuando se está por encima, tratando siempre de que el volumen final sea el indicado por la curva de alerta.

La operación del canal que trae los recursos importados del sur se efectúa al operar cada nodo del sistema. En el maso de datos del programa se define su coeficiente que indica si el canal debe entregar o captar agua de ese nodo.

Si el coeficiente para ese nodo es positivo, el canal entrega un caudal igual al coeficiente por el agua que lleva en ese nodo. Si el coeficiente es negativo, el canal capta un caudal igual al coeficiente por el agua disponible en el nodo. Efectuado esto, se define el caudal que sigue por el canal.

La operación del canal con importaciones se efectúa antes de cualquier operación de la fuente representada por el nodo.

Dado que no se conocen las demandas que podría efectuar el canal Cachapoal-Maipo, se adoptó este mismo criterio para su operación, es decir, el caudal captado será un coeficiente por el recurso del nodo correspondiente antes de ninguna otra operación.

Asignando diferentes valores a los coeficientes mencionados se pueden cubrir una serie de alternativas entre las cuales podrá elegirse eventualmente la más adecuada.

4.- OPERACION SIMULADA.

Se presenta a continuación una descripción de las operaciones que realiza el modelo, efectuando balances de agua entre recursos disponibles y demandas, para cada uno de los nodos del sistema definidos en la Figura Nº 1.

Para cada nodo del sistema se detallan los diferentes recursos de agua con que se cuenta en esa ubicación y las demandas que desde allí deben suplirse. En cada nodo que corresponda y según se detalla más adelante se efectúan las operaciones de los embalses superficiales y subterráneos con que se cuenta.

La descripción de los nodos se hace siguiendo el mismo orden con que los opera el modelo. Cada nodo se opera en primer término con los recursos y demandas primarias que a él llegan o debe satisfacer. En la mayoría de los casos y debido tanto a las inter-relaciones existentes entre los diferentes sectores como a la necesidad de satisfacer demandas de agua desde embalses superficiales y subterráneos de sectores situados más hacia aguas abajo de cada nodo considerado, deben efectuarse reoperaciones de nodos cuyo balance primario ya ha sido efectuado.

Se presenta a continuación el detalle de los distintos nodos del sistema, en el orden señalado, indicando para cada uno de ellos recursos y demandas de agua.

NODO 13.- Río Tinguiririca

Recursos : - Caudal del río
- Se aumenta en un porcentaje del caudal proveniente del sur (factor positivo), o bien se disminuye en un porcentaje del caudal disponible (factor negativo)

Demandas : - Sectores TI1 y TI2. Se distribuye en proporción a sus demandas.

NODO 12.- Embalse Tinguiririca (Hipotético)

Recursos : - Agua embalsada proveniente del río Tinguiririca

Demandas : - Déficits sectores TI1 y TI2

Agua Subterránea

Recursos : - Bombeo en TI1 y TI2

Demandas : - Déficits TI1 y TI2 limitado a la capacidad de bombeo y al volumen almacenado a fines del mes anterior en los embalses subterráneos.

NODO 10.- Estero Zamorano

Recursos : - Caudal del estero
- Se aumenta o disminuye el recurso según se entreguen recursos del sur o se capten parte de los disponibles

- Derrames de riego del sector TI1

Demandas : - Sector ZA1

NODO 14.- Antes parte baja Río Tinguiririca

Recursos : - Afloramiento del embalse subterráneo de TI1

Demandas : - Sector TI3

NODO 13.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficit ZA1 + déficit TI3
pero incrementado por efecto de la
infiltración del río en su lecho

NODO 12.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficits remanente de ZA1
y de TI3 incrementado por nuevas in
filtraciones del río en su lecho

NODO 13.- Reoperación

Recursos adicionales : - Se agrega la entrega del
embalse Tinguiririca para sectores
ZA1 y TI3 y los eventuales caudales
vertidos

Demandas adicionales : - Déficit sector ZA1 limitado
a la capacidad del canal Tinguiririca-
Zamorano. Se reopera nodo 10 para
sector ZA1

- Déficit sector TI3

- Canal Tinguiririca-Chimbarongo limitado
a su capacidad

- Excedentes, reducidos en porcentaje in
filtración del río, van a nodo 14

Embalses Subterráneos TI1 y TI2

Se operan estos embalses considerando las entradas del mes, es decir, la infiltración del río en su lecho y la infiltración proveniente del riego.

NODO 14.- Reoperación

Recursos adicionales : - Se agrega el afloramiento adicional del embalse subterráneo de TI1

- Excedentes reoperación Nodo 13

Demandas adicionales : - Déficit remanente de TI3

NODO 16 y 17.- Embalse Convento Viejo

Recursos : - Recursos propios estero Chimbarongo, aumentados por aportes provenientes del sur o disminuidos por captaciones para el norte

- Excedentes río Teno en nodo 18 limitados a la capacidad del canal Teno-Chimbarongo
- Aporte canal Tinguiririca-Chimbarongo
- Derrames de riego del sector TI2
- Afloramientos del embalse subterráneo del sector TI2

Demandas : - Central hidroeléctrica de Rapel, según convenio para canal Teno-Chimbarongo

- Sector CV1
- Déficit total remanente sector TI3, limitado a la capacidad del canal Convento Viejo Tinguiririca.

NODO 15.- Tinguiririca antes Estero La Cadena

- Recursos : - Excedentes nodo 17
- Recurso para Central Rapel según convenio para canal Teno-Chimbarongo
 - Excedentes nodo 14
 - Parte de los derrames de riego del sector CV1
 - Derrames de riego del sector TI3
 - Parte de los derrames de riego del sector CA4
 - Hoya intermedia controlada en el nodo 15

NODO 8.- Río Claro de Rengo

- Recursos : - Caudal del río
- Se aumenta el caudal por efecto de aportes del sur o bien se disminuye si debe ser captado un cierto porcentaje para el norte

Demandas : - Sector CL1

NODO 7.- Embalse Los Cristales

Recursos : - Agua embalsada proveniente del río Claro de Rengo

Demandas : - Déficit CL1

NODO 8.- Reoperación

Recursos adicionales : - Su caudal remanente se incrementa en la entrega del embalse Los Cristales para el déficit de CL1, y los caudales vertidos

Agua Subterránea

Recursos : - Bombeo en CL1

Demandas : - Déficit de CL1 limitado a la capacidad de bombeo y al volumen almacenado a fines del mes anterior en el embalse subterráneo

NODO 3.- Río Cachapoal frente a Sauzalito

Recursos : - Caudal del río, menos porcentaje asignado para ser enviado por el canal Cachapoal-Maipo

Demandas : - Sectores CA1 y CA2

NODO 1.- Embalse Collicura

Recursos : - Agua embalsada proveniente del río Cachapoal

Demandas : - Déficits sectores CA1 y CA2

NODO 3.- Reoperación

Recursos adicionales : - Se incrementan en el aporte de Collicura

Demandas adicionales : - Déficits sectores CA1 y CA2, distribuyendo en proporción a sus demandas

Agua Subterránea

Recursos : - Bombeo en CA1 y CA2

Demandas : - Déficits CA1 y CA2 limitado a la capacidad de bombeo y al volumen almacenado a fines del mes anterior en el embalse subterráneo

NODO 4.- Río Cachapoal antes sector CA3

- Recursos : - Derrames de riego del sector CA1
- Afloramiento del embalse subterráneo CA1. El embalse subterráneo CA1 se opera para entrada nula y volumen inicial igual al final del mes anterior reducido en el bombeo. Se obtiene el afloramiento independiente de la entrada del mes.
 - El caudal se incrementa o se reduce según se agreguen recursos del sur o se capten para el norte

Demandas : - Sector CA3

NODO 3.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficit sector CA3 modificado por la infiltración del río en su lecho y por el afloramiento incremental que la infiltración provocará en el embalse subterráneo de CA1 en el mes considerado.

NODO 1.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficit remanente de CA3

NODO 9.- Río Claro de Rengo antes sector CL2

- Recursos : - Excedentes Nodo 8, menos caudal infiltrado en el lecho del río
- Derrames de riego de sector CL1
 - Afloramientos del embalse subterráneo CL1
 - Derrames de riego del sector CA2
 - Afloramientos del embalse subterráneo de CA2

Demandas : - Sector CL2

NODO 11.- Estero Zamorano antes sector ZA2

Recursos : - Excedentes del nodo 10
- Derrames de riego del sector ZA1
- Parte de los derrames de riego del sector CL2

Demandas : - Sector ZA2

NODO 5.- Río Cachapoal antes sector CA4

Recursos : - Excedentes nodos 4, 9 y 11
- Derrames de riego de sectores CA3, CL2 y ZA2 menos parte de derrames de CL2 que va a nodo 11.

Demandas : - Sector CA4

NODO 3.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficit modificado de CA4 por infiltración del río en su lecho y afloramientos incrementales de embalses subterráneos CA1 y CA2

NODO 1.- Reoperación

Demandas adicionales : - Déficit modificado remanente de CA4
- Eventual demanda especial de energía de la Central Collicura

Central Sauzal y Sauzalito

- Cálculo de su generación

NODO 5.- Reoperación

Recursos adicionales : - Se agrega el excedente del nodo 3 reducido en la infiltración del río y aumentado por los afloramientos adicionales de los embalses subterráneos de CA1 y CA2

Demandas adicionales : - Déficit de CA4

NODO 6.- Río Cachapoal en Puente Arqueado

Recursos : - Excedente nodo 5
- Parte de los derrames de riego de CA4
- Hoya intermedia controlada en el nodo 6

NODO 15.- Reoperación

Recursos adicionales : - Se agrega parte de los derrames de riego de CA4

Embalse Rapel

Recursos : - Caudales nodo 6 y nodo 15
- Parte derrames sector CA4
- Hoya baja río Rapel situada aguas abajo nodos 6 y 15. De la estadística para esta zona baja, incluida en el informe de hidrología, se consultan aquí solamente los meses de invierno por cuanto los meses de verano corresponden únicamente a recuperaciones del riego que este modelo calcula separadamente

Demandas : - Se opera el embalse de acuerdo con su curva de alerta establecida, tratando de garantizar un mínimo de potencia.

- se
s
ec
t
s

5.2.- Sector Hidroelectricidad

- CCØ : Central Collicura
- CSA : Central Sauzal
- CSØ : Central Sauzalito
- CRA : Central Rapel

Variables asociadas con estos sectores

- CA*** : Capacidad aducción central***
- QG***(J) : Caudal generado en central*** en mes J
- PG***(J) : Potencia generada en central*** en mes J

5.3.- Embalses superficiales

- CØL : Embalse Collicura
- RAP : Embalse Rapel
- CRI : Embalse Los Cristales
- TIN : Embalse Tinguiririca
- CVØ : Embalse Convento Viejo

Variables asociadas con embalses superficiales

- VM*** : Volumen útil máximo en ($m^3/10^6$)
- QM*** : Volumen útil máximo en (m^3/seg)
- QØ*** : Volumen de partida
- QF***(J) : Estado final en mes J
- DM***(J) : Demanda en el mes J
- QS***(J) : Entrega efectuada en mes J
- QV***(J) : Caudal vertido en mes J
- QE***(J) : Caudal evaporado en mes J

- QP *** (J) : Volumen de previsión del mes J
- QA *** (J) : Caudal afluente en mes J
- QJ *** : Volumen inicial del mes J
- EV *** (J) : Tasa de evaporación en mes J

5.4.- Embalse subterráneo

- ACA1 : Acuífero del sector CA1
- ACA2 : Acuífero del sector CA2
- ACL1 : Acuífero del sector CL1
- ATI1 : Acuífero del sector TI1
- ATI2 : Acuífero del sector TI2

Variables asociadas con embalses subterráneos

- QI **** : Volumen inicial del mes
- QE **** (J) : Caudal de entrada en mes J
- QB **** (J) : Caudal bombeado en mes J
- QF **** (J) : Estado final en mes J
- QS **** (J) : Caudal total de salida en mes J
- QA **** (J) : Caudal que aflora en mes J
- QZ **** (J) : Caudal de salida que no aflora en mes J
- QØ **** : Volumen de partida
- K **** : Constante para embalse de tipo lineal
- G **** : Porcentaje de QS **** (J) que aflora
- F **** : Porcentaje de la infiltración del río en su lecho que llega al acuífero

5.5.- Estadísticas de caudales medios mensuales

- QCACH : Río Cachapoal (Nodo 3)
- EACØL : Afluentes al embalse Collicura (Nodo 1)

- EACRI : Afluentes al embalse Los Cristales (Nodo 7)
- QCLAR : Río Claro de Rengo (Nodo 8)
- QZAM : Estero Antivero a la entrada de zona de riego (Nodo 10)
- EATIN : Afluentes al embalse Tinguiririca (Nodo 12)
- QTING : Río Tinguiririca (Nodo 13)
- QCHIM : Estero Chimbarongo (Nodo 16)
- QTENØ : Excedentes río Teno (Nodo 18)
- QHINT : Hoya intermedia (hasta Nodos 6 y 15)
- QRAPL : Hoya baja embalse Rapel (aguas abajo Nodos 6 y 15 y limitada a los meses de invierno según se señaló)
- AFLRAP: Afluentes embalse Rapel calculados
- EARAP : Afluentes embalse Rapel observados
- QTAEC : Tinguiririca antes Estero Las Cadenas (Nodo 15 observado)
- QCAPA : Cachapoal en Puente Arqueado (Nodo 6 observado)

5.6.- Capacidades de canales

- CTECH : Teno-Chimbarongo
- CTICH : Tinguiririca-Chimbarongo
- CCVTI : Convento Viejo-Tinguiririca
- CCAMA : Cachapoal-Maipo
- CTIZA : Tinguiririca-Zamorano

5.7.- Caudal conducido por canales

- QTECH : Teno-Chimbarongo
- QTICH : Tinguiririca-Chimbarongo
- QCVTI : Convento Viejo-Tinguiririca
- QCAMA : Cachapoal-Maipo
- QTIZA : Tinguiririca-Zamorano

S E G U N D A P A R T E

SITUACION ACTUAL DEL REGADIO

1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES.

El estudio para la situación actual y futura del aprovechamiento de los recursos de suelo y agua en la hoya del río Rapel, se ha planteado en base a la aplicación de un modelo de simulación hídrica para toda la cuenca. La descripción detallada de dicho modelo y la forma en que opera se presenta en otro capítulo de este estudio.

Uno de los aspectos importantes involucrados en la operación hídrica de la cuenca lo constituye la evaluación de las recuperaciones de agua que se producen con el regadío. Este problema ha sido extensamente analizado en nuestro informe : Análisis de las Recuperaciones Hoya del Río Rapel, a su vez la metodología de cálculo que allí se expone ha sido incorporada al modelo de simulación y es dicho modelo quien calcula las recuperaciones provenientes del regadío en las distintas secciones del valle.

El parámetro fundamental que se requiere conocer para realizar la evaluación de las recuperaciones de regadío lo constituye la denominada "tasa efectiva de riego" la que se ha definido como el volumen de agua, a nivel de bocatoma de canales, que si fuera aplicado a cada hectárea de los terrenos de riego durante un año, no produciría recuperaciones de riego. Esta tasa mide entonces el consumo efectivo de agua en la hoya por cada hectárea de riego durante un año.

El valor de esta tasa efectiva ha sido estudiado por nuestra oficina en base a corridas de aforo que es la forma más correcta de evaluarla, en la hoya del río Aconcagua, en la primera sección del río Maipo y en algunos sectores del área de riego del sistema Maule Norte. En base a estos antecedentes se

ha postulado utilizar para el estudio de la operación futura de la hoya del río Rapel una tasa efectiva del orden de 11.000 m³/há/año. (★)

Dada la importancia que presenta el valor de esta tasa efectiva en este informe, se presenta un análisis aproximado sobre el valor de la tasa efectiva en la hoya del río Rapel, tanto para las condiciones actuales como para la situación recomendada a futuro del uso del suelo.

El análisis se considera sólo aproximado dado que los cálculos se han efectuado utilizando estadísticas fluviométricas y no corridas de aforo como hubiera sido de desear.

En el cálculo de la tasa efectiva se hace diferencia entre lo que puede considerarse la situación actual de la hoya y la que se define como situación futura, esto debido al alto porcentaje que presentan en la hoya, en la actualidad, los terrenos dedicados a cereales y pastos naturales, cuyo consumo efectivo de agua es indudablemente menor que el de otros cultivos más intensivos. Para el futuro, el uso recomendado de los suelos reduce considerablemente las superficies destinadas a este tipo de aprovechamientos reemplazándolos por otros bastante más intensivos.

Una vez definida la tasa efectiva que puede considerarse válida para la situación actual de la hoya, se ha operado el modelo de simulación para estas condiciones a objeto de conocer la situación actual de regadío en cada uno de los sectores de la hoya, verificándolos a su vez con el conocimiento general que se tiene de la forma en que se riega cada uno de dichos sectores. Además, para el período de invierno (meses de Abril a Septiembre inclusivos), en que el regadío tiene muy poca significación, se ha aprovechado de verificar los caudales de agua que

calcula el modelo de simulación a la salida de las hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, comparándolos con los caudales realmente observados en las estaciones de control fluviométrico existente en dichos lugares o próximos a ellos.

Las principales conclusiones que se obtienen del análisis de la situación actual del regadío en la hoya del río Rapel son las siguientes :

- Consumos Efectivo :

El consumo efectivo de la hoya, (total de agua consumida) para el período Octubre-Marzo inclusive, para los 35 años estadísticos considerados en este análisis, presenta un promedio anual cuya desviación standard es de 15%, (67% de los valores incluidos en un rango de $\pm 15\%$ en torno al promedio). Si se considera un margen de variación de $\pm 23\%$, el 95% de los datos estadísticos quedan situados en torno al promedio dentro de dicho rango. Dado el pequeño rango de variación obtenido en 35 años estadísticos para el valor medio del consumo efectivo, éste se considera bastante representativo de las condiciones actuales existentes en la cuenca.

- Tasa Efectiva :

En base a antecedentes fluviométricos ha sido posible estimar para la hoya del Rapel una tasa efectiva actual promedio para la hoya de 9.000 m³/há/año (consumo neto de agua por hectárea de riego).

Esta tasa efectiva actual queda condicionada fuertemente por la existencia de aproximadamente un 40% de los terrenos de riego destinados a pastos naturales y cereales.

Para las condiciones futuras de uso recomendado de los suelos,

en los cuales se elimina la mayor parte de estos pastos naturales y cereales, reemplazándolos por cultivos más intensivos ha sido posible estimar, en base a los mismos antecedentes fluviométricos, que la tasa efectiva aumentará a tipo 11.000 m³/há/año.

- Situación Actual del Regadío :

El abastecimiento actual de agua en general es satisfactorio presentando seguridades de riego no inferiores a tipo 85% de seguridad. Como excepciones a esto pueden mencionarse los siguientes sectores :

• Sector CA⁴ (tercera sección río Cachapoal).

De las 32.630 há en la actualidad sería posible regar con 85% de seguridad solamente alrededor de 26.300 há. En la práctica no se conoce a este sector como deficitario de agua de riego. La diferencia, con respecto a los valores dados por el modelo de simulación, puede deberse al hecho de que en el modelo se le dió la última prioridad de riego a este sector dentro de la hoya del río Cachapoal. Cabe también tener en cuenta que es posible que la tasa de riego a nivel de bocatoma de canales estimada para este sector, para las condiciones actuales, haya sido muy elevada. Debe tenerse presente también que este es el sector que presenta el mayor porcentaje de terrenos destinados a cereales y pastos naturales dentro de los sectores en que se ha subdividido la hoya del río Cachapoal. Para la situación futura los problemas de agua de este sector podrán resolverse, ya sea en base a la regulación de las aguas del río Cachapoal o bien a la ejecución de trasvases de agua desde el sur.

- Sector CL1 (Primera sección del río Claro de Rengo). Sector fuertemente deficitario de agua. De las 7.770 hás susceptibles de riego, en un año con 85% de seguridad sólo podría regar unas 2.070 há. Este resultado entregado por el modelo no considera sin embargo la operación del embalse Los Cristales y el proyecto de regadío que tiene en ejecución la Dirección de Riego, dicha situación será considerada en la operación futura del sistema.
- Sector ZA2 (Segunda sección del Estero Zamorano). De las 9.740 hás de riego que tiene este sector, en un año con 85% de seguridad sólo es posible abastecer 5.010 hás. Para satisfacer el regadío de las 4.730 hás restantes se propone estudiar un canal de trasvase desde el río Tinguiririca.
- Sector TI3 (Zona Baja río Tinguiririca). Sector fuertemente deficitario de agua. De las 21.600 hás de riego que tiene este sector sólo puede regarse en la actualidad 5.020 hás con 85% de seguridad. Para el sistema futuro se propone estudiar el regadío de las 16.580 hás restantes mediante un canal de trasvase desde el proyectado embalse Convento Viejo.
- Sector CV1 (Area actual de riego del proyecto Convento Viejo). De las 38.430 hás de riego que tiene en la actualidad este sector sólo es posible abastecer 17.520 hás con 85% de seguridad. Estos déficits podrán cubrirse en el futuro tanto mediante el canal de trasvase Teno-Chimbarongo ya construido y no considerado en este análisis, como mediante el proyecto de embalse Convento Viejo sobre el Estero Chimbarongo.

- Recursos de Agua para Yali-Alhué :

Se determinaron los excedentes de agua que presenta en la actualidad la hoya del río Cachapoal y que podrían ser utilizados para el regadío de la zona de Yali-Alhué. Se concluye que estos excedentes de agua son abundantes (43 m³/seg. promedio anual) pero para su aprovechamiento requieren ser regulados por tratarse principalmente de recursos de agua fuera de la temporada de riego.

2.- , DETERMINACION DE CONSUMOS Y TASAS EFECTIVAS EN LA HOYA DEL RIO RAPEL.

2.1 Determinación del Consumo Efectivo

Aún cuando no se dispone de corridas de aforo en esta hoya que permitan una buena determinación de lo que se ha denominado como la tasa efectiva (★) de la cuenca, es posible efectuar una evaluación aproximada utilizando para ello las estadísticas fluviométricas existentes en la cuenca.

Se parte de la base que en el período de verano, Octubre a Marzo inclusives, en el cual las precipitaciones sobre la hoya intermedia son nulas o muy escasas, la totalidad de los recursos de agua con que se cuenta para el regadío provienen de fuentes cordilleranas y todas ellas se encuentran directa o indirectamente controladas por estaciones fluviométricas. Por otra parte los caudales controlados en el extremo de aguas abajo de las hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, antes de su llegada al embalse Rapel deben corresponder a la diferencia entre los volúmenes afluentes y el consumo efectivo de agua en regadío durante dicho período. Dicho consumo efectivo debe ser igual a su vez al producto de la superficie de riego por la tasa efectiva de dicho período.

En el Cuadro Nº 1 se presenta la estadística correspondiente al período 1941-1975 de los caudales totales de verano afluentes a la hoya del río Cachapoal. Estos caudales se han obtenido por sumatoria directa de las siguientes estadísticas incluidas en el informe denominado "Análisis Hidrológico Hoya Río Rapel" :

(★) Análisis Recuperaciones Hoya Río Rapel.

- Río Cachapoal en Puente Termas
- Río Claro en Campamento
- Río Claro de Rengo en Hacienda Las Nieves
- Estero Antivero antes de las bocatomas de riego

En el Cuadro Nº 2 se presenta la estadística correspondiente al período 1941-1975 de los caudales totales de verano afluentes a la hoya del río Tinguiririca. Estos caudales se han obtenido por sumatoria directa de las siguientes estadísticas incluidas en el mismo informe ya referido :

- Río Tinguiririca en Bajo Los Briones
- Río Claro en el Valle
- Estero Chimbarongo en Convento Viejo

En el Cuadro Nº 3 se presenta la estadística para el período 1941-1975, de los caudales de salida de la hoya del río Cachapoal y que corresponde a la estación fluviométrica de Cachapoal en Puente Arqueado, situada poco aguas arriba del embalse Rapel.

En el Cuadro Nº 4 se presenta la estadística para el período 1941-1975, de los caudales de salida de la hoya del río Tinguiririca y que corresponde a la ubicación denominada Río Tinguiririca antes Estero Las Cadenas (ver "Análisis Hidro_lógico Hoya Río Rapel").

En base a los antecedentes anteriores, en los Cuadros Nº 5 y 6 se han calculado por diferencia los consumos efectivos de agua en riego, para las hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca respectivamente.

El consumo efectivo de agua en riego, total para la hoya del río Rapel, mes a mes, para el período Octubre-Marzo y para los 35 años estadísticos, 1941-1975, se obtiene por simple adición de los dos últimos cuadros citados. En el Cuadro Nº 7, se presenta el consumo efectivo total del período Octubre-Marzo para las hoyas del río Cachapoal, Tinguiririca y total hoya Rapel. En este cuadro los valores corresponden a la suma de los caudales en (m³/seg.) del consumo efectivo correspondiente a los seis meses que van de Octubre a Marzo inclusives. Para transformar estos valores en volúmenes de agua (m³) deben multiplicarse por $2,63 \times 10^6$ que es el número de segundos de un mes.

A objeto de verificar la variación anual del consumo efectivo total de la hoya en el período Octubre-Marzo, valor que no debería experimentar muy grandes fluctuaciones de un año a otro, se ha trazado en el gráfico Nº 1 dicho consumo efectivo total en función del año estadístico en que se produjo para todo el período 1941-1975.

De este gráfico es posible obtener las siguientes conclusiones:

- El consumo efectivo medio de la cuenca para el período Octubre-Marzo resulta ser de 850,21 m³/seg/mes, lo que expresado como volumen de agua es 2.236×10^6 m³.
- Este valor promedio presenta una desviación standard de 126,90 m³/seg/mes (333×10^6 m³), lo que representa el 15% del consumo efectivo.
- El punto anterior significa que el 67% de los datos estadísticos disponibles se sitúan en torno al promedio calculado con una diferencia de $\pm 15\%$. Si se considera un margen

de variación de $\pm 23\%$, el 95% de los datos estadísticos quedan situados en torno al promedio dentro de dicho rango. Dentro de los 35 años analizados hay sólo dos años erráticos, 1952 y 1968 quedan fuera de este rango.

- Cabe destacar que el promedio calculado para el consumo efectivo debe resultar bastante representativo por cuanto a pesar de haber sido obtenido en base a estadísticas fluviométricas su dispersión resulta bastante aceptable ya que las estadísticas mismas de las cuales se obtuvo este valor pueden contener errores que en ningún caso son inferiores a tipo 10%.

2.2 Determinación de Tasas Efectivas

En base a los consumos efectivos determinados en el punto anterior se calcularán a continuación las tasas efectivas que les corresponde. Para ello cabe tener en cuenta las siguientes consideraciones :

- Asimilando la distribución mensual de la tasa efectiva a la distribución mensual de las tasas de riego (correspondiente a la situación actual), determinadas en un informe anterior (x), se tiene que al período Octubre-Marzo le corresponde un 90% del consumo efectivo anual.
- En el cuadro siguiente se indican las superficies de riego de las hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, así como el to tal correspondiente a la hoya del río Rapel.

(x) "Demandas de Riego". Hoya Río Rapel.

	Praderas Naturales (Hás.)	Cereales (Hás.)	Cultivos Intensivos (Hás.)	Total (Hás.)
Cachapoal	32.183	20.717	97.549	150.449
Tinguiririca	28.992	16.448	58.408	103.848
T o t a l Rapel	61.175	37.165	155.957	254.297

En base a estas consideraciones y a los datos recopilados en el Cuadro Nº 7 anterior se obtienen las siguientes. tasas efectivas anuales para cada una de las hoyas consideradas.

Hoya	Tasa Efectiva Anual m3/hás./año
Cachapoal	9.000
Tinguiririca	10.880
Rapel	9.770

Estas tasas efectivas anuales corresponderían a la situación actual de aprovechamiento de los recursos de suelo y agua. Ellas representan un promedio ponderado de las que corresponderían a los diferentes tipos de uso del suelo. Cabe señalar que en conjunto la hoya del río Rapel presenta cerca de un 40% de la superficie de riego destinada a cereales y praderas naturales los cuales indudablemente deben presentar una tasa efectiva inferior a la correspondiente a cultivos más intensivos. Esto último se debe a que la temporada de riego de los cereales prácticamente termina en el mes de Noviembre, mientras que los pastos naturales se riegan sólo en la medida que se cuente con disponibilidades de agua suficiente.

Los antecedentes disponibles también permiten una estimación de la tasa efectiva anual correspondiente a cultivos intensivos. Para ello consideramos el consumo efectivo correspondiente al período crítico de abastecimiento de agua de riego de la hoya que son los meses de Diciembre y Enero. De acuerdo con los antecedentes señalados en los Cuadros N^o 5 y 6 que permiten calcular el consumo efectivo total de estos dos meses en la hoya del río Rapel y teniendo en cuenta las siguientes dos consideraciones :

- Asimilando la distribución mensual de la tasa efectiva a la distribución mensual de las tasas de riego (correspondiente a la situación actual) determinados en un informe anterior se tiene que al período Diciembre-Enero le corresponde un 41% del consumo efectivo anual.
- La estimación de las superficies que se riegan durante este período se calcula sobre la base de que ya no se riegan cereales y que por tratarse del período crítico, a los pastos naturales sólo se les suministra agua en un 50% de sus necesidades. Sobre estas bases la superficie de riego equivalente en este período en toda la hoya del río Rapel sería de 186.544 hás.

Resulta de estas consideraciones que la tasa efectiva anual de toda la hoya del río Rapel, correspondiente a cultivos intensivos, ascendería a 11.480 m³/há/año.

Se observa y como un hecho que llama la atención, la circunstancia que la hoya del río Tinguiririca presentaría, para las condiciones actuales, tasas efectivas ponderadas (uso actual de la tierra) superiores a los de la hoya del río Cachapoal. No se dispone de una explicación lógica de este hecho sobre todo si se considera que el porcentaje de

terrenos dedicados a cereales y pastos naturales en la hoya del río Tinguiririca (44%), es superior a la correspondiente de la hoya del río Cachapoal (35%). La explicación a esto debe encontrarse en la bondad del material estadístico disponible, estimándose de mayor bondad el correspondiente a la hoya del río Cachapoal y muy especialmente en lo que se refiere a los caudales efluentes de la hoya, medidos para este último en la sección fluviométrica de Cachapoal en Puente Arqueado y estimados para el Tinguiririca en la sección denominada Tinguiririca antes Estero Las Cadenas.

Como una ratificación a los ordenes de magnitud de las tasas efectivas ponderadas para la situación actual existentes en la hoya del río Rapel, es posible efectuar el siguiente cálculo simplificado, independiente de los valores anteriores y sólo como un promedio ponderado de tasas:

- Considerar que los cereales, dado su limitado período de riego, presentan una tasa efectiva igual a la mitad de la correspondiente a cultivos más intensivos.
- Considerar que los pastos naturales presentan también una tasa efectiva igual a la mitad de la correspondiente a cultivos más intensivos.
- Considerar que la tasa efectiva de cultivos intensivos es de 11.000 m³/há/año, según se determinó en un informe anterior de acuerdo con otros estudios de nuestra Oficina, para otras hoyas de la zona central del país y en las cuales el porcentaje de cereales y pastos naturales era considerablemente menor que el de la hoya del río Rapel.

De acuerdo con estas bases resultan las siguientes tasas efectivas ponderadas válidas para la situación actual de las hoyas que interesan :

Hoya	Tasa Efectiva Anual m ³ /há/año
Cachapoal	9.090
Tinguiririca	8.580
Rapel	8.880

De todo este análisis sobre tasas efectivas pueden desprenderse las siguientes conclusiones principales :

- Se ratificó la tasa efectiva de 11.000 m³/há/año para áreas correspondientes a cultivos más intensivos. Esta tasa ya había sido estimada anteriormente para hoyas con porcentajes más reducidos que la del Rapel en pastos naturales y cereales. Para la situación recomendada futura de la hoya del río Rapel dado el programa de cultivos propuestos, se justifica mantener como tasa efectiva los 11.000 m³/há/año ya referidos.
- Para la situación actual de la hoya del río Rapel puede considerarse como tasa efectiva ponderada un valor del orden de 9.000 m³/há/año.

C U A D R O N^o 1
=====

ENTRADA TOTAL CUENCA CACHAPOAL
(m3/seg)

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	174.70	178.70	270.00	321.20	272.00	184.50
1942	98.90	161.70	196.70	220.90	189.80	105.30
1943	106.40	131.80	173.70	173.50	137.80	71.40
1944	116.50	178.00	274.20	226.40	153.60	113.60
1945	83.90	72.40	127.60	144.40	142.60	109.60
1946	55.40	117.80	132.70	142.30	126.20	105.70
1947	71.10	123.10	125.70	99.10	97.00	53.20
1948	112.70	144.60	232.60	198.70	164.50	106.70
1949	85.00	114.30	111.20	111.60	88.60	76.60
1950	104.50	130.20	212.40	182.60	115.80	89.10
1951	101.80	142.20	190.90	171.70	116.80	88.10
1952	99.60	121.10	205.50	148.90	122.10	88.10
1953	113.60	186.20	272.80	228.10	170.50	125.80
1954	76.40	134.00	149.60	153.10	88.90	69.00
1955	70.80	127.30	133.20	100.90	88.60	59.60
1956	93.30	146.40	157.70	126.10	103.10	80.50
1957	83.40	131.90	162.90	131.10	92.00	73.10
1958	107.10	141.20	175.70	127.50	108.70	62.10
1959	102.30	165.40	239.20	178.00	125.10	80.30
1960	76.40	124.10	122.80	97.80	88.40	81.50
1961	162.60	228.70	252.50	159.30	129.20	90.90
1962	86.40	141.80	149.30	105.00	98.70	63.00
1963	127.30	157.50	298.30	290.00	173.80	99.60
1964	70.20	102.10	112.00	128.30	94.90	73.20
1965	128.30	210.90	203.10	267.40	160.70	122.80
1966	164.00	157.70	178.30	216.30	158.70	94.70
1967	85.90	126.10	175.20	142.70	119.80	71.90
1968	23.20	57.20	63.30	92.20	75.20	55.20
1969	55.20	161.00	235.80	128.00	87.90	61.20
1970	74.50	117.00	135.20	92.20	83.50	52.60
1971	126.50	195.60	180.50	160.50	96.30	53.70
1972	142.80	164.50	337.00	300.50	242.80	152.20
1973	68.20	156.90	188.50	159.80	119.00	69.30
1974	129.40	180.20	206.20	214.60	125.40	74.30
1975	87.90	142.90	175.10	169.80	108.50	64.50
Prom.	99.03	144.93	187.35	168.87	127.61	86.37

=====

C U A D R O N° 2
=====

ENTRADA TOTAL CUENCA TINGUIRIRICA
(m3/seg)

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	151.80	140.10	174.90	193.00	167.00	117.60
1942	87.70	131.60	128.60	134.40	118.10	66.90
1943	94.20	104.50	111.50	104.70	84.40	43.60
1944	106.80	146.10	178.00	137.10	94.40	74.60
1945	64.00	82.50	77.70	84.20	84.50	68.80
1946	45.00	80.90	78.00	81.40	74.70	66.10
1947	61.70	95.80	77.00	58.20	58.10	31.40
1948	103.30	117.70	152.50	117.20	98.30	69.10
1949	66.80	78.70	64.50	63.60	51.50	45.20
1950	87.80	104.30	138.60	107.80	69.20	54.70
1951	86.60	108.30	122.30	99.40	69.30	53.60
1952	78.70	87.30	112.60	84.40	71.10	53.20
1953	92.90	155.20	188.70	140.60	104.30	80.40
1954	63.10	98.80	91.20	92.30	52.60	41.60
1955	62.90	97.20	84.20	62.60	53.40	35.20
1956	80.80	112.60	99.00	74.40	62.20	50.20
1957	70.00	97.80	102.20	78.20	55.50	45.60
1958	90.00	105.30	108.70	74.50	63.80	37.00
1959	85.50	129.60	153.70	105.30	74.60	49.10
1960	64.90	99.50	81.70	74.70	65.90	51.20
1961	119.80	157.20	188.90	111.00	86.40	62.90
1962	74.70	95.50	92.40	61.30	57.40	39.70
1963	105.60	132.30	187.50	162.10	101.10	61.70
1964	63.70	72.50	72.90	75.50	59.70	43.20
1965	106.70	146.70	135.50	137.20	84.10	54.30
1966	102.00	137.60	136.00	132.20	100.00	61.10
1967	76.80	90.80	106.80	83.30	66.60	44.30
1968	17.30	33.20	35.80	49.70	43.30	31.10
1969	44.80	78.00	123.70	79.10	60.20	41.10
1970	61.50	84.30	87.10	56.30	49.00	34.30
1971	92.10	125.20	107.10	88.40	54.90	37.50
1972	104.60	128.60	199.40	175.20	107.50	72.30
1973	65.50	100.90	99.10	89.60	69.10	41.90
1974	76.10	102.80	112.40	111.70	70.20	45.80
1975	100.70	152.20	188.70	105.80	65.60	43.20
Prom.	81.61	108.90	119.97	99.61	75.66	52.84

=====

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	86.00	211.00	175.00	234.00	148.00	86.00
1942	38.00	92.00	113.00	116.00	59.00	48.00
1943	24.00	37.00	65.00	62.00	57.00	28.00
1944	54.00	101.00	153.00	97.00	118.00	41.00
1945	12.00	23.00	19.00	37.00	22.00	22.00
1946	9.00	6.00	8.00	24.00	11.00	15.00
1947	40.00	58.00	44.00	27.00	22.00	20.00
1948	56.00	81.00	136.00	84.00	27.00	26.00
1949	13.00	48.00	44.00	24.00	11.00	14.00
1950	32.00	72.00	96.00	71.00	8.00	7.00
1951	23.00	65.00	93.00	95.00	45.00	29.00
1952	19.00	14.00	66.00	27.00	20.00	7.00
1953	109.00	156.00	231.00	153.00	104.00	59.00
1954	20.00	51.00	70.00	90.00	22.00	25.00
1955	21.50	36.00	70.00	36.00	11.00	27.00
1956	17.50	31.00	34.00	24.50	17.00	15.80
1957	11.40	25.50	58.00	36.00	4.60	13.40
1958	50.00	73.00	77.00	52.00	27.50	22.00
1959	40.50	100.00	146.00	112.00	36.00	29.50
1960	17.00	39.50	56.00	20.50	12.00	66.00
1961	89.00	110.00	142.00	74.00	43.00	24.50
1962	30.00	48.00	48.00	8.90	5.30	24.00
1963	52.00	76.00	213.00	232.00	52.00	39.00
1964	7.70	9.40	36.00	14.80	5.90	14.20
1965	75.00	146.00	140.00	148.00	55.50	37.00
1966	67.50	96.30	101.00	95.70	69.00	43.40
1967	24.70	39.60	88.00	53.90	31.70	30.90
1968	2.10	0.50	0.10	3.60	4.00	3.60
1969	4.60	26.60	127.00	59.50	19.50	21.10
1970	21.70	36.40	42.00	8.90	4.50	14.70
1971	60.50	103.00	100.00	68.40	18.00	26.20
1972	159.00	162.00	263.00	296.00	165.00	99.10
1973	51.50	89.40	98.60	83.50	58.20	42.70
1974	73.20	105.00	131.00	144.00	68.20	32.90
1975	77.20	63.90	91.10	59.50	22.30	20.50
Prom.	42.53	69.49	96.42	79.22	40.12	30.70

C U A D R O No 4
=====

SALIDA CUENCA TINGUIRIRICA
(m3/seg)

Año	Oot	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	57.00	92.00	61.00	75.00	41.00	33.00
1942	25.00	49.00	49.00	47.00	18.00	19.00
1943	17.00	14.00	26.00	27.00	22.00	8.00
1944	40.00	52.00	67.00	35.00	39.00	14.00
1945	11.00	10.00	11.00	12.00	8.00	9.00
1946	6.00	5.00	5.00	6.00	4.00	6.00
1947	28.00	28.00	16.00	6.00	5.00	5.00
1948	40.00	37.00	56.00	28.00	7.00	7.00
1949	6.00	12.00	9.00	3.00	2.00	3.00
1950	16.00	30.00	34.00	22.00	2.00	3.00
1951	12.00	29.00	35.00	34.00	10.00	7.00
1952	9.00	6.00	17.00	5.00	4.00	3.00
1953	71.00	69.00	86.00	48.00	28.00	21.00
1954	10.00	19.00	22.00	26.00	5.00	5.00
1955	15.00	24.00	20.00	9.00	4.00	8.00
1956	16.00	17.00	16.00	7.00	5.00	5.00
1957	7.00	8.00	14.00	5.00	2.00	3.00
1958	38.00	37.00	25.00	10.00	3.00	2.00
1959	20.00	44.00	59.00	38.00	6.00	5.00
1960	11.00	12.00	16.00	3.00	3.00	23.00
1961	74.00	65.00	62.00	23.00	9.00	7.00
1962	13.00	13.00	12.00	4.00	4.00	6.00
1963	51.00	78.00	94.00	78.00	21.00	10.00
1964	8.00	5.00	17.00	5.00	2.00	2.00
1965	51.00	78.00	75.00	54.00	21.00	10.00
1966	42.00	57.00	61.00	45.00	23.00	10.00
1967	28.00	17.00	25.00	10.00	5.00	7.00
1968	2.00	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00
1969	3.00	10.00	44.00	13.00	1.00	3.00
1970	9.00	17.00	14.00	2.00	1.00	1.00
1971	30.00	45.00	38.00	22.00	3.00	6.00
1972	89.00	57.00	126.00	107.00	58.00	37.00
1973	31.00	37.00	33.00	19.00	5.00	6.00
1974	37.00	39.00	52.00	39.00	15.00	4.00
1975	43.00	95.00	123.00	33.00	4.00	3.00
Prom.	27.60	34.49	40.57	25.74	11.17	8.63

=====

C U A D R O N^o 5
=====

CONSUMO EFECTIVO CUENCA CACHAPOAL
(m³/seg)

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	(88.70)	(-32.30)	(95.00)	(87.20)	(124.00)	(98.50)
1942	60.90	69.70	83.70	104.90	130.80	57.30
1943	82.40	94.80	108.70	111.50	80.80	43.40
1944	62.50	77.00	121.20	129.40	35.60	72.60
1945	71.90	49.40	108.60	107.40	120.60	87.60
1946	46.40	111.80	124.70	118.30	115.20	90.70
1947	31.10	65.10	81.70	72.10	75.00	33.20
1948	56.70	63.60	96.60	114.70	137.50	80.70
1949	72.00	66.30	67.20	87.60	77.60	62.60
1950	72.50	58.20	116.40	111.60	107.80	82.10
1951	78.80	77.20	97.90	76.70	71.80	59.10
1952	80.60	107.10	139.50	121.90	102.10	81.10
1953	4.60	30.20	41.80	75.10	66.50	66.80
1954	56.40	83.00	79.60	63.10	66.90	44.00
1955	49.30	91.30	63.20	64.90	77.60	32.60
1956	75.80	115.40	123.70	101.60	86.10	64.70
1957	72.00	106.40	104.90	95.10	87.40	59.70
1958	57.10	68.20	98.70	75.50	81.20	40.10
1959	61.80	65.40	93.20	66.00	89.10	50.80
1960	59.40	84.60	66.80	77.30	76.40	15.50
1961	73.60	118.70	110.50	85.30	86.20	66.40
1962	56.40	93.80	101.30	96.10	93.40	39.00
1963	75.30	81.50	85.30	58.00	121.80	60.60
1964	62.50	92.70	76.00	113.50	89.00	59.00
1965	53.30	64.90	63.10	119.40	105.20	85.80
1966	96.50	61.40	77.30	120.60	89.70	51.30
1967	61.20	86.50	87.20	88.80	88.10	41.00
1968	21.10	56.70	63.20	88.60	71.20	51.60
1969	50.60	134.40	108.80	68.50	68.40	40.10
1970	52.80	80.60	93.20	83.30	79.00	37.90
1971	66.00	92.60	80.50	92.10	78.30	27.50
1972	(-46.20)	(-2.50)	(74.00)	(4.50)	(77.80)	(53.10)
1973	16.70	67.50	89.90	76.30	60.80	26.60
1974	56.20	75.20	75.20	70.60	57.20	41.40
1975	10.70	79.00	84.00	110.30	86.20	44.00
Prom.	56.50	75.44	90.93	89.65	87.49	55.67

=====

C U A D R O N° 6
=====

CONSUMO EFECTIVO CUENCA TINGUIRIRICA
(m3/seg)

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1941	94.80	48.10	113.90	118.00	126.00	84.60
1942	62.70	82.60	79.60	87.40	100.10	47.90
1943	77.20	90.50	85.50	77.70	62.40	35.60
1944	66.80	94.10	111.00	102.10	55.40	60.60
1945	53.00	72.50	66.70	72.20	76.50	59.80
1946	39.00	75.90	73.00	75.40	70.70	60.10
1947	33.70	67.80	61.00	52.20	53.10	26.40
1948	63.30	80.70	96.50	89.20	91.30	62.10
1949	60.80	66.70	55.50	60.60	49.50	42.20
1950	71.80	74.30	104.60	85.80	67.20	51.70
1951	74.60	79.30	87.30	65.40	59.30	46.60
1952	69.70	81.30	95.60	79.40	67.10	50.20
1953	21.90	86.20	102.70	92.60	76.30	59.40
1954	53.10	79.80	69.20	66.30	47.60	36.60
1955	47.90	73.20	64.20	53.60	49.40	27.20
1956	64.80	95.60	83.00	67.40	57.20	45.20
1957	63.00	89.80	88.20	73.20	53.50	42.60
1958	52.00	68.30	83.70	64.50	60.80	35.00
1959	65.50	85.60	94.70	67.30	68.60	44.10
1960	53.90	87.50	65.70	71.70	62.90	28.20
1961	45.80	92.20	126.90	88.00	77.40	55.90
1962	61.70	82.50	80.40	57.30	53.40	33.70
1963	54.60	54.30	93.50	84.10	80.10	51.70
1964	55.70	67.50	55.90	70.50	57.70	41.20
1965	55.70	68.70	60.50	83.20	63.10	44.30
1966	60.00	80.60	75.00	87.20	77.00	51.20
1967	48.80	73.80	81.80	73.30	61.60	37.30
1968	15.30	33.20	35.80	48.70	42.30	30.10
1969	41.80	68.00	79.70	66.10	59.20	38.10
1970	52.50	67.30	73.10	54.30	48.00	33.30
1971	62.10	80.20	69.10	66.40	51.90	31.50
1972	(15.60)	(71.60)	(73.40)	(68.20)	(49.50)	(35.30)
1973	34.50	63.90	66.10	70.60	64.10	35.90
1974	39.10	63.80	60.40	72.70	55.20	41.80
1975	57.70	57.20	65.70	72.80	61.60	40.20
Prom.	54.01	74.42	79.40	73.87	64.49	44.21

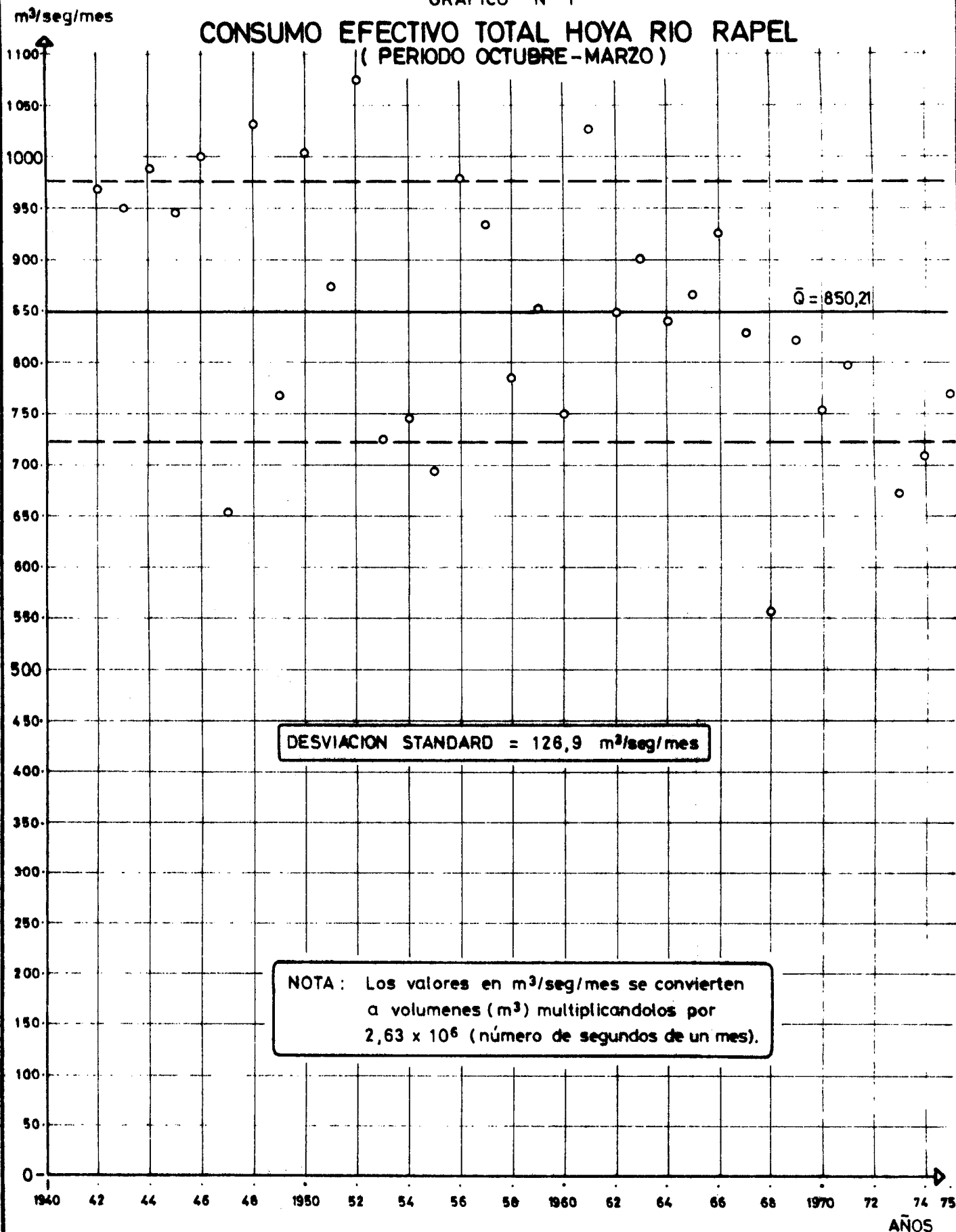
C U A D R O N° 7

CONSUMO EFECTIVO TOTAL
(PERIODO OCTUBRE-MARZO)

m3/seg/mes

Año	Cachapoal	Tinguiririca	Rapel
1941	-	-	-
1942	507.30	460.30	967.60
1943	521.60	428.90	950.50
1944	498.30	490.00	988.30
1945	545.50	400.70	946.20
1946	607.10	394.10	1001.20
1947	358.20	294.20	652.40
1948	549.80	483.10	1032.90
1949	433.30	335.10	768.40
1950	548.60	455.40	1004.00
1951	461.50	412.50	874.00
1952	632.30	443.30	1075.60
1953	285.00	439.10	724.10
1954	393.00	352.60	745.60
1955	378.90	315.50	694.40
1956	567.30	413.20	980.50
1957	525.30	410.30	935.60
1958	420.80	364.30	785.10
1959	426.30	425.80	852.10
1960	380.00	369.90	749.90
1961	540.70	486.20	1026.90
1962	480.00	369.00	849.00
1963	482.50	418.30	900.80
1964	492.70	348.50	841.20
1965	491.70	375.50	867.20
1966	496.80	430.90	927.70
1967	452.80	376.60	829.40
1968	352.40	205.40	557.80
1969	470.80	352.90	823.70
1970	426.80	328.50	755.30
1971	437.00	361.20	798.20
1972	-	-	-
1973	337.80	335.10	672.90
1974	375.80	333.00	708.80
1975	414.20	355.20	769.40
Prom.	463.40	386.81	850.21

CONSUMO EFECTIVO TOTAL HOYA RIO RAPEL (PERIODO OCTUBRE - MARZO)



3.- OPERACION DEL MODELO PARA LA SITUACION ACTUAL

3.1 Aspectos Generales

El modelo de simulación hídrico preparado para la hoya del río Rapel, cuya descripción se presenta en otro capítulo de este estudio, se ha aplicado a las condiciones actuales de la cuenca a objeto de obtener un conocimiento cuantitativo de la situación actual del regadío en cada uno de los sectores en que se ha dividido la hoya del río Rapel. Las condiciones actuales consideradas se refieren básicamente a dos aspectos, a saber : La infraestructura existente de riego, que dice relación con la red de canales y obras existentes para el aprovechamiento de los recursos de agua. El otro aspecto lo constituye el uso actual de los suelos y la tecnificación de regadío existente. Estas dos materias han sido tratadas en informes anteriores y las conclusiones obtenidas de dichos análisis se aplican ahora para mostrar la real situación del riego en la hoya del río Rapel.

Se presentan a continuación las bases principales adaptadas para este análisis y posteriormente los resultados obtenidos con el procesamiento del modelo de simulación.

Para las condiciones que se han considerado como actuales para la hoya no se considera ningún embalse de regulación con excepción del embalse Rapel que sólo recoge los efluentes finales de los ríos Cachapoal y Tinguiririca. Para el río Claro de Rengo se considera la situación existente antes de la construcción del embalse Los Cristales.

Cabe señalar, según se ha hecho presente en otros informes de este estudio, que no se ha considerado la operación de los embalses subterráneos existentes en la cuenca dado que no se dispone de los antecedentes de terreno necesarios para una cabal evaluación de sus características y conocimiento de la forma en que operan. Esta prescindencia de la regulación subterránea constituye una ficción que en todo caso debe producir errores no muy importantes y por el lado de la seguridad.

Como resultado de la operación del modelo se obtienen las superficies que podrían regarse durante cada uno de los meses del período 1941-1975 en cada uno de los doce sectores en que se ha subdividido la hoya.

3.2 Bases Consideradas

La información básica entregada al modelo de simulación como datos de entrada para su operación bajo condiciones actuales es la siguiente :

- Estadísticas fluviométricas:

Esta información corresponde a las estadísticas incluidas en el informe denominado "Análisis Hidrológico. Hoya Río Rapel" y enumeradas en el punto 2.1 anterior. A ellas se agregan solamente las estadísticas de las hoyas intermedias de los ríos Cachapoal y Tinguiririca que aportan fundamentalmente recursos de invierno, y que son controlados en los nodos 6 y 15 respectivamente. Se agrega además, la hoya baja de la Central Hidroeléctrica Rapel situada aguas abajo de los nodos 6 y 15. De esta última estadística se toman solamente los valores del período Mayo-Agosto por

- cuanto los caudales de los meses restantes corresponden fundamentalmente a recuperaciones de riego que el modelo calcula separadamente.

- Superficies demandantes de riego :

Se reproducen a continuación en el Cuadro Nº 8, las superficies actuales de riego de cada uno de los sectores según fueron evaluadas en un informe anterior. Se trata de superficies netas de riego habiéndose descontado ya las superficies no productivas e indirectamente productivas.

La superficie de riego total actual de la hoya es de 254.300 hás.

- Tasas brutas de riego :

Las tasas de riego a nivel de bocatoma de canales, para cada uno de los sectores, obtenidas agregando un 10% por concepto de pérdidas de agua en las conducciones a las tasas de riego a nivel predial, se indican también en el Cuadro Nº 8 (Tasas Brutas de Riego). Estas tasas fueron calculadas de acuerdo con la situación actual del uso de la tierra y considerando una eficiencia de riego de 0,30 estimada para la tecnificación actual del regadío existente en la hoya.

- Tasa equivalente de riego :

La tasa equivalente de riego, según se detalló en el informe "Análisis de Recuperaciones". Hoya Río Rapel", se define como aquella necesaria en la bocatoma de canales de cada sector, para satisfacer normalmente el regadío de cada uno de ellos, teniendo en cuenta el reuso interno de las aguas que se hace en cada sector. Esta tasa, que es determinada por el modelo según la metodología indicada

en el informe referido, tiene en cuenta el uso que se hace de las recuperaciones de regadío provenientes del riego del propio sector. Las tasas equivalentes de cada sector, para la situación actual, se presentan también en el Cuadro Nº 8. El modelo de simulación determina también los excedentes de recuperaciones de cada sector, distribuyéndolos para su reuso en los sectores situados más aguas abajo.

- Tasa efectivo de riego :

Para el efecto del cálculo de las recuperaciones provenientes del regadío se ha considerado una tasa efectiva (agua realmente consumida o perdida) de 9.000 m³/há/año, de acuerdo con el análisis efectuado en el capítulo anterior.

- Distribución Mensual Tasas de Riego :

La distribución mensual de las tasas de riego considerada para las condiciones actuales y según se detalló en el informe de nominado "Demandas de Riego". Hoya Río Rapel", es la siguiente expresada como porcentaje de la demanda total anual :

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
0.013	0.013	0.013	0.013	0.030	0.080	0.140	0.200	0.210	0.175	0.090	0.023

- Distribución de las aguas :

La distribución de los recursos de agua disponibles para satisfacer las necesidades de los diferentes sectores se ha efectuado en el modelo sin tener en cuenta la distribución actual de derechos de agua de los diferentes canales. Se ha seguido el criterio de satisfacer primero las demandas de los sectores más altos de la hoya y continuar atendiendo las necesidades, de acuerdo con las disponibilidades, de los sectores siguientes hacia aguas abajo. De esta forma los déficits de agua se van concentrando, siempre que se producen, en los sectores más bajos de la hoya.

3.3 Resultados obtenidos para la temporada de Riego

Los principales resultados obtenidos de la operación del modelo de simulación son los siguientes :

- En el Cuadro N^o 9 se presentan las superficies que es posible regar en cada uno de los doce sectores de la hoya de acuerdo con los recursos de agua disponibles en cada uno de los años estadísticos del período 1941-1975. Estas superficies corresponden, dentro de cada año estadístico, al menor valor de la superficie que es posible abastecer cada mes.
- En el Cuadro N^o 10 se presentan, para cada uno de los sectores, las superficies posibles de regar en cada año estadístico, ordenadas de mayor a menor, habiéndoseles asignado a cada una un número de orden correlativo (m). La seguridad de riego correspondiente a cada número de orden m se considera igual al cuociente entre dicho valor m y el número de datos estadísticos más uno.
- Desde el punto de vista de la seguridad de riego los años estadísticos más secos para todos los sectores de la hoya corresponden a 1968 y 1970 con un 97,2% y 94,4% de seguridad respectivamente. El año 1969 presenta una seguridad de riego del orden de 75%. Se considera que la probabilidad de ocurrencia de años tan secos como 1968 y 1970 debe ser mucho menor que la que aparece en el corto período de 35 años analizados.
- Sector CA1 (ribera norte primera sección río Cachapoal). Este sector en la práctica se considera como bien regado. El modelo indica para él una seguridad de riego de 61% con dotación completa. Debe considerarse en todo caso que con

una reducción en las demandas no superiores a tipo 15% este sector puede regarse incluso con seguridad 85%. La aparente discrepancia entre los valores entregados por el modelo y la experiencia práctica que se tiene en la zona, puede deberse a una sobre-estimación de la tasa actual de riego a nivel de bocatoma de canales considerada para este sector. Para la situación recomendada futura en que, por un mejoramiento de las eficiencias de riego se consulta reducir las tasas de riego a nivel de bocatoma de canales, se eliminarán los pequeños déficits existentes.

- Sector CA2 (ribera sur primera sección río Cachapoal).

Para este sector son válidas las mismas consideraciones sobre seguridades de riego planteadas para CA1.

- Sector CA3 (segunda sección del río Cachapoal).

Este sector cuenta en la actualidad con recursos de agua abundantes provenientes de las recuperaciones de riego del sector CA1. Su seguridad de riego resulta ser cercana al 95%. En el período estadístico analizado sólo deja de regar la totalidad de la superficie el año 1968 y en dicho año bastaría con efectuar una reducción de las tasas no superior a un 12% durante el mes crítico para abastecer a toda el área demandante.

- Sector CA4 (tercera sección río Cachapoal).

En la práctica este sector se considera bien regado. El modelo indica para él una seguridad de riego de 61% con dotación completa. Para que este sector pudiera regarse con seguridad 85% debería consultarse una reducción en las tasas del período crítico de un 20%. Cabe considerar según las bases antes expuestas para la operación del modelo que a este sector se le dió la última prioridad de riego dentro de la hoya del río Cachapoal. En el año estadístico más seco (1968) ese sector sólo podría regar con dotación completa un 33% de su superficie.

- Sector CL1 (primera sección del río Claro de Rengo).
Este sector cuenta con pocos recursos de agua para regadío en relación con su superficie demandante. La superficie total sólo podría ser regada con un 6% de seguridad de riego. Con 85% de seguridad la superficie bien regada sería 2.070 há.s, es decir, un 27% del área total. En el año estadístico más seco sólo podría regar un 17% del área total. Cabe considerar que para la obtención de estos resultados no se ha considerado la operación del embalse Los Cristales y consiguiente proyecto de regadío en ejecución por parte de la Dirección de Riego. Esta situación será tomada en cuenta en la operación del sistema futuro.
- Sector CL2 (segunda sección del río Claro de Rengo)
Este sector no tiene problemas de agua y su superficie de riego se abastece totalmente durante todo el período estadístico considerado (seguridad de riego superior a 97%).
- Sector ZA1 (primera sección del Estero Zamorano)
Este sector no tiene problemas de agua y su superficie de riego se abastece totalmente durante todo el período estadístico considerado (seguridad de riego superior a 97%).
- Sector ZA2 (segunda sección del Estero Zamorano)
Este sector no cuenta con recursos abundantes para regadío. Su superficie total de riego puede ser abastecida sólo con un 6% de seguridad. En un año con 85% de seguridad de riego sólo puede atenderse una superficie de 5.010 há.s. (51% de la superficie total). En el año estadístico más seco la superficie bien regada se reduce a 3.300 há.s. (34% de la superficie total). Para la operación futura del sistema se consulta estudiar la ejecución de un trasvase desde el río Tinguiririca (Canal Tinguiririca-Zamorano) que resolvería los déficits actuales.

- Sector TI1 (zona alta ribera derecha río Tinguiririca)
Este sector no presenta en general déficits graves de agua. Si bien su seguridad de riego, con dotación completa, resulta ser de un 72%, con una reducción no superior a un 6% en las tasas de riego del período crítico, su seguridad de riego aumenta a un 85%. Para la situación futura deben desaparecer los pequeños déficits actuales debido a la reducción que se consulta en las tasas de riego motivada por una mayor eficiencia en el regadío.
- Sector TI2 (zona alta ribera izquierda río Tinguiririca)
Valen para este sector las mismas consideraciones para seguridad de riego planteadas para TI1.
- Sector TI3 (zona baja río Tinguiririca)
Este sector es bastante deficitario de agua para regadío. Su superficie total de riego sólo puede ser abastecida con un 33% de seguridad. Con seguridad 85% sólo puede abastecer, con dotación completa, una superficie de 5.020 há. (23% de la superficie total). En el año estadístico más seco sólo podría regar un 15% de la superficie total. Para el futuro se ha pensado estudiar un canal de trasvase desde el futuro embalse Convento Viejo (Canal Convento Viejo-Tinguiririca).
- Sector CV1 (área actual de riego del proyecto Convento Viejo)
Sector fuertemente deficitario para regadío permitiendo abastecer toda la superficie actual sólo con un 6% de seguridad. Con 85% de seguridad sólo permite abastecer, con dotación completa, una superficie de 17.520 há. (46% de la superficie total). En el año estadístico más seco sólo permitiría abastecer un 25% de la superficie total. Para el futuro se encuentra en estudio y parcialmente en construcción el Embalse Convento Viejo sobre el estero Chimbarongo, el que además de

regular los recursos del propio estero recibe aportes desde el río Teno a través del canal Teno-Chimbarongo, ya construido. El embalse Convento Viejo está destinado no sólo a mejorar el riego de los actuales terrenos sino también a incorporar al regadío nuevos terrenos de la zona costera.

3.4 Resultados obtenidos para la Temporada de Invierno

Para la temporada de invierno, abarcando el período de Abril a Septiembre inclusive, en la cual el riego no es significativo y sí son abundantes las precipitaciones sobre la hoya intermedia de la cuenca, es posible efectuar una verificación de la operación del modelo. El modelo calcula, en base a toda la información suministrada, los caudales efluentes de las hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, mes a mes para cada uno de los años estadísticos considerados. Estos caudales calculados por el modelo pueden compararse con las estadísticas obtenidas en base a caudales controlados en estaciones fluviométricas de ambas hoyas. Para el río Cachapoal se cuenta con la estadística en la estación fluviométrica de Cachapoal en Puente Arqueado, mientras que para el río Tinguiririca se han calculado caudales ("Análisis Hidrológico Hoya Río Rapel") para la sección denominada Tinguiririca antes Estero Las Cadenas.

En los Gráficos Nos. 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se comparan, para los efluentes del río Cachapoal, los caudales calculados por el modelo con los realmente observados en la estación de Puente Arqueado.

En los Gráficos Nos. 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se comparan los caudales calculados por el modelo con la estadística correspondiente al río Tinguiririca antes Estero Las Cadenas.

De esta comparación de valores se desprende para ambas hoyas que la diferencia entre valores calculados y observados no es en absoluto significativa y seguramente comprendida dentro del margen de error que presentan en general las estadísticas fluviométricas.

El porcentaje que representa la diferencia entre los caudales observados y calculados por el modelo, respecto de los caudales observados es en general pequeño para todos los meses. En el cuadro siguiente se indican los porcentajes promedio para cada mes para los afluentes de los ríos Cachapoal y Tinguiririca :

**DIFERENCIAS ENTRE CAUDALES OBSERVADOS
Y CALCULADOS**

(Valores en porcentaje respecto a
caudales observados)

Mes	Cachapoal	Tinguiririca
Abril	+ 9,0	- 63,2
Mayo	+ 8,2	+ 5,5
Junio	+ 2,1	+ 7,3
Julio	+ 0,9	+ 9,1
Agosto	+ 3,6	+ 6,1
Septiembre	+ 18,6	+ 1,9

Los valores más erráticos corresponden a los meses de Abril y Septiembre lo que seguramente se debe a la influencia de la utilización del agua en riego.

La buena concordancia obtenida no debe sorprender por cuanto el procedimiento general seguido para el cálculo de la estadística de los aportes de la hoya intermedia estuvo basado también en la determinación de diferencias entre los caudales efluentes de las hoyas y los de entrada a ellas proveniente de aporte de cordillera. Las diferencias deben corresponder a problemas relacionados con correlaciones y extensiones de estadísticas.

Como conclusión de este análisis puede señalarse que la operación del modelo durante la temporada de invierno se considera satisfactoria haciéndose presente que en todo caso los caudales calculados por el modelo resultan ligeramente inferiores a los observados.

3.5 Disponibilidad de agua para Yali-Alhué

En el Cuadro Nº 11 se presentan los caudales medios mensuales para el período estadístico 1941-1975 determinados por el modelo de simulación, que corresponden a excedentes de agua de riego de la hoya del río Cachapoal que podrían ser utilizados para el regadío de la zona Yali-Alhué. Estos excedentes estarían disponibles en la ubicación del nodo Nº 4 del modelo situado en la cabecera de la segunda sección del río Cachapoal.

Estos excedentes disponibles hacen ver que no es posible considerar el regadío directo de Yali-Alhué en base

a ellos por cuanto la seguridad de riego sería totalmente insuficiente. El total de recursos de agua disponible resulta ser sin embargo considerable, con un promedio anual de 43,7 m³/seg, correspondiendo principalmente a aguas de invierno.

El regadío de esta zona con estos recursos sólo podría ser efectuado regulando localmente las aguas de invierno o bien mediante una regulación del río Cachapoal como podría ser el embalse Collicura en la parte alta de dicho río.

C U A D R O N° 8
=====

SUPERFICIES Y TASAS DE RIEGO POR SECTORES

Sector	Superficie de Riego (Hás.)	(*)Tasa Equivalente de Riego (m3/há/año)	(*)Tasa Bruta de Riego (m3/há/año)
CA1	39.490	21.690	23.281
CA2	33.690	15.310	24.078
CA3	18.200	15.720	24.689
CA4	32.630	18.080	23.390
CL1	7.770	20.350	23.851
CL2	6.350	18.510	23.560
ZA1	2.580	23.030	23.530
ZA2	9.740	18.320	23.683
TI1	15.300	19.050	23.429
TI2	28.520	14.720	23.577
TI3	21.600	16.900	23.507
CV1	38.430	14.690	23.507

(*) Tasas a nivel de bocatoma de canales.

3.6 Generación Hidroeléctrica

El modelo de simulación ha permitido también determinar la generación hidroeléctrica de las centrales Sauzal, Sauzalito y Rapel, mes a mes, para cada uno de los 35 años estadísticos analizados.

Las generaciones medias anuales resultantes son las siguientes :

- Centrales Sauzal y Sauzalito en conjunto
 - . Generación media anual : $553 \times 10^6 \text{ KWH}$
 - . Generación de invierno (Abril-Septiembre): $236 \times 10^6 \text{ KWH}$
 - . Generación de verano (Octubre-Marzo): $317 \times 10^6 \text{ KWH}$
- Central Rapel
 - . Generación media anual : $806 \times 10^6 \text{ KWH}$
 - . Generación de invierno (Abril-Septiembre): $555 \times 10^6 \text{ KWH}$
 - . Generación de verano (Octubre-Marzo): $251 \times 10^6 \text{ KWH}$

C U A D R O N^o 9
=====

SUPERFICIES REGADAS ANUALMENTE MILES HA.

Año	CA1	CA2	CA3	CA4	CL1	CL2	ZA1	ZA2	TI1	TI2	TI3	CV1
1941	39.49	33.69	18.20	32.63	7.77	6.35	2.58	9.74	15.30	28.52	21.60	38.43
1942	39.49	33.69	18.20	32.63	6.60	6.35	2.58	8.85	15.30	28.52	21.60	30.57
1943	39.49	33.69	18.20	32.63	3.59	6.35	2.58	6.46	15.30	28.52	19.56	26.23
1944	39.49	33.69	18.20	32.63	6.20	6.35	2.58	8.59	15.30	28.52	21.60	30.47
1945	30.84	26.31	18.20	28.41	4.37	6.35	2.58	7.07	15.30	28.52	13.23	21.71
1946	39.49	33.69	18.20	32.63	4.37	6.35	2.58	7.07	15.30	28.52	12.53	22.05
1947	33.53	28.60	18.20	24.12	1.87	6.35	2.58	4.81	13.38	24.94	4.65	16.54
1948	39.49	33.69	18.20	32.63	6.86	6.35	2.58	9.08	15.30	28.52	21.60	28.78
1949	36.34	31.00	18.20	26.84	1.92	6.35	2.58	4.92	14.41	26.86	5.01	17.07
1950	39.49	33.69	18.20	32.63	3.62	6.35	2.58	6.54	15.30	28.52	14.32	22.60
1951	39.49	33.69	18.20	32.63	3.69	6.35	2.58	6.54	15.30	28.52	14.32	22.70
1952	39.49	33.69	18.20	32.63	3.98	6.35	2.58	6.79	15.30	28.52	15.21	22.05
1953	39.49	33.69	18.20	32.63	7.01	6.35	2.58	9.16	15.30	28.52	21.60	29.89
1954	36.34	31.00	18.20	26.98	2.07	6.35	2.58	5.01	14.44	26.92	5.02	18.12
1955	34.10	29.09	18.20	24.93	1.92	6.35	2.58	4.96	14.57	27.16	5.06	17.23
1956	39.49	33.69	18.20	32.63	3.03	6.35	2.58	6.05	15.30	28.52	8.55	21.03
1957	37.60	32.07	18.20	28.41	2.14	6.35	2.58	5.27	15.15	28.24	5.27	19.33
1958	39.49	33.69	18.20	32.63	2.58	6.35	2.58	5.66	15.30	28.52	10.03	20.27
1959	39.49	33.69	18.20	32.63	4.28	6.35	2.58	7.03	15.30	28.52	17.52	24.44
1960	31.62	26.97	18.20	23.94	3.32	6.35	2.58	6.29	15.30	28.52	9.44	21.12
1961	39.49	33.69	18.20	32.63	3.32	6.35	2.58	6.29	15.30	28.52	21.60	27.81
1962	35.07	29.92	18.20	26.35	2.44	6.35	2.58	5.46	14.05	26.19	4.88	17.52
1963	39.49	33.69	18.20	32.63	6.89	6.35	2.58	9.01	15.30	28.52	21.60	27.76
1964	37.24	31.77	18.20	29.71	2.80	6.35	2.58	5.80	15.21	28.35	5.29	19.24
1965	39.49	33.69	18.20	32.63	5.68	6.35	2.58	8.18	15.30	28.52	21.60	25.46
1966	39.49	33.69	18.20	32.63	5.90	6.35	2.58	8.34	15.30	28.52	21.60	28.70
1967	39.49	33.69	18.20	32.63	2.80	6.35	2.58	5.80	15.30	28.52	12.01	22.60
1968	19.95	17.02	16.10	10.84	1.33	6.35	2.58	3.30	9.04	16.86	3.14	9.69
1969	35.52	30.30	18.20	26.67	2.44	6.35	2.58	5.56	15.30	28.52	9.79	18.61
1970	30.61	26.11	18.20	21.55	1.92	6.35	2.58	4.72	12.62	23.53	4.39	16.51
1971	39.32	33.55	18.20	30.25	2.15	6.35	2.58	5.30	14.92	27.82	5.19	19.27
1972	39.49	33.69	18.20	32.63	7.77	6.35	2.58	9.74	15.30	28.52	21.60	19.94
1973	39.49	33.69	18.20	32.63	4.58	6.35	2.58	7.20	15.30	28.52	18.68	17.49
1974	39.49	33.69	18.20	32.63	3.69	6.35	2.58	6.54	15.30	28.52	14.24	23.72
1975	39.49	33.69	18.20	32.63	3.47	6.35	2.58	6.38	15.30	28.52	9.53	24.44

C U A D R O N o 10
=====

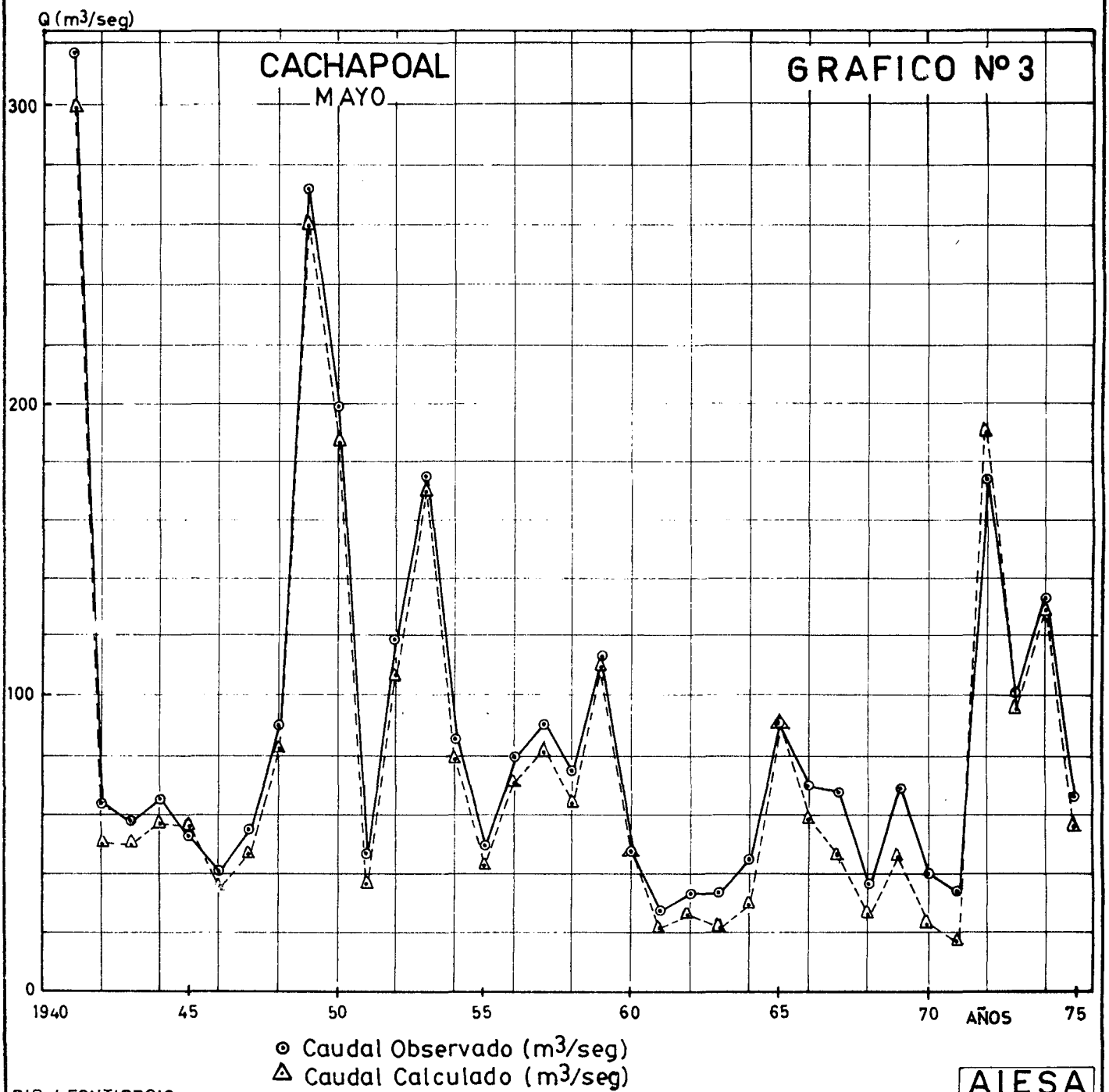
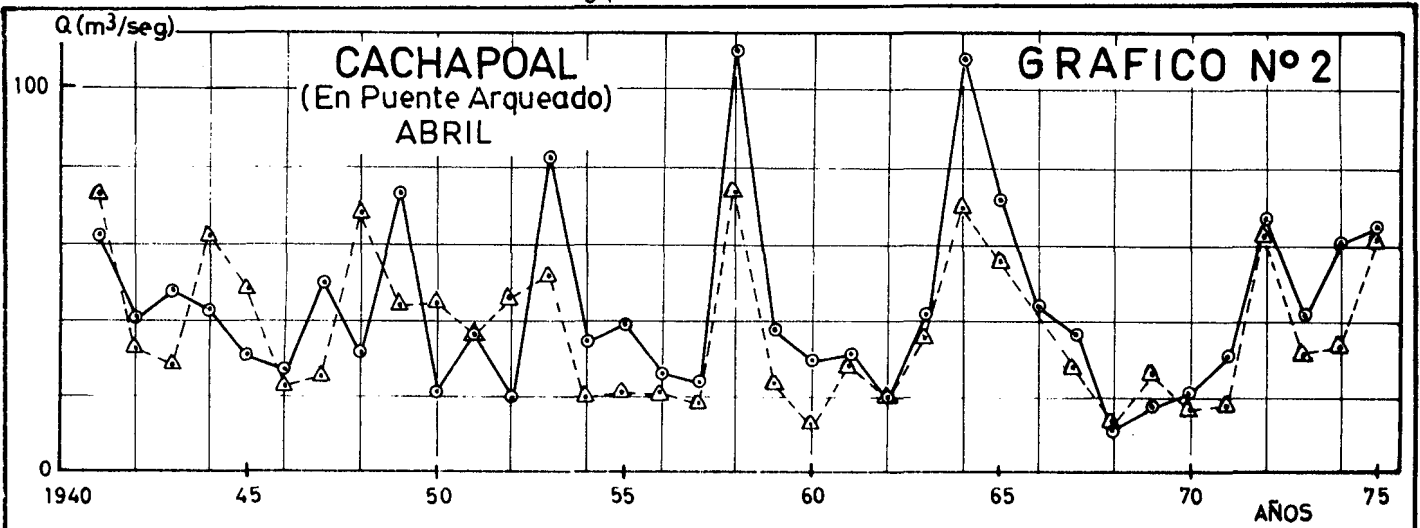
SUPERFICIES ANUALES REGADAS ORDENADAS MILES HA.

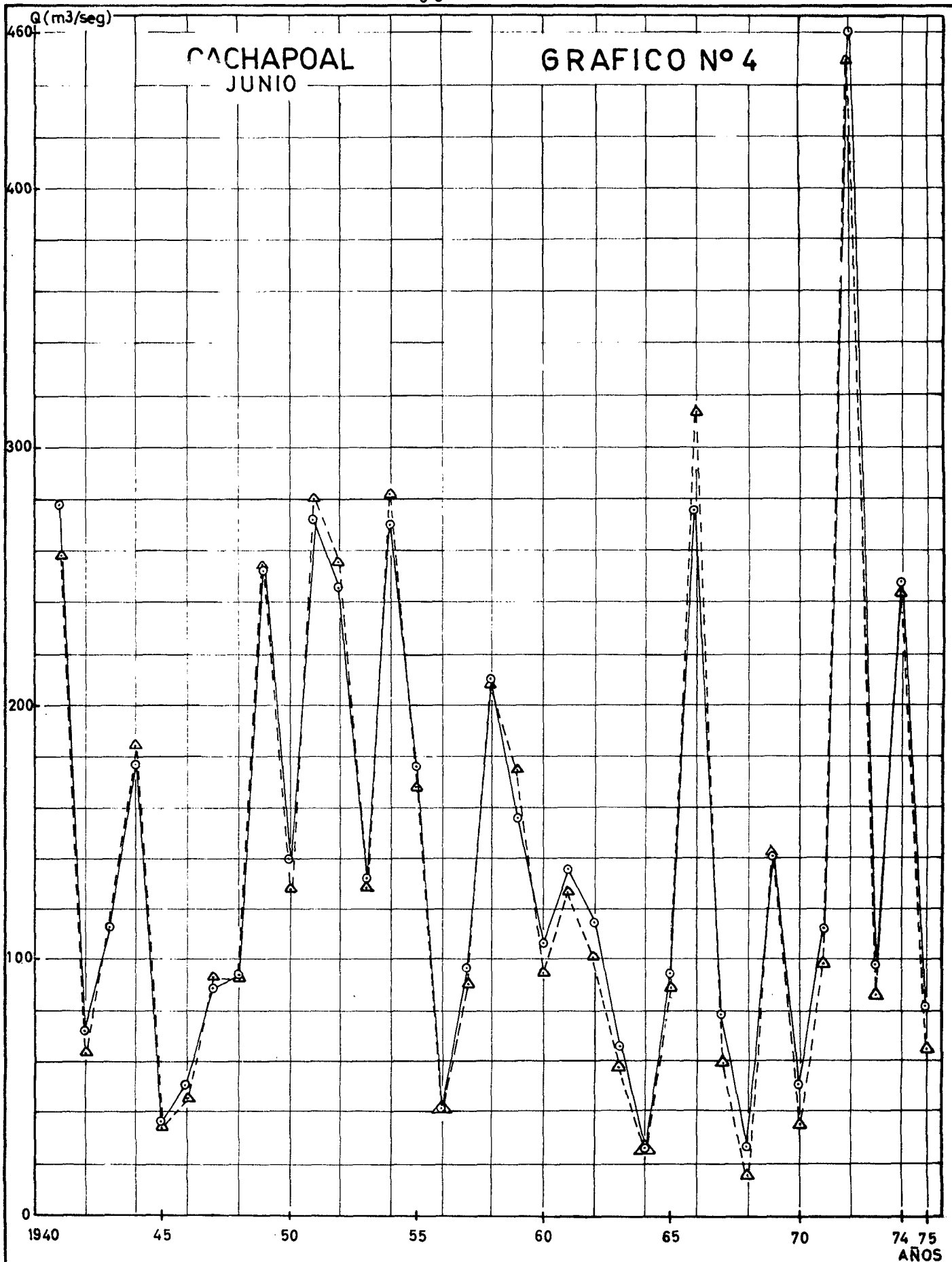
	CA1	CA2	CA3	CA4	CL1	CL2	ZA1	ZA2	TI1	TI2	TI3	CVI
1	39.49	33.69	18.20	32.63	7.77	6.35	2.58	9.74	15.30	28.52	21.60	38.43
2	39.49	33.69	18.20	32.63	7.77	6.35	2.58	9.74	15.30	28.52	21.60	38.43
3	39.49	33.69	18.20	32.63	7.01	6.35	2.58	9.16	15.30	28.52	21.60	30.57
4	39.49	33.69	18.20	32.63	6.89	6.35	2.58	9.08	15.30	28.52	21.60	30.57
5	39.49	33.69	18.20	32.63	6.86	6.35	2.58	9.01	15.30	28.52	21.60	30.47
6	39.49	33.69	18.20	32.63	6.60	6.35	2.58	8.85	15.30	28.52	21.60	30.47
7	39.49	33.69	18.20	32.63	6.60	6.35	2.58	8.85	15.30	28.52	21.60	29.89
8	39.49	33.69	18.20	32.63	6.20	6.35	2.58	8.59	15.30	28.52	21.60	28.78
9	39.49	33.69	18.20	32.63	6.20	6.35	2.58	8.59	15.30	28.52	21.60	28.70
10	39.49	33.69	18.20	32.63	5.90	6.35	2.58	8.34	15.30	28.52	21.60	27.81
11	39.49	33.69	18.20	32.63	5.68	6.35	2.58	8.18	15.30	28.52	21.60	27.76
12	39.49	33.69	18.20	32.63	4.37	6.35	2.58	7.07	15.30	28.52	21.60	26.23
13	39.49	33.69	18.20	32.63	4.37	6.35	2.58	7.07	15.30	28.52	19.56	26.23
14	39.49	33.69	18.20	32.63	4.37	6.35	2.58	7.07	15.30	28.52	19.56	25.46
15	39.49	33.69	18.20	32.63	4.28	6.35	2.58	7.03	15.30	28.52	17.52	24.44
16	39.49	33.69	18.20	32.63	3.98	6.35	2.58	6.79	15.30	28.52	15.21	22.70
17	39.49	33.69	18.20	32.63	3.69	6.35	2.58	6.54	15.30	28.52	14.32	22.60
18	39.49	33.69	18.20	32.63	3.62	6.35	2.58	6.54	15.30	28.52	14.32	22.60
19	39.49	33.69	18.20	32.63	3.59	6.35	2.58	6.46	15.30	28.52	13.23	22.05
20	39.49	33.69	18.20	32.63	3.59	6.35	2.58	6.46	15.30	28.52	13.23	22.05
21	39.49	33.69	18.20	32.63	3.32	6.35	2.58	6.29	15.30	28.52	12.53	21.71
22	39.49	33.69	18.20	32.63	3.32	6.35	2.58	6.29	15.30	28.52	12.01	21.71
23	37.60	32.07	18.20	29.71	3.03	6.35	2.58	6.05	15.30	28.52	10.03	21.12
24	37.24	31.77	18.20	28.41	2.80	6.35	2.58	5.80	15.30	28.52	9.79	21.03
25	36.34	31.00	18.20	28.41	2.80	6.35	2.58	5.80	15.30	28.52	9.44	20.27
26	36.34	31.00	18.20	28.41	2.58	6.35	2.58	5.66	15.30	28.52	8.55	19.33
27	35.52	30.30	18.20	26.98	2.44	6.35	2.58	5.56	15.21	28.35	5.29	19.24
28	35.07	29.92	18.20	26.84	2.44	6.35	2.58	5.46	15.15	28.24	5.27	18.61
29	34.10	29.09	18.20	26.67	2.14	6.35	2.58	5.27	14.57	27.16	5.06	18.12
30	33.53	28.50	18.20	26.35	2.07	6.35	2.58	5.01	14.44	26.92	5.02	17.52
31	31.62	26.97	18.20	24.93	1.92	6.35	2.58	4.96	14.41	26.86	5.01	17.23
32	30.84	26.31	18.20	24.12	1.92	6.35	2.58	4.92	14.05	26.19	4.88	17.07
33	30.84	26.31	18.20	23.94	1.92	6.35	2.58	4.81	13.38	24.94	4.65	16.54
34	30.61	26.11	18.20	21.55	1.87	6.35	2.58	4.72	12.62	23.53	4.39	15.51
35	19.95	17.02	16.10	19.84	1.33	6.35	2.58	3.30	9.04	16.86	3.14	9.69

C U D R O N° 11

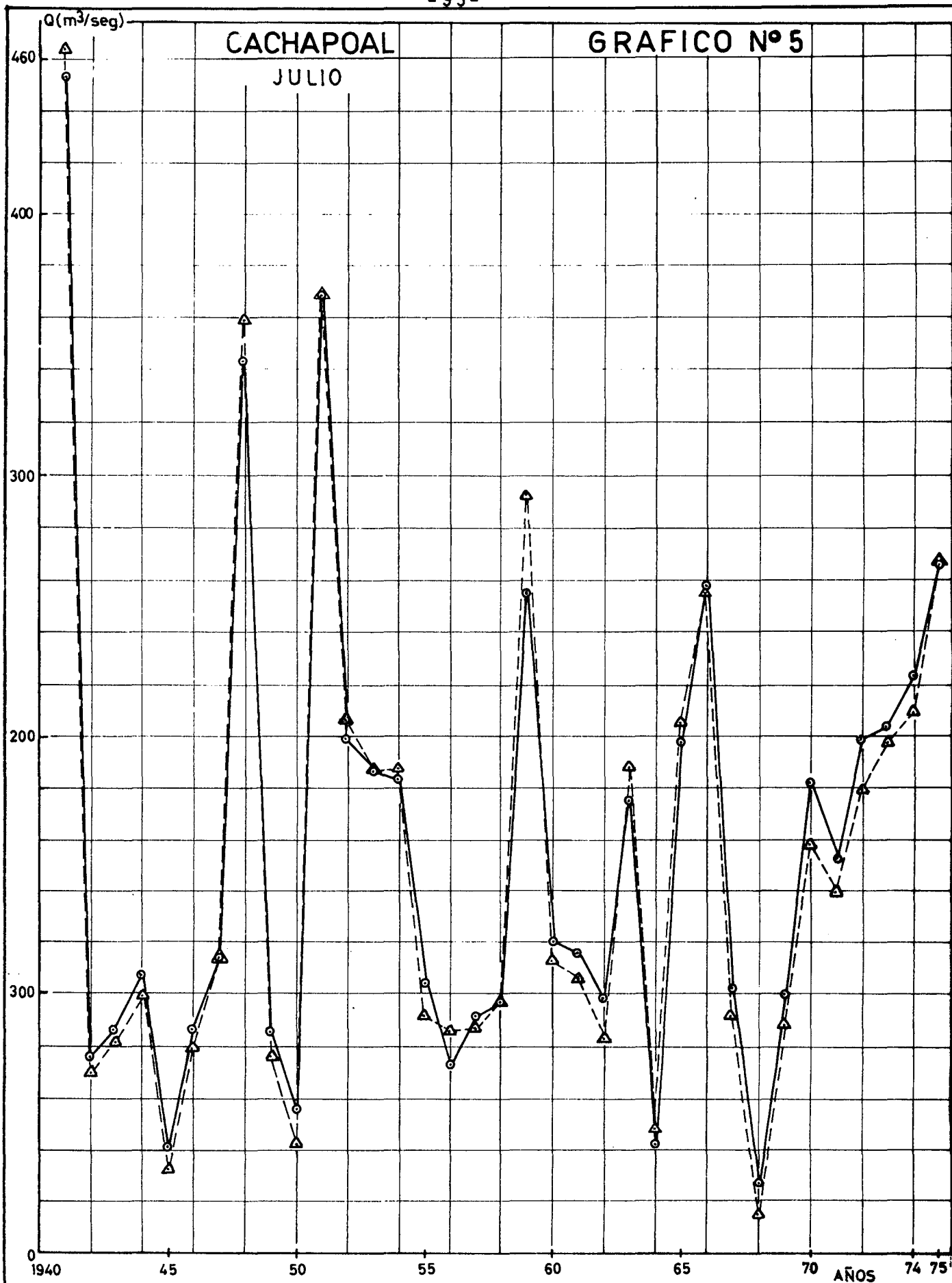
EXCEDENTES NODO 4 DISPONIBLES PARA YALI-ALHUE (m3/seg)

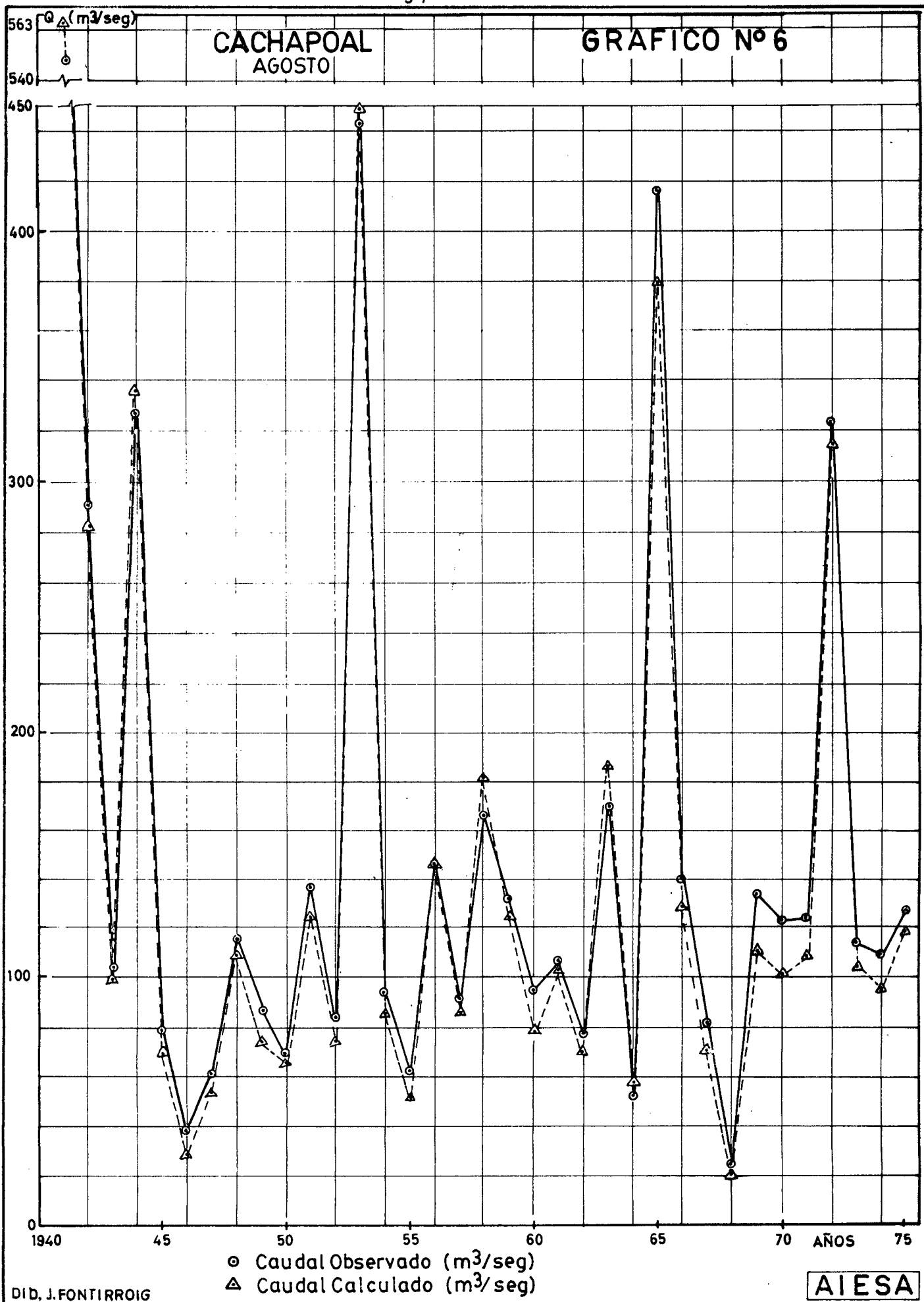
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom
1941	134.81	117.21	122.71	126.61	65.33	104.62	78.39	134.06	177.04	150.42	120.90	65.69	116.48
1942	41.11	29.31	24.11	87.41	35.63	41.32	63.89	70.16	89.14	79.42	50.40	31.09	53.58
1943	20.81	21.81	22.71	28.01	76.13	47.82	39.39	50.26	47.94	34.72	19.60	28.49	36.48
1944	19.51	28.01	34.71	64.01	67.93	55.62	76.59	136.46	93.14	47.72	57.50	57.19	61.53
1945	47.91	29.31	23.11	36.41	41.53	29.22	0.0	10.36	22.54	38.82	54.40	45.49	31.59
1946	31.41	24.21	41.01	20.01	15.33	5.12	27.59	14.46	20.44	24.52	50.40	23.19	24.81
1947	15.21	39.31	20.41	15.41	12.93	16.12	32.89	9.36	0.0	0.0	2.38	18.81	15.24
1948	24.11	18.01	60.01	40.01	51.13	52.32	48.89	100.36	69.24	57.12	51.40	62.49	52.93
1949	102.21	67.31	33.71	38.81	26.23	30.52	25.89	0.0	0.0	0.0	24.71	39.39	32.40
1950	77.31	56.51	35.31	54.61	61.03	46.32	38.59	84.46	56.04	15.02	36.10	42.39	50.31
1951	33.21	50.21	108.61	64.41	59.63	44.12	48.59	65.76	46.74	15.98	35.10	35.99	50.70
1952	40.81	52.71	70.01	39.61	44.93	42.02	30.89	80.86	26.84	20.95	35.20	43.39	44.02
1953	52.41	49.21	55.31	94.61	164.43	54.72	85.69	136.46	95.64	62.82	68.50	49.19	80.75
1954	31.81	67.11	47.91	41.61	33.23	23.42	41.79	29.86	29.74	0.0	17.34	20.99	32.07
1955	19.21	51.71	27.21	21.61	30.33	18.72	36.89	15.96	0.0	0.0	8.50	22.09	21.02
1956	24.21	14.21	38.71	49.81	39.83	36.22	50.69	35.96	5.26	2.97	28.00	22.09	29.00
1957	30.21	30.31	39.71	46.81	31.23	29.22	38.99	41.56	10.26	0.0	21.40	19.92	28.30
1958	35.41	69.71	32.91	45.61	30.73	49.02	47.89	52.76	6.80	8.53	10.86	47.69	36.49
1959	51.41	48.81	89.61	51.81	60.63	44.52	67.09	107.16	51.94	23.63	28.00	24.19	54.07
1960	35.51	33.11	27.31	26.01	20.53	22.72	31.29	4.56	0.0	0.0	29.20	11.99	20.19
1961	16.61	31.31	25.41	33.21	65.03	97.92	128.19	123.56	35.84	28.75	38.92	30.19	54.58
1962	21.51	27.01	24.01	29.41	17.53	31.82	50.79	30.86	0.0	0.0	11.34	20.99	22.11
1963	21.61	17.41	50.91	38.81	62.53	64.12	56.79	155.46	147.94	64.82	44.40	34.99	63.32
1964	17.21	17.31	25.51	26.21	30.03	16.52	14.99	0.0	6.81	0.0	21.50	45.29	18.45
1965	42.51	51.81	57.71	93.41	59.23	69.62	109.99	73.66	131.74	56.02	68.70	51.29	72.14
1966	33.31	41.51	57.21	48.61	57.93	104.42	61.09	53.36	85.24	53.52	40.40	43.99	56.72
1967	26.71	21.21	21.91	33.21	29.43	29.12	36.49	52.46	22.05	19.95	20.38	29.19	28.51
1968	21.31	15.41	12.31	18.81	2.63	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.42	14.49	7.45
1969	23.01	69.61	44.51	44.01	29.73	5.32	70.79	103.46	6.14	0.0	10.00	27.99	36.22
1970	23.41	17.71	36.51	34.41	27.93	19.42	22.49	13.36	0.0	0.0	1.59	17.99	17.90
1971	16.71	20.91	50.91	46.61	46.13	66.82	97.79	58.66	39.10	0.0	2.69	19.09	38.79
1972	104.51	156.81	70.11	91.01	82.33	82.52	68.79	197.56	157.74	132.12	95.40	64.39	108.61
1973	58.91	36.91	71.81	44.21	27.23	16.12	61.19	63.86	34.64	17.02	16.30	31.99	40.02
1974	42.41	72.91	74.21	51.21	41.33	73.12	87.99	82.96	88.64	24.58	22.14	33.39	57.91
1975	24.51	21.01	43.01	42.01	42.03	32.42	52.69	48.96	46.14	7.91	12.61	57.19	35.88
Z Prom	38.94	43.34	46.32	47.67	45.43	42.95	52.34	63.97	47.16	28.21	33.16	35.26	43.73





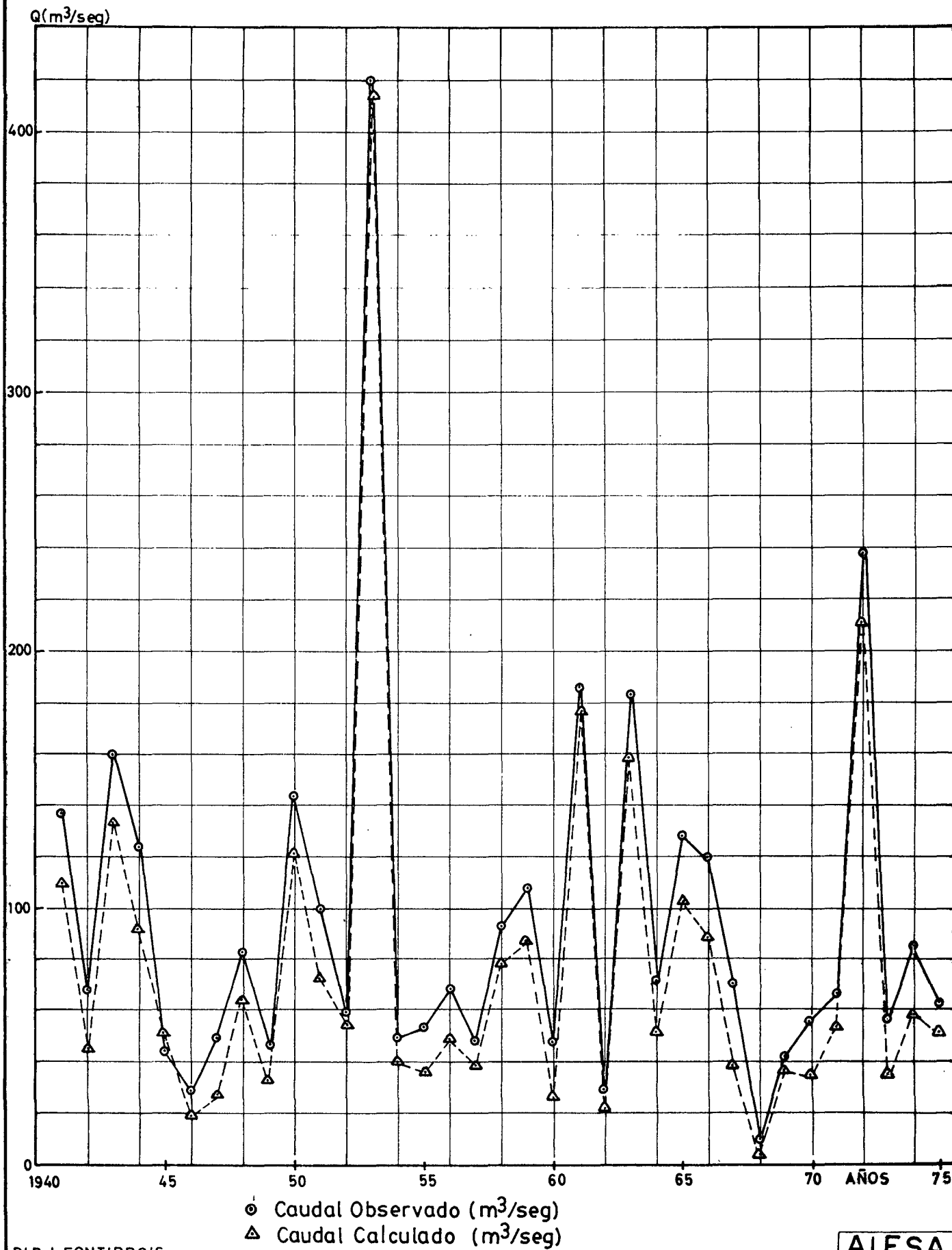
○ Caudal Observado (m³/sec)
 △ Caudal Calculado (m³/sec)





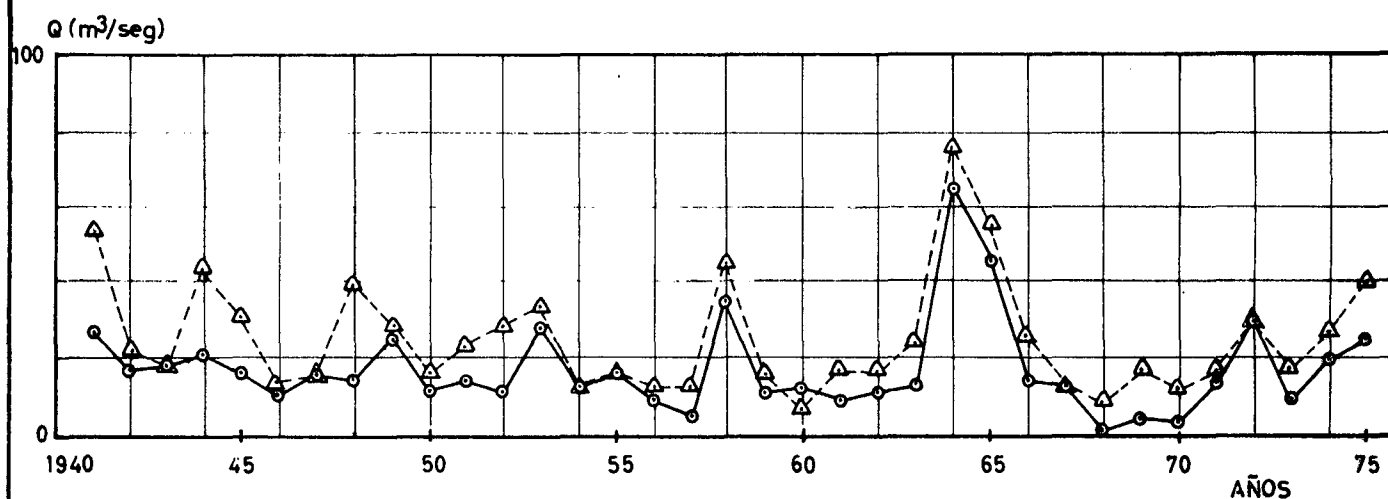
CACHAPOAL
SEPTIEMBRE

GRAFICO Nº 7



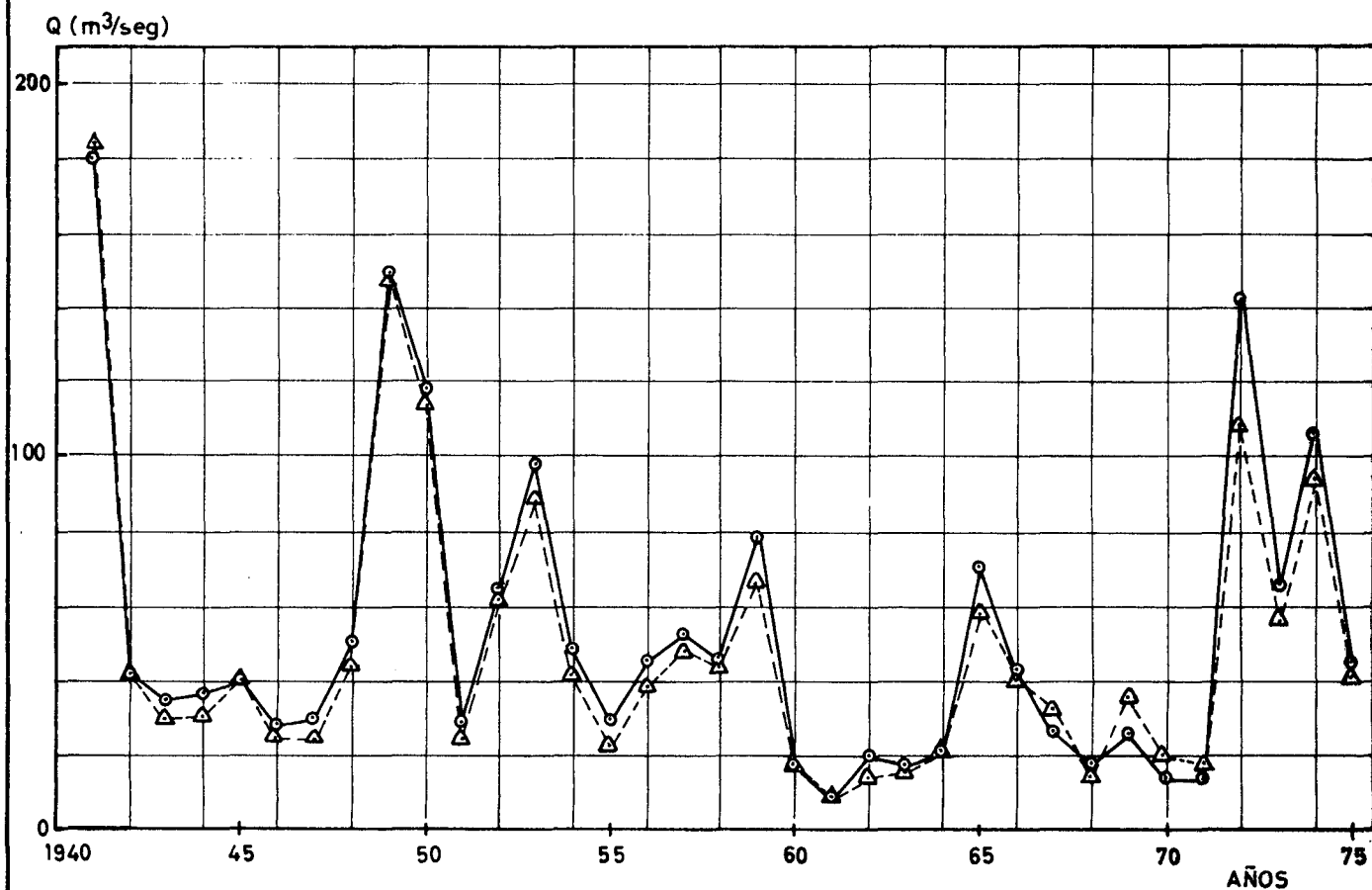
TINGUIRIRICA ABRIL

GRAFICO Nº 8



TINGUIRIRICA MAYO

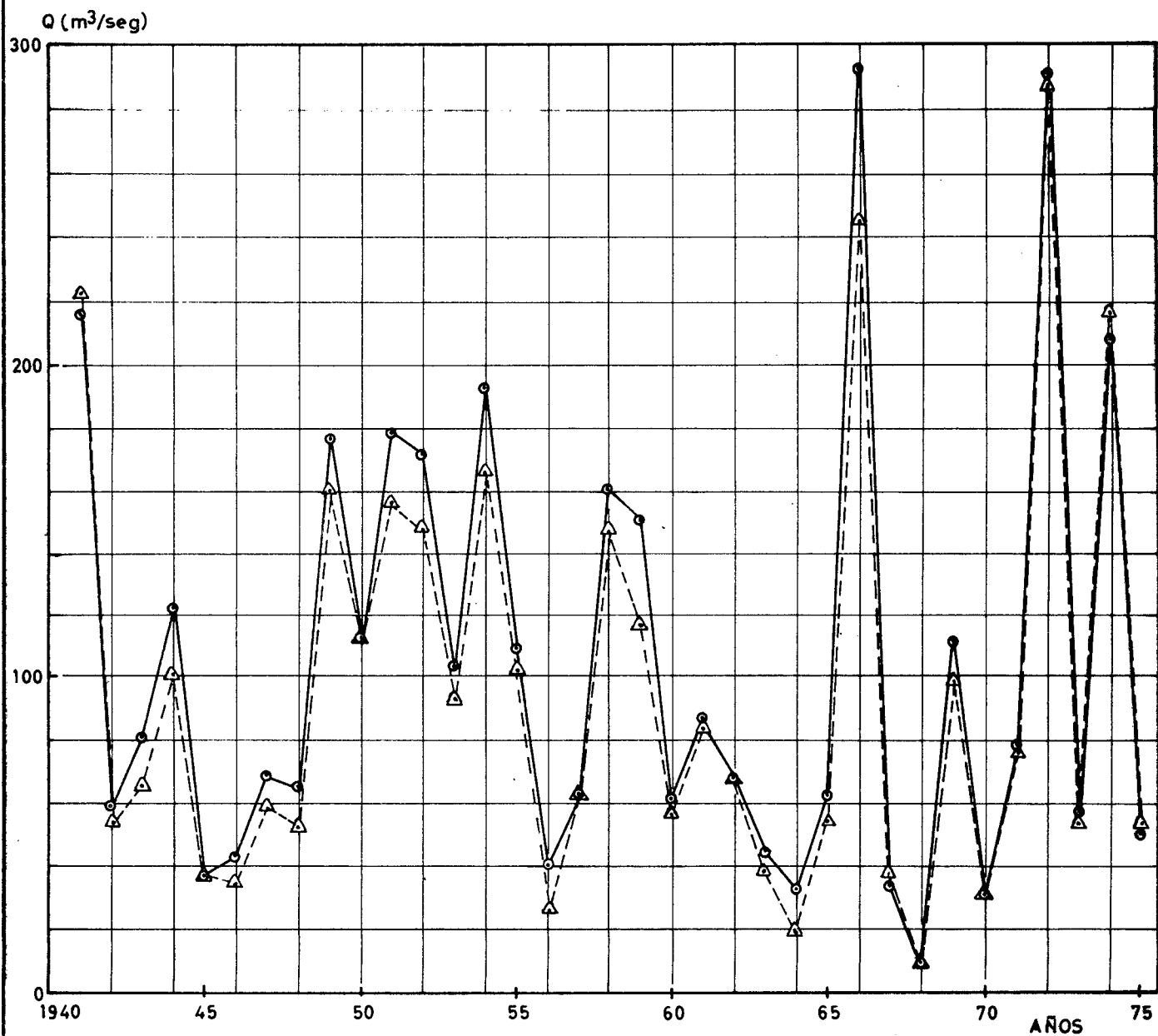
GRAFICO Nº 9



○ Caudal Observado (m³/seg)
 △ Caudal Calculado (m³/seg)

TINGUIRIRICA
JUNIO

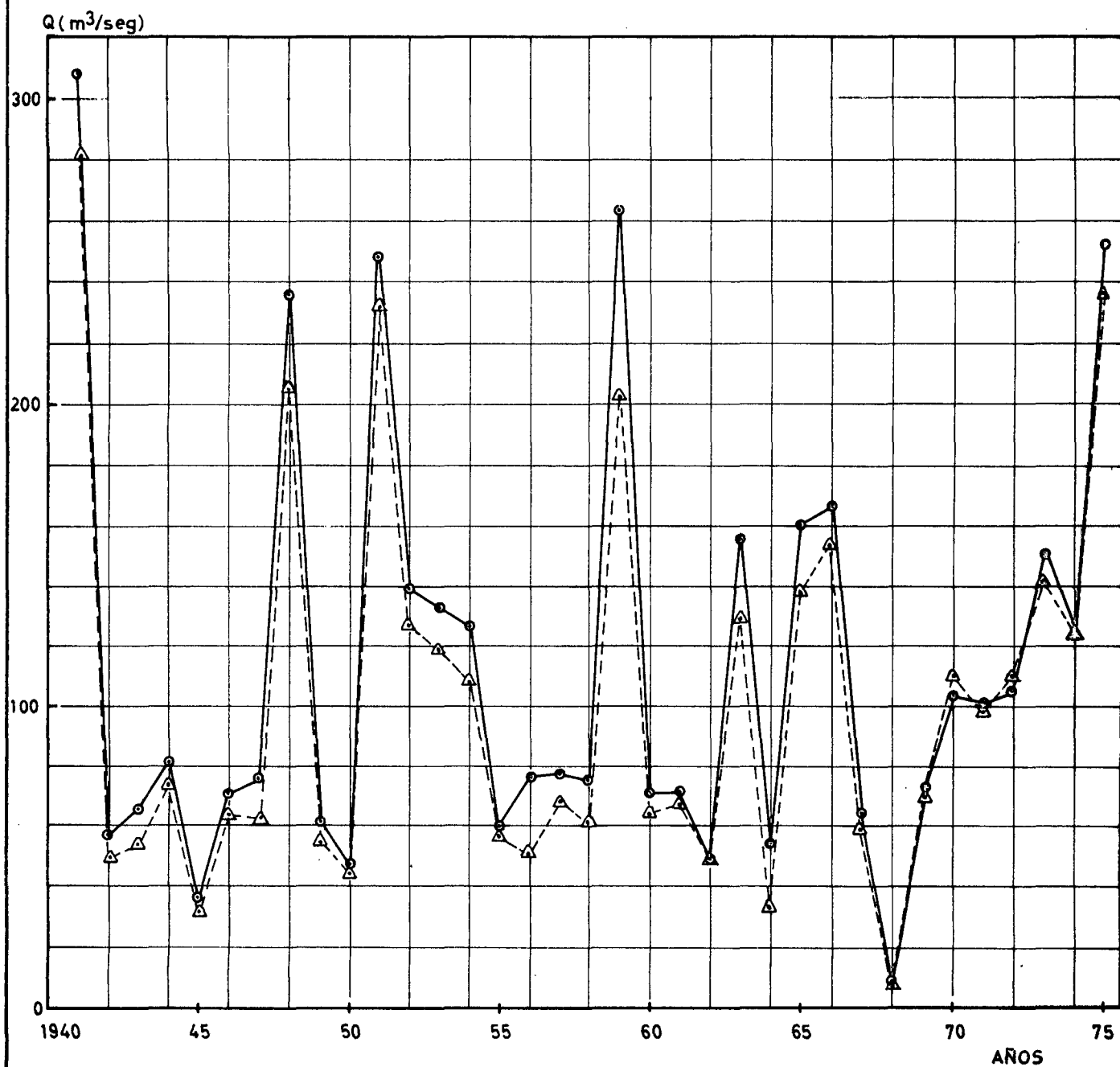
GRAFICO N° 10



○ Caudal Observado (m³/seg)
△ Caudal Calculado (m³/seg)

TINGUIRIRICA
JULIO

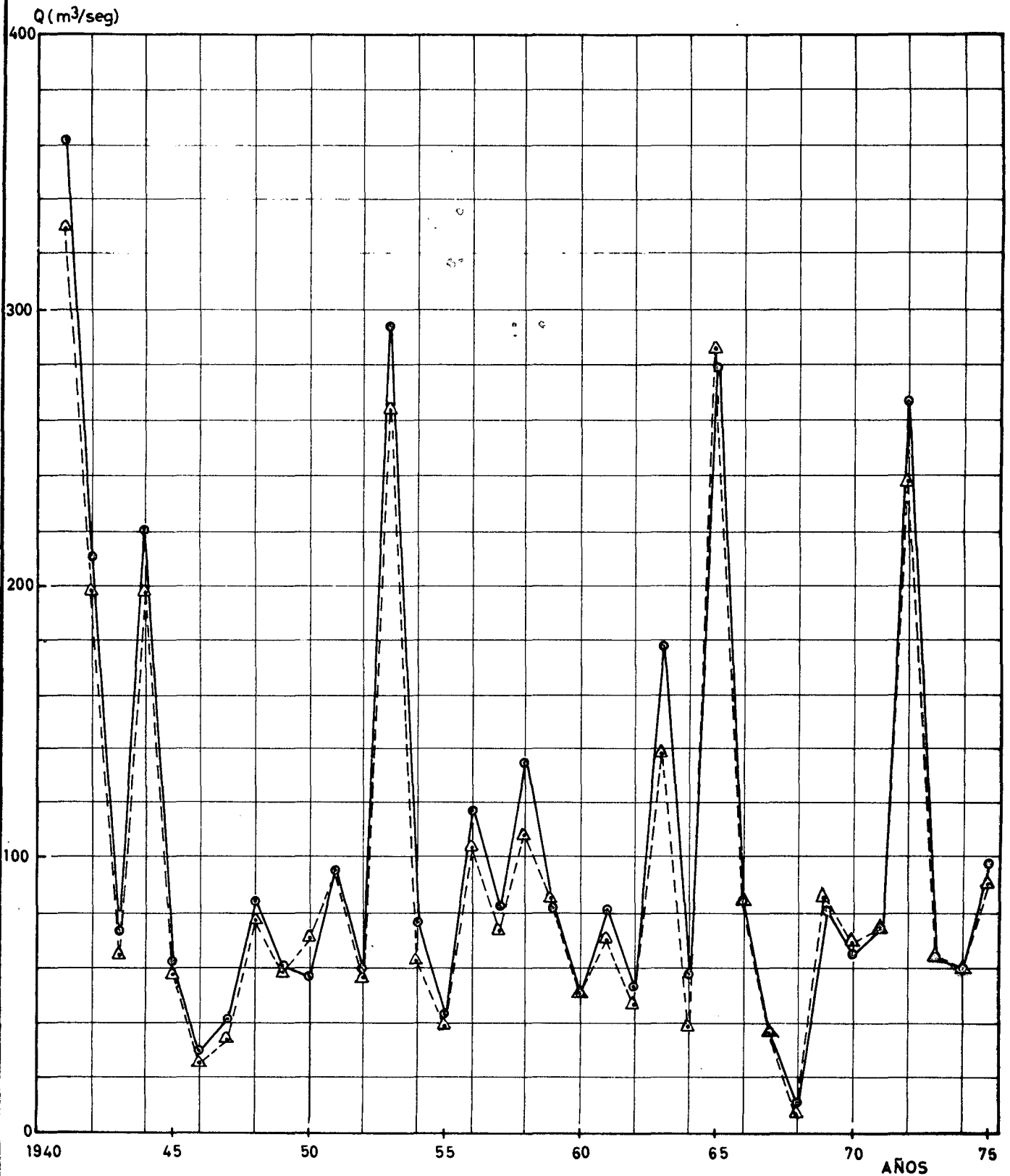
GRAFICO Nº11



○ Caudal Observado (m³/seg)
△ Caudal Calculado (m³/seg)

TINGUIRIRICA
AGOSTO

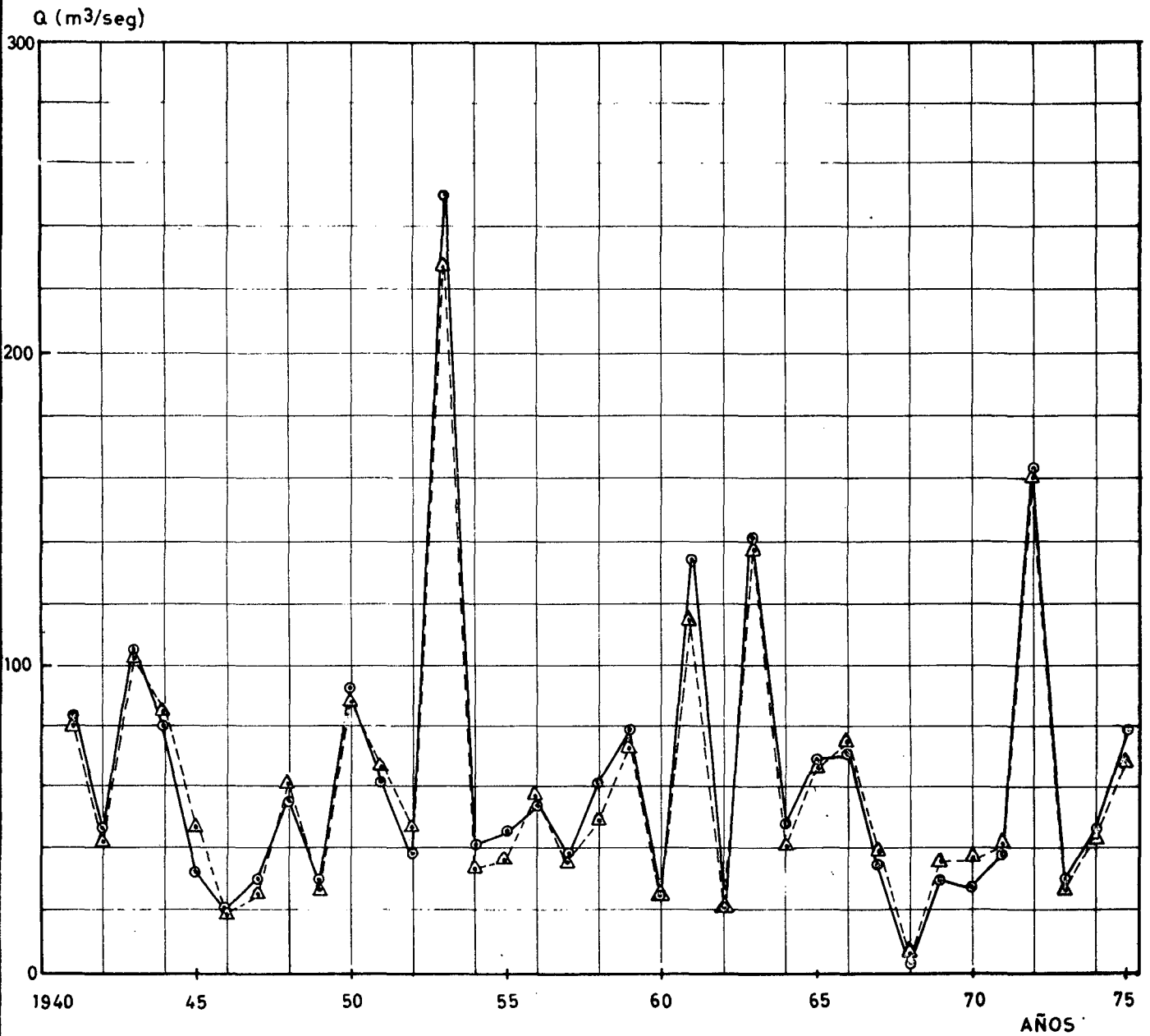
GRAFICO Nº 12



○ Caudal Observado (m³/seg)
△ Caudal Calculado (m³/seg)

TINGUIRIRICA SEPTIEMBRE

GRAFICO Nº13



○ Caudal Observado (m³/seg)
△ Caudal Calculado (m³/seg)

T E R C E R A P A R T E

ANALISIS DE LA OPERACION FUTURA DE LA HOYA

1.- ASPECTOS GENERALES.

A objeto de conocer la forma en que operaría el sistema hídrico de la hoya del río Rapel bajo las condiciones futuras de aprovechamiento de los recursos de suelo y agua, se ha hecho operar el modelo de simulación para las condiciones recomendadas de la cuenca, ya hechas presente en otros capítulos de este estudio.

Para dichas condiciones futuras se han tomado en cuenta las nuevas superficies consideradas como utilizables en cada sector, las tasas de riego obtenidas para la eficiencia futura que se obtendría con la tecnificación del regadío propuesta, las recuperaciones del regadío asociadas a ella, así como las nuevas obras que se han recomendado para el mejor aprovechamiento y distribución de los recursos de agua.

En lo que se refiere a estas últimas obras su inclusión en el sistema se ha hecho de manera alternativa, a objeto de poder evaluar la forma en que cada una de ellas afecta favorable o desfavorablemente a los diferentes sectores de riego en que se ha subdividido la hoya.

Se ha considerado para la situación futura la existencia del proyectado embalse de Convento Viejo y aún cuando nuestra oficina no ha analizado mayormente el proyecto de riego respectivo, si se ha estudiado con nuestro modelo su operación hídrica, debido a la trascendencia de los efectos que él produce sobre una parte importante de la hoya en estudio. A pesar de que las características principales de

este proyecto se encuentran prácticamente definidas, en los estudios de operación se ha considerado alternativas, principalmente variando la capacidad de algunas obras, a objeto de que si aún es posible y resulta conveniente, puedan hacerse las modificaciones del caso.

Se ha estudiado también y en forma alternativa, la posibilidad de extraer aguas del río Cachapoal para suplir déficits de la hoya del río Maipo, obteniéndose conclusiones respecto tanto a las obras que se requerirían para ello, como a la incidencia que estas extracciones tendrían sobre el abastecimiento de agua de la propia hoya del Cachapoal.

Se ha analizado asimismo, la disponibilidad de agua que existiría en esta hoya para regar la zona del Yali, ello es posible, como se verá más adelante, utilizando recursos de agua de Invierno del río Cachapoal, los que pueden ser regulados localmente en el área de Yali-Alhué, considerándose también la posibilidad de regular dichos recursos, ya sea anual o interanualmente, en la Laguna de Aculeo.

En base a los antecedentes obtenidos en este estudio se deducen los déficits de agua que podría presentar esta hoya para diferentes combinaciones de alternativa, los que podrían ser suplidos con recursos de agua provenientes de más al sur.

2.- CONCLUSIONES.

Las condiciones futuras de operación de la cuenca se investigaron mediante el modelo de simulación, requiriéndose para este objeto alrededor de 40 diferentes operaciones de éste. Para estas condiciones futuras se supuso la total tecnificación del regadío de la hoya y se consideró el uso recomendado de los suelos. Las diferentes alternativas analizadas se obtuvieron a través de la inclusión o no inclusión de diferentes obras que permiten ya sea mejorar la seguridad de riego de algunos sectores o bien incorporar al riego terrenos actualmente de secano.

Las principales conclusiones obtenidas de este análisis se presentan a continuación separadamente para cada una de las subcuencas del sistema :

- Hoya Río Cachapoal :

El río Cachapoal, sin necesidad de ninguna obra adicional, permite regar sus 4 sectores :

CA1 (ribera norte primera sección río Cachapoal)

CA2 (ribera sur primera sección río Cachapoal)

CA3 (segunda sección del río Cachapoal)

CA4 (tercera sección del río Cachapoal), con las siguientes seguridades de riego :

Sector	Superficie de riego (Hás)	Seguridad de riego %	Superficie regada Hás. con 85% de seguridad
CA1	39.680	92	39.680
CA2	33.970	92	33.970
CA3	18.760	83	18.760
CA4	33.000	56	11.000

Los déficits se producen todos en el sector CA4 dado que las aguas se distribuyeron para este objeto prioritariamente desde aguas arriba hacia aguas abajo. La seguridad de riego del sector CA3 para estas conducciones se considera satisfactoria.

Si se construye el embalse Collicura, en la parte alta del río Cachapoal para aumentar la seguridad de riego del sector CA4, su capacidad debería ser del orden de $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ para obtener una seguridad de riego igual o superior al 85%. Con esto la seguridad de riego de los sectores CA1 y CA2 aumenta a 97% y la seguridad del sector CA3 a 94%.

Si el río Cachapoal debiera además suplir los déficits (*) de la hoya del río Maipo, a través del canal Cachapoal Maipo, la capacidad del embalse Collicura no debería ser inferior a $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ a objeto de no perjudicar excesivamente el riego de su propia hoya. Las extracciones del canal Cachapoal-Maipo contarían, en todo caso, con total seguridad cualquiera que fuera la capacidad del embalse Collicura. Con un embalse Collicura de $250 \times 10^6 \text{ m}^3$ quedaría razonablemente asegurado el riego de todos los sectores del Cachapoal. Se indican a continuación las seguridades de riego de los sectores para distintas capacidades del embalse Collicura considerando prioritariamente las extracciones del canal Cachapoal-Maipo (35 m³/seg. de capacidad máxima).

(*) Déficit definidos en "Estudio de prefactibilidad primera sección río Maipo", IPLA-DGA, 1976.

Sectores	S e g u r i d a d e s d e R i e g o (%)		
	Capacidad de embalse		
	150x10 ⁶ m ³	200x10 ⁶ m ³	250x10 ⁶ m ³
CA1	83	89	94
CA2	83	89	94
CA3	75	81	89
CA4	67	72	83

Si además de las extracciones del canal Cachapoal-Maipo se consultara la construcción de la central hidroeléctrica Collicura (200 x 10³ Kw de potencia), las seguridades de riego se reducen considerándose aceptables las que se obtendrían para un embalse Collicura de 250 x 10⁶ m³.

Sectores	Seguridades de Riego (%)	
	Capacidad de Embalse	
	200x10 ⁶ m ³	250x10 ⁶ m ³
CA1	81	86
CA2	81	86
CA3	75	81
CA4	69	78

Para un embalse Collicura de 200 x 10⁶ m³ de capacidad, consultándose la construcción de la central hidroeléctrica, pero sin las extracciones del canal Cachapoal-Maipo, las seguridades de los 4 sectores de esta hoy a aumentan a 94%.

En el "Uso Recomendado del Suelo" se ha considerado para los 4 sectores de esta hoya una superficie total destinada a frutales y viñas de 50.380 hás. En todos los casos antes señalados esta superficie puede regarse con seguridad superior a 97%. (*)

Queda pendiente para el futuro y una vez que se decida la alternativa más conveniente para esta hoya, un estudio sobre la distribución que debe darse a los derechos de agua entre los distintos sectores a objeto de obtener una repartición más uniforme entre ellos de las aguas de riego.

- Hoya Río Claro de Rengo :

Considerando en operación el proyecto de la Dirección de Riego para la parte alta de esta hoya, mediante la Laguna Los Cristales, se obtiene las siguientes seguridades de riego para los sectores CL1 (primera sección del río Claro de Rengo) y CL2 (segunda sección del río Claro de Rengo) :

Sector	Superficie de Riego Hás.	Seguridad de Riego %
CL1	6.150	85%
CL2	6.400	Mayor de 97%

(*) En los 35 años estadísticos considerados se riega siempre la totalidad de esta superficie.

La superficie de frutales y viñas propuesta para los dos sectores de esta hoya en el uso recomendado del suelo de 5.651 hás., tendría garantizado su riego con una seguridad superior al 97%.

- Hoya Estero Zamorano :

Considerando sólo los recursos propios de este estero sería posible regar sus sectores ZA1 (primera sección del Estero Zamorano) y ZA2 (segunda sección del Estero Zamorano), con las siguientes seguridades de riego :

Sector	Superficie de Riego (Hás)	Seguridad de Riego %	Superficie Regada (Hás) con 85% de Seguridad
ZA1	2.590	94	2.590
ZA2	12.570	-	5.010

Para resolver el problema de falta de recursos de agua del sector ZA2 se ha considerado el canal de trasvase Tinguiririca-Zamorano (4 Km. de longitud y 10 m3/seg de capacidad máxima). Incluyendo la operación de este canal de trasvase la seguridad de riego del sector ZA2 aumenta a 85%. Bajo estas condiciones sería posible regar en toda la hoya, con seguridad superior a 97%, una superficie de 4.940 hás. En el uso recomendado del suelo se propuso para esta hoya una superficie de frutales y viñas de 4.919 hás.

Al igual que para la hoya del río Cachapoal, deberá estudiarse en el futuro el reparto más adecuado de los derechos de aguas entre los dos sectores a objeto de obtener una distribución más uniforme de las aguas de riego.

- Hoya Río Tinguiririca :

Bajo las condiciones futuras los recursos de agua de esta hoya permitirían regar sus 3 sectores, TI1 (zona alta ribera derecha río Tinguiririca), TI2 (Zona alta ribera izquierda río Tinguiririca) y TI3 (zona baja río Tinguiririca), con las siguientes seguridades de riego :

Sector	Superficie de Riego (Hás)	Seguridad de Riego %	Superficie Regada (Hás) con 85% de Seguridad
TI-1	15.410	89	15.410
TI-2	25.640	89	25.640
TI-3	21.820	36	1.250

En el uso recomendado del suelo se ha propuesto para los sectores TI-1 y TI-2, en conjunto, una superficie de frutales y viñas de 16.516 hás. En estos sectores sería posible regar con seguridad superior a 97% una superficie de 34.290 hás.

Para resolver el problema de riego del sector TI-3 se consulta un trasvase proveniente desde el sur,

desde el proyectado embalse de Convento Viejo. Este trasvase reduce naturalmente los recursos de agua disponibles para los terrenos de nuevo riego del sector CV-1. Se considera prioritario el regadío de TI-3 antes que las áreas de nuevo riego de CV-1 por tratarse de suelos de mejor calidad y que cuentan con infraestructura de riego.

La capacidad recomendada para este trasvase es de 16 m³/seg (5m³/seg a través del canal existente Las Trancas y 11 m³/seg a través de un nuevo canal proyectado), quedando bajo sus aguas una superficie de 16.210 hás, correspondiente a la parte baja del sector TI-3. La parte alta de este sector, 5.610 hás, se ha verificado que pueden ser regadas en conjunto con los sectores TI-1 y TI-2, mediante los propios recursos del río Tinguiririca, con una seguridad de riego de 89%.

Considerando el trasvase referido la parte baja del sector TI-3 tendría una seguridad de riego de 80% o 82% según que el embalse Convento Viejo tenga una capacidad de $456 \times 10^6 \text{ m}^3$ o $600 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Existe otra alternativa para mejorar el riego del sector TI-3, sin necesidad de recurrir al trasvase Convento Viejo-Tinguiririca. Esta otra alternativa consistiría en regular las aguas del río Tinguiririca en un embalse situado en el río Claro en la inmediata vecindad de su confluencia con el río Tinguiririca. Con una capacidad de regulación de $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ podría darse una seguridad de riego al sector TI-3 de 81%. Desafortunadamente las condiciones físicas del lugar no parecen muy favorables para la implantación de una presa del tipo requerido.

- Hoya del Estero Chimbarongo :

Se ha designado sector CV-1 al situado aguas abajo del proyectado embalse Convento Viejo. Este sector cuenta con una superficie total de riego de 89.710 hás, correspondiendo 38.430 hás. a riego actual y 51.280 hás. a terrenos de nuevo riego actualmente de secano. Se indican a continuación las condiciones futuras de riego de este sector para la capacidad de $456 \times 10^6 \text{ m}^3$ considerada para el proyecto Convento Viejo y para otra capacidad mayor de $600 \times 10^6 \text{ m}^3$. Se indica también la influencia del trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, tanto para el caso que éste sea nulo como para la capacidad recomendada de 16 m³/seg.

Capacidad Embalse Convento Viejo	Superficie Regada con 85% de Seguridad (Hás)	
	Capacidad Traslase C. Viejo-Tinguiririca 0 m ³ /seg	16 m ³ /seg
$456 \times 10^6 \text{ m}^3$	71.000	59.000
$600 \times 10^6 \text{ m}^3$	84.500	77.500

Estos resultados incluyen tanto la operación del canal de trasvase Tinguiririca-Zamorano, ya referido anteriormente, como de un nuevo canal de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo (5 Km de longitud y 15 m³/seg de capacidad máxima), destinado a complementar los recursos de agua del embalse Convento Viejo. La eliminación de este último trasvase, fundamentalmente aguas de invierno, reduce la seguridad de riego del sector CV-1 en un 6%.

Si se elimina el trasvase Tinguiririca-Zamorano podría regarse totalmente el sector con a lo menos un 85% de seguridad, considerando un embalse Convento Viejo de alrededor de $600 \times 10^6 \text{ m}^3$ y siempre que no se efectuara el trasvase

Convento Viejo-Tinguiririca.

La solución recomendada sería :

- Embalse Convento Viejo $600 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Trasvase Tinguiririca-Chimbarongo 15 m³/seg de capacidad
- Trasvase Tinguiririca-Zamorano 10m³/seg de capacidad
- Trasvase Convento Viejo-Tinguiririca 16 m³/seg de capacidad
- Superficie de riego sector CV-1, con 85% de seguridad, 77.500 hás.

- Regadío Yali-Alhué :

Podría efectuarse utilizando exclusivamente excedentes de invierno de la hoya del río Cachapoal sin afectar el regadío de sus propios sectores.

Se requeriría una capacidad de aducción de 15 m³/seg y una capacidad anual de regulación en la zona del Yali de $166 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Si se consideran las extracciones del canal Cachapoal-Maipo aún habría excedentes de invierno disponibles para Yali-Alhué, con la misma capacidad de aducción y siempre que se contara con una regulación interanual de $315 \times 10^6 \text{ m}^3$.

En estos dos casos la totalidad de la superficie disponibles, 21.450 hás, se regarían con 85% de seguridad.

Cabe considerar que la regulación interanual considerada podría efectuarse aprovechando para ello la Laguna de Aculeo.

- Generación Hidroeléctrica :

Se indica a continuación la energía media anual que se produciría en las centrales hidroeléctricas de la hoya para distintas alternativas de aprovechamiento de los recursos hídricos.

Alternativas	Generación Media Anual 10 ⁶ KWh
• Sin Embalse Collicura	1.880
• Con Embalse Collicura sólo para riego de la propia hoya	1.814
• Con Embalse Collicura y extracciones canal Cachapoal-Maipo	1.768
• Con Embalse Collicura, con extracciones canal Cachapoal-Maipo y Central Collicura	2.463

- Condiciones Totales de Riego de la Hoya :

Las superficies medias probables de la hoya (esperanza matemática de la superficie regada), se indican a continuación como una relación respecto de la superficie total de riego de la hoya (293.490 há.).

Alternativas	Coefficiente "k"
0.- Situación actual	0,74
1.- Situación actual más proyecto Convento Viejo	0,93
2.- Situación futura, con Convento Viejo sin Collicura	0,94
3.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 150×10^6 m ³	0,97
4.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 200×10^6 m ³ , con Central Hidroeléctrica, con extracción Canal Cachapoal-Maipo	0,93

3.- BASES CONSIDERADAS Y ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.

3.1 Bases.

La información básica entregada al modelo de simulación como datos de entrada para su operación, bajo las condiciones futuras recomendadas, es la siguiente :

- Estadísticas Fluviométricas :

Son las mismas indicadas en el capítulo anterior y bajo las cuales se efectuó la operación para las condiciones actuales de la hoya. Se individualizan ahora, eso sí, los recursos de agua afluentes al embalse Convento Viejo, al embalse Los Cristales y a los posibles embalses, tanto en el río Tinguiririca, como Collicura en el Cachapoal alto. Las estadísticas correspondientes a estos recursos se incluyeron en el informe denominado "Análisis Hidrológico. Hoya Río Rapel". Para los afluentes al embalse Convento Viejo a través del canal Teno-Chimbarongo, se utilizó una estadística de excedentes del río Teno, proporcionada por la firma Consultora CICA, que estudió la hoya del río Mataquito. Esta última estadística se incluye en el Cuadro Nº 1 al final de este capítulo. La operación del canal Teno-Chimbarongo utilizando estos excedentes y con fines de regadío, se efectuó considerando las estipulaciones del convenio vigente Dirección de Riego-ENDESA.

- Superficies Demandantes de Riego :

Se reproducen en el Cuadro Nº 2 las superficies de riego futuras de cada sector, según fueron evaluadas en el informe anterior "Demandas de Riego. Hoya Río Rapel".

Se trata de superficies netas de riego habiéndose descontado ya las superficies no productivas e indirectamente productivas.

La superficie de riego total futura de la hoya es de 307.390 há.s.

- Tasas Brutas de Riego :

Las tasas de riego a nivel de bocatoma de canales, para cada uno de los sectores, obtenidas agregando un 10% por concepto de pérdidas de agua en las conducciones a las tasas de riego a nivel predial, se indican también en el Cuadro Nº 2. Estas tasas fueron calculadas de acuerdo con la situación futura del uso de la tierra y considerando una eficiencia de riego de 0,50 estimada para el nivel de tecnificación futura de la hoya.

- Tasa Equivalente de Riego :

La tasa equivalente de riego, según se detalló en el informe "Análisis de Recuperaciones". Hoya Río Rapel", se define como aquella necesaria en la bocatoma de canales de cada sector, para satisfacer normalmente el regadío de cada uno de ellos, teniendo en cuenta el reuso interno de las aguas que se hace en cada sector. Esta tasa, que es determinada por el modelo según la metodología indicada en el informe referido, tiene en cuenta el uso que se hace de las recuperaciones de regadío provenientes del riego del propio sector. Las tasas equivalentes de cada sector, para la situación futura, se presentan también en el Cuadro Nº 2. El modelo de simulación determina también los excedentes de recuperaciones de cada sector, distribuyéndolos para su reuso en los sectores situados más aguas abajo.

- Tasa Efectiva de Riego :

Para el efecto del cálculo de las recuperaciones provenientes del regadío se ha considerado una tasa efectiva (agua realmente consumida o perdida) de 11.000 m³/há/año, de acuerdo con el análisis efectuado en un capítulo anterior.

- Distribución Mensual Tasas de Riego :

La distribución mensual de las tasas de riego considerada para las condiciones futuras y según se detalló en el informe denominado "Demandas de Riego". Hoya Río Rapel", es la siguiente expresada como porcentaje de la demanda total anual :

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
0.013	0.013	0.013	0.013	0.029	0.069	0.129	0.193	0.221	0.178	0.105	0.025

- Distribución de las Aguas :

La distribución de los recursos de agua disponibles para satisfacer las necesidades de los diferentes sectores se ha efectuado en el modelo sin tener en cuenta la distribución actual de derechos de agua de los diferentes canales. Se ha seguido el criterio de satisfacer primero las demandas de los sectores más altos de la hoya y continuar atendiendo las necesidades, de acuerdo con las disponibilidades de los sectores siguientes hacia aguas abajo. De esta forma los déficits de agua se van concentrando, siempre que se producen, en los sectores más bajos de la hoya. Este criterio presenta como ventaja el hecho de que los déficits concentrados en los sectores bajos pueden ser más fácilmente suplidos con recursos

de agua provenientes de hoyas situadas más al sur si ello fuera necesario.

- Operación de Embalses :

El Embalse Convento Viejo se ha operado considerando, para las diferentes alternativas de capacidad y combinación de obras anexas, como superficie demandante sólo aquella que podría regarse satisfactoriamente con alrededor de 85% de seguridad. Esto es importante, por cuanto si se le impusiera al embalse la obligación de servir la totalidad del área susceptible de riego situada aguas abajo de él, en algunos de los casos, el embalse se vaciaría prematuramente provocando grandes fallas en los últimos meses de la temporada de riego. La superficie posible de atender con alrededor de 85% de seguridad, en cada caso, se analizó mediante el modelo por tanteos, ensayando diferentes superficies demandantes.

El Embalse Collicura se operó en forma tal de atender desde él todos los déficits de agua que se produjeran en la hoya del río Cachapoal, dando prioridad a las necesidades de los sectores desde aguas arriba hacia aguas abajo. En los casos en que se consideraran extracciones para el río Maipo, a ella se le dió primera prioridad para ser atendidas desde el embalse, cuando el río no disponía de los recursos suficientes. En los casos en que se consideró una Central Hidroeléctrica captando sus aguas desde este embalse, se supuso que ella podría generar todos los caudales extraídos del embalse por razones de riego, hasta un máximo de 75 m³/seg; durante la temporada de Invierno la Central Hidroeléctrica podría extraer hasta un caudal medio mensual de 25 m³/seg, lo que le permitiría garantizar su potencia durante 8 horas del día.

El embalse Los Cristales se operó atendiendo los déficits de riego que presentaba la parte alta del río Claro de Rengo, constituida por el denominado sector CL-1.

- Agua Subterránea :

Por las razones ya expuestas en otros capítulos de este informe, el modelo de simulación no distribuye en forma conjunta los recursos de agua superficial y subterránea. Se optó por la alternativa de incorporar como dato de entrada al modelo los volúmenes de agua subterránea que podrían captarse, de acuerdo con lo establecido en el capítulo respectivo. Se indica más adelante y específicamente para el sector CA4 del río Cachapoal, que es donde se concentran los déficits de este río, por volúmenes adicionales de agua con que podría contarse por concepto, tanto de dichas captaciones subterráneas, como de afloramientos naturales de las napas. Esto también es válido para la parte baja del Estero Zamorano, sector denominado ZA2.

3.2 Alternativas Estudiadas.

Todas las alternativas estudiadas están formadas por la consideración o no consideración de diferentes obras de cierta importancia, tanto para la regulación de los recursos de agua, como para transvases de ellos entre las distintas sub-cuencas de la hoya.

Las principales obras consideradas y que afectan el aprovechamiento de los recursos de agua en la hoya son los siguientes :

- Embalse Collicura :

Se situaría sobre la parte alta del río Cachapoal. Para el estudio de alternativas su capacidad se ha hecho variar entre $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ y $250 \times 10^6 \text{ m}^3$.

- Central Hidroeléctrica Collicura :

En el punto anterior sobre bases consideradas se indicaron los requisitos de agua para generación consultados para esta central. En las diferentes alternativas estudiadas se considera su inclusión o no inclusión en el sistema.

- Canal Cachapoal-Maipo :

Está destinado a trasvasar recursos de agua del río Cachapoal al río Maipo. Tanto los recursos de agua que requiere este canal como la ubicación de su toma en el río Cachapoal se tomaron del estudio de prefactibilidad de la hoya del río Maipo realizado por la firma consultora IPLA para la Dirección General de Aguas. La capacidad de este canal sería de $35 \text{ m}^3/\text{seg}$ y captaría sus aguas inmediatamente aguas abajo de la descarga de la Central Sauzalito. En el Cuadro Nº 3 se indican los caudales que debe captar este canal para satisfacer las necesidades de riego de la hoya del río Maipo, a lo menos con 85% de seguridad. Alternativamente se consideró la existencia o no existencia de esta extracción de agua al río Cachapoal.

- Regadío Claro de Rengo :

En todas las alternativas estudiadas se consideró terminado este proyecto de regadío de la Dirección de Riego del M.O.P. Sus elementos principales están constituidos por el embalse

Los Cristales de $7,7 \times 10^6$ m³ de capacidad y captaciones subterráneas complementarias con una capacidad aproximada de 600 lts/seg.

- Canal Tinguiririca-Zamorano :

Como obra propuesta se ha considerado la posibilidad de ejecutar un trasvase desde el río Tinguiririca Estero Antivero cuyo objeto sería mejorar el regadío de la parte baja del Estero Zamorano. Para los efectos de la operación hídrica del sistema se ha considerado una capacidad máxima para este canal de 10 m³/seg. Este canal captaría las aguas en la parte alta del río Tinguiririca y tendría una longitud aproximada de 4 Km. Este trasvase se incluyó en todas las alternativas estudiadas por cuanto además de ser muy económico, no se contaría con otra fuente de recursos de agua para mejorar el regadío de la parte baja del Estero Zamorano.

- Embalse Convento Viejo :

El estudio se efectuó para la capacidad oficial de este embalse que es de 456×10^6 m³. Además se estudió la alternativa de ampliar la capacidad prevista a 600×10^6 m³.

- Canal Tinguiririca-Chimbarongo :

En el estudio de alternativas se consideró la inclusión o no inclusión de un canal de trasvase desde el río Tinguiririca al Estero Chimbarongo. Este canal tendría por misión suministrar recursos de Invierno y Primavera al embalse Convento Viejo. Este canal tendría una longitud de 5 Km, habiéndose considerado para él una capacidad máxima de 15 m³/seg.

- Canal Convento Viejo-Tinguiririca :

Se ha incluido el estudio del regadío de parte del sector TI-3, fuertemente deficitaria de agua, en base a recursos provenientes del embalse Convento Viejo, para ello se consulta un canal de aproximadamente 17 Km. de longitud, cuya capacidad se ha hecho variar en los distintos casos analizados. La capacidad total de este trasvase estaría constituida por la de este nuevo canal, más la de un canal existente denominado Las Trancas que traspasa aguas del Estero Chimbarongo al río Tinguiririca. Se han considerado varias capacidades para el total de este trasvase, hasta un máximo de 20 m³/seg.

- Embalse Tinguiririca :

A objeto de investigar la influencia que tendría sobre la operación hídrica de la hoya se consideraron también algunos casos que inducían una regulación de las aguas de la parte alta de la hoya del río Tinguiririca, en un embalse natural situado sobre el río Claro y muy próximo a la confluencia de este río con el Tinguiririca. Se consideraron para este embalse capacidades variables entre 50×10^6 m³ y 150×10^6 m³.

4.- OPERACIONES REALIZADAS.

Para el estudio del sistema hídrico se efectuaron alrededor de 40 operaciones con el modelo de simulación, tanto para la hoya del río Tinguiririca como para la hoya del río Cachapoal, considerando las diferentes combinaciones entre alternativas de obras y demandas de agua.

En la hoya del río Cachapoal se estudió el abastecimiento de agua de riego sin incluir grandes obras adicionales, excepto la tecnificación del regadío en los diferentes sectores. Se estudió además, el mejoramiento del regadío de esta hoya en base a diferentes alternativas de capacidad del embalse Collicura. Se consideraron luego extracciones de agua para el río Maipo, combinadas con diferentes alternativas de capacidad para el embalse Collicura, verificándose en cada uno de estos casos la incidencia que ella tendría en el regadío de cada uno de los sectores. Finalmente, se analizaron los mismos casos recién mencionados consultando la inclusión de la Central Hidroeléctrica Collicura. Con fines de verificación, se efectuaron además algunas operaciones simuladas, cambiando la prioridad de la extracción de agua para el canal Cachapoal-Maipo.

En el Cuadro Nº 4 que se incluye al final, se indica un resumen de las características principales consideradas para cada una de las operaciones simuladas realizadas para la hoya del río Cachapoal.

Para el río Claro de Rengo, en todos los casos, se consideró una sola alternativa que incluyó la operación del proyecto de la Dirección de Riego del Embalse Los Cristales.

En la hoya del río Tinguiririca se consideró la operación conjunta de sus propios recursos con los del Estero Chimbarongo y los excedentes provenientes del Río Teno a través del canal Teno-Chimbarongo. Para cada capacidad del embalse Convento Viejo se consideraron distintas superficies demandantes provenientes del sector CV-1 combinadas con diferentes capacidades máximas del canal de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca para el regadío del Sector TI-3. En algunas de estas operaciones se incluyó alternativamente la operación del canal de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo, a objeto de valorar su incidencia en el regadío del sistema. En todas las operaciones se incluyó el trasvase Tinguiririca-Zamorano por cuanto, como ya se indicó, el sector ZA-2 no contaría con otra fuente de recursos. Finalmente, se efectuaron algunas operaciones simuladas incluyendo varias capacidades para el embalse Tinguiririca. En el Cuadro N° 5 se indica un resumen con las características principales de todas las operaciones del modelo realizadas para la hoya del río Tinguiririca y Estero Chimbarongo.

5.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL REGADIO DE LA HOYA.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de todas las operaciones simuladas realizadas y combinaciones de alternativas consideradas. Para su mejor comprensión estos resultados se presentan separadamente para cada una de las sub-cuencas y sectores en que se ha dividido la hoya del río Rapel.

5.1. Hoya Río Cachapoal.

En el Cuadro Nº 6 se presentan los resultados referentes a superficies y seguridades de riego para los sectores de esta hoya, para cada una de las alternativas y combinaciones de alternativas consideradas. Para cada sector caben resaltar los siguientes aspectos principales :

- Sector CA1 39.680 há.s. (Ribera norte 1a. Sección Río Cachapoal).

Si no se incluye la construcción del embalse Collicura y los recursos de agua del río Cachapoal se destinan sólo al regadío de su propia hoya, la seguridad de la superficie total de riego de este sector, aumenta considerablemente respecto a la situación actual llegando a ser de 92%. Para estas condiciones, la superficie de riego con seguridad igual o superior a 97% sería de unas 31.000 há.s.

Si se incluye el embalse Collicura destinado únicamente al regadío de la propia hoya, la seguridad de riego aumenta aún más, llegándose incluso a servir la totalidad del área con una seguridad igual o superior a 97% para una capacidad del embalse Collicura de 200×10^6 m³.

Si se incluyen extracciones para el canal Cachapoal-Maipo, con prioridad al regadío de la propia hoya, se requeriría el embalse Collicura con una capacidad de 250×10^6 m³ para resolver los problemas de seguridad de riego de los cuatro sectores del río Cachapoal. Con 200×10^6 m³ de capacidad la seguridad de riego del Sector CA⁴ se ve algo desmejorada. Para esta última capacidad la seguridad de riego de este sector sería de 89% y con una seguridad igual o superior a 97% se regaría una superficie de 23.270 hás.

Si a las condiciones últimas referidas, se agrega además la ejecución de la Central Hidroeléctrica Collicura, la seguridad de riego disminuye a 81%, regándose con seguridad igual o superior a 97% la misma superficie de 23.270 hás.

En el Gráfico Nº 1 se presentan las relaciones entre superficie regada y seguridad de riego para las cuatro condiciones citadas.

- Sector CA2. 33970 hás. (Ribera Sur 1a. Sección Río Cachapoal).

A la superficie propia de riego de este sector se ha agregado para la operación de este modelo 1.500 hás. provenientes del Sector CL1 que son regadas mediante el Estero Tipaume, a través del Canal Errázuriz, en base a recuperaciones de riego del Sector CA2. Con esto el modelo opera como si este sector tuviera 35.470 hás.

Para las mismas condiciones referidas en el Sector CA1 las características serían :

- Sin Embalse Collicura. Seguridad de riego = 97%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 27.820 hás.
- Embalse Collicura 200×10^6 m³. Seguridad de riego = 97%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 35.470 hás.

- Embalse Collicura $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ con extracciones para Río Maipo. Seguridad de riego = 89%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 20.800 hás.
- Idem anterior con Central Hidroeléctrica Collicura.
Seguridad de riego = 81%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 20.800 hás.

En el Gráfico Nº 2 se presentan las relaciones entre superficie regada y seguridad de riego para las cuatro condiciones citadas.

- Sector CA3 18.760 hás. (Segunda Sección Río Cachapoal).
- Las características de riego para las mismas condiciones enunciadas en los sectores precedentes, son las siguientes:
- Sin Embalse Collicura. Seguridad de riego = 83%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 7.860 hás.
 - Embalse Collicura $200 \times 10^6 \text{ m}^3$. Seguridad de riego = 94%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 11.860 hás.
 - Embalse Collicura $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ con extracciones para Río Maipo. Seguridad de riego = 81%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 5.880 hás.
 - Idem anterior con Central Hidroeléctrica Collicura
Seguridad de riego = 75%
Superficie con seguridad 97% o mayor = 5.880 hás.

En el Gráfico Nº 3 se presentan las relaciones entre superficie regada y seguridad de riego para las cuatro condiciones citadas.

- Sector CA⁴ 33.000 hás. (3a. Sección del Río Cachapoal).

Si no se construye el embalse Collicura y los recursos de agua del río Cachapoal se destinan únicamente al regadío de su propia hoya, la seguridad de riego de este sector resulta ser de 56%. Con 85% de seguridad sólo podrían regarse alrededor de 7.000 hás.

Cabe señalar y como ya se ha hecho presente anteriormente, que en estas operaciones del modelo no se han incluidos los recursos de agua provenientes de captaciones subterráneas ni de afloramientos propios de las napas subterráneas. Los recursos que por este concepto pueden obtenerse pueden agregarse a aquellos con que cuenta el Sector CA⁴ por ser el más bajo de la hoya, independientemente del lugar en que se ubiquen hacia aguas arriba. Esto se debe a que, por ejemplo, cualquier captación subterránea situada en un sector más alto liberaría recursos que podrían ser utilizados en el Sector CA⁴. Una estimación, en todo caso pesimista, de los caudales que podría disponerse por este concepto, sería del orden de 5m³/seg, disponibles en cualquier momento que se requiera y con una seguridad muy alta, dada la regulación natural con que cuentan, debido al gran volumen de almacenamiento de los acuíferos. Estos recursos adicionales permitirían regar una superficie del orden de 4.000 hás., lo que sería válido también para las otras alternativas que se indican a continuación para este sector. En estas condiciones la superficie que se regaría con 85% aumentaría a 11.000 hás. Puede señalarse además, que con 97% de seguridad o más se regaría una superficie de aproximadamente 5.500 hás.

Si se construyera el embalse Collicura destinado únicamente a mejorar el riego de su propia hoya, para regar la totalidad del Sector CA⁴ con 85% de seguridad, su capacidad debería ser de 150×10^6 m³ si no se tienen en cuenta los recursos sub-

terráneos; si se tienen en cuenta estos últimos recursos la capacidad necesaria disminuye a 120×10^6 m³. En este caso, la superficie regada con 97% de seguridad o más sería de una 7.000 hás. incluyendo la utilización de recursos subterráneos en la hoya.

Considerando extracciones prioritarias para el canal Cachapoal-Maipo y un Embalse Collicura de 250×10^6 m³ de capacidad, la seguridad de riego de este sector sería de 83%.

Para un Embalse Collicura de 200×10^6 m³ de capacidad y extracciones prioritarias del canal Cachapoal-Maipo, la seguridad de riego de este sector sería de 72%. Con seguridad igual o superior a 97% la superficie regada sería de unas 1.500 hás. Agregando el área posible de servir con recursos subterráneos, esta última superficie aumenta a 5.500 hás.

Para las mismas condiciones del caso recién mencionado y considerando ahora además la existencia de la Central Hidroeléctrica Collicura, la seguridad de riego del sector se reduce a 69%. Para una seguridad de riego igual o superior a 97% la superficie regada sería la misma del caso anterior, es decir, 5.500 hás.

En el Gráfico Nº 4 se indican relaciones entre superficies regadas y seguridad de riego para las diferentes condiciones consideradas.

En el Gráfico Nº 5 se indica la variación de la seguridad de riego de este sector en función de la capacidad del embalse Collicura, sin tener en cuenta el uso de recursos subterráneos. Se indican tres relaciones según que se considere, sólo el riego de la propia hoya o bien se agreguen las extracciones del canal Cachapoal-Maipo y la Central Hidroeléctrica Collicura.

- Observación General al Regadío de la Hoya del
Río Cachapoal.

Cabe destacar, según ya se ha hecho presente, que para los fines de este estudio de prefactibilidad, la distribución de las aguas en la hoya se ha ejecutado dando prioridad a los sectores más altos frente a los más bajos; esto con el objeto de concentrar los posibles déficits de agua en las partes bajas de la cuenca donde pueden ser abastecidos con mayor facilidad con recursos provenientes de más al sur. A ello se debe que en los resultados recién expuestos aparezcan con mayor seguridad de riego los sectores más altos frente a los más bajos. En el futuro y una vez decidida la alternativa más apropiada para esta hoya, procedería estudiar las normas de operación más adecuadas, a objeto de distribuir los recursos de agua en forma más uniforme entre todos los sectores.

En nuestras proposiciones para el uso recomendado del suelo hemos consultado las siguientes superficies para frutales y viñas en cada uno de los sectores de esta hoya :

Sector CA1	=	21.435 Hás.
Sector CA2	=	14.476 Hás.
Sector CA3	=	5.710 Hás.
Sector CA4	=	<u>8.759 Hás.</u>
T o t a l		50.380 Hás.
		=====

La condición indispensable para la existencia de esta superficie de frutales y viñas, es que ellas cuenten con recursos de agua suficientes y de seguridad muy elevadas. A este respecto el modelo de simu-

lación indica las siguientes superficies que podrían regarse con seguridad igual o superior a 97% (*), para el caso más desfavorable para la hoya, cual es el de considerar extracciones prioritarias para el canal Cachapoal-Maipo, embalse Collicura de 200×10^6 m³ y existencia de la Central Hidroeléctrica Collicura:

Sector CA1	=	23.270 Hás.
Sector CA2	=	20.800 Hás.
Sector CA3	=	5.880 Hás.
Sector CA4	=	<u>5.500 Hás.</u>
T o t a l		55.450 Hás. =====

Este resultado hace ver que el total de 50.380 hás. de frutales y viñas propuestas para la hoya del río Cachapoal tendría su riego asegurado. Quedaría si pendiente un análisis posterior, que no se justifica en este momento, para la redistribución de derechos de agua a los canales de los distintos sectores, tendientes a obtener una adecuada distribución de los recursos de agua.

- Abastecimiento Canal Cachapoal-Maipo.

En todas las operaciones simuladas realizadas para esta hoya, el canal Cachapoal-Maipo puede ser abastecido en sus necesidades de agua con 100% de seguridad, cuando dichas demandas se plantean prioritariamente a las del resto de la hoya. Según ya se indicó, las demandas de este canal corresponden a las necesidades de la hoya del río Maipo, para satisfacer su propio riego, como el de la nueva zona de Santiago-Norte, con 85% de seguridad a lo menos y teniendo en cuenta tanto las extracciones para el agua potable de Santiago como los requerimientos del nuevo riego de las áreas de Curacaví-Casablanca. La

(*) Superficie regada con seguridad igual o superior a 97%, es aquella que es siempre abastecida, durante los 35 años estadísticos de que se dispone para el análisis.

influencia de este traspaso de aguas hacia el río Maipo, sobre la propia hoya del río Cachapoal, ya fue analizada en los párrafos precedentes.

Se analizó también el caso de no dar prioridad a estos traspasos de agua frente a las demandas de la propia hoya del Cachapoal. Esta alternativa debió descartarse debido a que la seguridad de los traspasos resultó totalmente inadecuada. A título ilustrativo se indican las seguridades de servicio de dicho canal, para distintas capacidades del Embalse Collicura.

SEGURIDADES CANAL CACHAPOAL-MAIPO (%)

Volumen Collicura (10 ⁶ m ³)	Con Central Hidroeléctrica	Sin Central Hidroeléctrica
50	42	42
100	53	56
150	64	64
200	69	72
250	78	86

5.2 Hoya Río Claro de Rengo.

- Sector CL1 7.840 hás. (1a. Sección Río Claro de Rengo).

Para la situación futura, a la superficie neta regada por los canales de la primera sección del río Claro de Rengo, se le debe descontar dos áreas que actualmente

son regadas con canales de esta sección (Peñón y Población) y que el proyecto de regadío de la Dirección de Riego las traspasa al Canal Jorge Errázuriz, que capta sus aguas en el Estero Tipaume.

Los recursos del Estero Tipaume provienen de los derrames de riego de las zonas regadas por canales de la ribera sur de la primera sección del río Cachapoal (Sector CA2).

Traspassando al Canal Errázuriz estas partes de las áreas regadas por los canales Peñón y Población, el área total servida por el Canal Errázuriz sería de 1.500 hás.

La superficie total bajo canales de la primera sección del río Claro de Rengo, se reduciría entonces a 6.340 hás. Cabe observar, en todo caso, que la Dirección de Riego en su proyecto para esta área, considera sólo 4.650 hás. para la superficie bajo canales de la primera sección del río Claro de Rengo. Para los fines de este estudio, se adoptarán los valores obtenidos por la Dirección de Riego en este sector, ya que se considera que son más exactos, al ser determinados en forma más detallada, revisando a nivel predial la cuantía de las superficies no productivas.

De las operaciones del modelo de simulación para las condiciones futuras de esta hoya, se obtiene que las 4.650 hás. propias de este sector se regarían con una seguridad de 83%. La superficie regada con 85% de seguridad sería de 4.500 hás. Cabe señalar que en estos resultados no se ha incluido la operación de las captaciones subterráneas previstas por la Dirección de Riego, cuya capacidad, para toda el área del proyecto, es de 600 lts/seg. Estas captaciones subterráneas permiten dar una seguridad 85% o superior a esta área.

Las 1.500 hás. de este sector, atendidas por el Canal Errázuriz, presentan a lo menos, las mismas seguridades de riego señaladas

anteriormente para el Sector CA2, por cuanto su riego se estudió en forma conjunta. La seguridad de riego de estas 1.500 hás. sería aún más alta de lo señalado, por cuanto en el proyecto de la Dirección de Riego se incluyen pozos de captación subterránea con una capacidad del orden de los 400 lts/seg, destinados a mejorar el riego de las áreas atendidas con recuperaciones del Sector CA2.

Con seguridad igual o superior a 97%, la superficie regada en este sector, incluyendo el área traspasada al Canal Errázuriz y considerando el aporte de los pozos de captación subterránea, sería del orden de 3.500 a 4.000 has. El programa de frutales y viñas propuesto para este sector en el uso recomendado del suelo, (3.834 hás.), está en concordancia con esta superficie.

En el Gráfico Nº 6 se indica la relación para superficie regada y seguridad de riego para este sector.

- Sector CL2 6.400 hás. (2a. Sección del río Claro de Rango).

Para las condiciones futuras consideradas este sector se riega siempre íntegramente, con seguridad igual o superior a 97%. La superficie de frutales y viñas propuesta en el uso recomendado del suelo para este sector es de solamente 1.817 hás, la que dispondría de total seguridad de riego.

En el Gráfico Nº 7 se indica la relación para superficie regada y seguridad de riego para este sector.

5.3 Hoya del Estero Zamorano.

- Sector ZA1 2.590 hás. (1a. Sección del Estero Zamorano).

Para las condiciones futuras consideradas este sector se regaría con una seguridad de 94%. Con seguridad igual o superior a 97% la superficie regada sería de 2.440 hás. La super-

ficie de frutales y viñas propuesta en el uso recomendado del suelo es de sólo 1.235 hás., por lo que tendría su riego totalmente asegurado.

En el Gráfico Nº 8 se indica la relación para superficie regada y seguridad de riego para este sector.

- Sector ZA2 12.570 hás. (2a. Sección del Estero Zamorano).

Este sector, tanto para las condiciones actuales como futuras, es bastante deficitario de agua. Es así como en las condiciones actuales no podría regar más de 5.010 hás. con 85% de seguridad.

A las 9.740 hás. actuales de riego de este estero puede agregarse la superficie, prácticamente de nuevo riego, correspondiente a la zona atendida por los tranques Idahue, Millahue y Las Pataguas, que cuentan con muy escasos recursos de agua, con esto se totaliza la superficie de 12.570 hás. susceptible de riego.

La única posibilidad de mejorar sustancialmente el regadío de este sector, es mediante la ejecución de un transvase de agua desde la cuenca situada inmediatamente más al sur, que es la del río Tinguiririca. Esto puede lograrse en forma muy simple mediante un canal del orden de 4 Km. de longitud, que pasaría recursos del río Tinguiririca al Estero Antivero.

En vista de que este sector no dispondría de otra fuente de agua y que el trasvase referido resulta bastante económico, para la operación futura del sistema se ha incluido dicho canal con una capacidad máxima de 10 m³/seg. Para estas condiciones la seguridad de riego del sector sería de 81%, aún cuando ella puede ser aumentada en base a captaciones sub-

terráneas, no incluidas como se ha señalado en la operación del modelo de simulación. Estas captaciones podrían tener una capacidad mínima de 500 lts/seg, o aún 1.000 lts/seg si se estimara conveniente. Con seguridad 94%, la superficie regada sería de 4.800 há.s. Como punto singular del análisis se presenta el año estadístico 1968, que correspondería a una seguridad igual o superior a 97%, durante el cual sólo podrían regarse alrededor de 1.000 há.s. sin incluir los recursos de agua subterránea. Cabe destacar que el grado de seguridad de 1968 debe ser mucho mayor que el aquí considerado, debido a que la probabilidad de ocurrencia de un año tan seco como este, aparece exagerada en el corto período de 35 años utilizado para el análisis.

La superficie de frutales y viñas propuesta para este sector en el uso recomendado del suelo es de 3.684 há.s.

En el Gráfico Nº 9 se indica la relación para superficie regada y seguridad de riego para este sector.

- Observación General al Regadío de la Hoya del Estero Zamorano.

Al igual que lo señalado para la hoya del río Cachapoal, deberá estudiarse en un análisis posterior, la mejor distribución de los derechos de agua entre los dos sectores de este estero para las condiciones futuras del sistema, a objeto de lograr un riego más uniforme a lo largo de él. La superficie de frutales y viñas recomendada en conjunto para todo el Estero Zamorano es de 4.919 há.s. Los recursos de agua disponibles para ello, con seguridad igual o superior a 97%, permitirían regar las siguientes superficies :

- Sector ZA1	=	2.440 Hás.
- Sector ZA2	=	1.000 Hás.
- Afloramientos y captaciones subterráneas	=	1.500 Hás.
T o t a l		<u>4.940 Hás.</u>
		=====

El riego de frutales y viñas estaría entonces garantizado, eso sí, debidamente reforzado por captaciones subterráneas.

5.4 Hoya del Río Tinguiririca.

- Sector TI-1 15.410 hás. (Zona Alta Ribera Derecha Río Tinguiririca.

Por las razones expuestas más adelante al hacer referencia al Sector TI-3 y para los fines de operación del modelo bajo condiciones futuras, se ha incrementado el área de este sector en 2.805 hás. pertenecientes al Sector TI-3, las que quedan situadas por sobre la cota del canal de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca y que por lo tanto resulta conveniente de operar en conjunto con los sectores más altos. Por esta razón se le asigna a este sector una superficie total de 18.215 hás. para los fines del presente análisis.

Para las condiciones futuras consideradas, la seguridad de riego del sector resulta ser de 89%. Con seguridad igual o superior a 97% la superficie regada sería de 13.390 hás.

La superficie de frutales y viñas propuesta para este sector en el uso recomendado del suelo, es de solamente 6.068 hás. por lo que su riego estaría totalmente garantizado.

En el Gráfico N° 10 se indica la relación de superficie regada y seguridad de riego.

- Sector TI-2 25.640 hás. (Zona Alta Ribera izquierda Río Tinguiririca).

Por la misma razón antes señalada, para los fines de operación del modelo para las condiciones futuras, la superficie de este sector se incrementó en 2.805 hás. provenientes de la parte alta del Sector TI-3. La superficie considerada entonces para el análisis de este sector ha sido de 28.445 hás.

Para las condiciones futuras consideradas, la seguridad de riego del sector resulta ser de 89%. Con seguridad igual o superior a 97% la superficie regada sería de 20.900 hás.

La superficie de frutales y viñas propuesta para este sector en el uso recomendado del suelo es solamente de 10.448 hás. por lo que su riego estaría totalmente garantizado.

En el Gráfico N° 11 se indica la relación de superficie regada y seguridad de riego.

- Sector TI-3 21.820 hás. (Zona Baja Río Tinguiririca).

Los recursos de agua propios de este sector resultan ser bastante escasos, es así como la seguridad de riego para las condiciones futuras sería de sólo 36%. En el Gráfico N° 12 se indica la relación entre superficie regada y seguridad de riego para este sector.

Se ha propuesto mejorar el regadío de esta área mediante un canal de trasvase proveniente de más al sur, el cual aprovecharía aguas reguladas en el Embalse Convento Viejo. Este

canal, analizado en otro informe de este estudio, en conjunto con el Canal Las Trancas existente de aproximadamente 5m³/seg de capacidad, que capta sus aguas en el Estero Chimbarongo y las conduce a la parte baja del río Tinguiririca, dejarían bajo cota de riego una superficie total de 16.210 hás. Quedarían por lo tanto, 5.610 hás. a mayor cota que el trasvase referido, las que deberían regarse exclusivamente con los recursos propios del río Tinguiririca. Es por esta razón que esta superficie se ha repartido entre los sectores TI-1 y TI-2 y se ha operado en conjunto con ellos. La seguridad de riego de estas 5.610 hás. sería la misma ya indicada anteriormente para dichos sectores más altos.

Se analizan a continuación las condiciones de riego de las 16.210 hás. de la parte baja del sector TI-3. El regadío de esta área depende fundamentalmente de dos parámetros a saber : la capacidad que se asigna al Embalse Convento Viejo y la capacidad del canal de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.

Para la capacidad considerada hasta ahora de 456×10^6 m³, la variación de la seguridad de riego de esta parte baja del Sector TI-3 en función de la capacidad total de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, se indica en el Gráfico N° 13. No es posible lograr, con los recursos de agua disponibles, una seguridad de riego para toda el área igual o superior a 85%, considerándose aceptable para este caso, una seguridad del orden de 80%. Para ello se requeriría una capacidad de trasvase total del orden de 16 m³/seg, de los cuales 5 m³/seg corresponden al canal existente Las Trancas, requiriéndose un nuevo canal de 11 m³/seg de capacidad, similar al considerado por la Dirección de Riego en un estudio de alternativa para regadío de esta zona. En el Gráfico N° 14 se indica la variación de la superficie regada en función de la seguridad para este caso.

Se ha estimado además, la alternativa de ampliar el Embalse Convento Viejo a 600×10^6 m³ de capacidad, determinándose la incidencia que ello tendría en el regadío tanto en la parte baja del Sector TI-3, como en su propio sector CV1. Para esta condición la variación de la seguridad de riego de esta parte baja del Sector TI-3 en función de la capacidad total de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, se indica en el Gráfico Nº 15. No es posible lograr, tampoco en este caso, con los recursos de agua disponibles, una seguridad de riego para toda el área igual o superior a 85%, considerándose aceptable para este caso, una seguridad del orden de 82%. Para ello se requeriría una capacidad de trasvase del orden de 16 m³/seg, igual que en el caso anterior. En el Gráfico Nº 16 se indica la variación de la superficie regada en función de la seguridad.

Debe hacerse presente que los resultados referidos corresponden al caso en que la superficie propia de riego del Embalse Convento Viejo y que es la que solicita agua a dicho embalse, se limita a la que se puede atender con una seguridad del orden de 85%.

Como se verá en un punto más adelante, al analizarse el regadío propio del Embalse Convento Viejo, Sector CV1, el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca reduce el área de riego de CV1.

Otra alternativa para mejorar el riego de este sector, sin incluir el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, sería regular las aguas del río Tinguiririca. La seguridad de riego que se obtendría en TI-3 en función de la capacidad de regulación es la siguiente :

Capacidad Regulación (10 ⁶ m ³)	Seguridad (%)
50	61
100	81
150	92

Desafortunadamente las condiciones físicas de la hoya no son adecuadas para un embalse de esta naturaleza.

5.5 Hoya del Estero Chimbarongo.

- Sector CV1 89.710 hás. (Zona de Riego del Embalse Convento Viejo).

La zona de riego del Estero Chimbarongo, afluente del río Tinguiririca, es en la actualidad bastante deficitaria de recursos de agua, por lo que se encuentra en estudio el Embalse Convento Viejo sobre este estero, que tendría por objeto no sólo mejorar el regadío de los terrenos actualmente regados, sino también incorporar al riego terrenos actualmente de secano. La capacidad considerada actualmente para este embalse es de 456×10^6 m³, habiéndose analizado en este estudio la operación hídrica del sistema no sólo para dicha capacidad, sino también para otra mayor de 600×10^6 m³.

- Embalse Convento Viejo de 456×10^6 m³.

A objeto de complementar los recursos de agua principalmente de Invierno de este embalse, se ha considerado la construcción del canal denominado Tinguiririca ..

Chimbarongo. Este permite traspasar recursos entre dichos cauces, tendría una longitud de 5 Kms. y para él se ha considerado una capacidad máxima de 15 m³/seg.

Bajo estas condiciones y si no se traspasan recursos hacia la parte baja del río Tinguiririca (Canal Convento Viejo Tinguiririca), la superficie posible de regar en el Sector CV1 con 85% de seguridad sería de 71.000 há.s. Si se envían recursos desde el Embalse Convento Viejo al Sector TI3, si bien el regadío de dicho sector mejora considerablemente, la superficie regada en el Sector CV1 disminuye al aumentar la capacidad de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca. En el Gráfico Nº 17 se indica la variación de la superficie regada con 85% de seguridad en el Sector CV1 en función de la capacidad máxima del trasvase Convento Viejo-Tinguiririca. Es así como para una capacidad de trasvase de 12 m³/seg la superficie regada en CV1 disminuye a 64.000 há.s. y para 16 m³/seg se reduce a 59.000 há.s.

En estos resultados y según se ha indicado, está incluida la operación del canal de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo. En caso de no incluirse este trasvase, la seguridad de riego del Sector CV1 disminuye en 6%.

En los resultados anteriores también está incluida la operación del Canal Tinguiririca-Zamorano, el que riega del orden de 8.000 há.s. en el Sector ZA2. Evidentemente, si no se incluyera dicho canal la superficie de riego del Sector CV1 aumentaría también en alrededor de 8.000 há.s.

Para una mejor referencia, en los Cuadros Nº 7, 8 y 9 se indican las estadísticas de caudales medios mensuales conducidos por los canales Tinguiririca-Zamorano y Tinguiririca Chimbarongo y el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.

Además, en el Gráfico N° 18 se indica la variación de la superficie regada en CV1 en función de la seguridad, considerando la existencia de los trasvases Tinguiririca-Chimbarongo (15 m³/seg), Tinguiririca-Zamorano (10 m³/seg) y Convento Viejo Tinguiririca (12 m³/seg).

En vista de que el riego de los sectores ZA2 y TI-3 afectan la superficie regada en el sector CV1, debe tomarse una decisión respecto a las prioridades de riego de estos tres sectores. Teniendo en cuenta que el área que se afectaría en CV1 corresponde a terrenos de nuevo riego, en general de inferior calidad respecto a ZA2 y TI-3 y que estos últimos son actualmente de riego y cuentan con infraestructura existente, en el caso de existir limitación de recursos de agua, se considera preferible reducir la superficie de nuevo riego del Sector CV1 en beneficio de los sectores ZA2 y TI-3, en vista de esto las condiciones recomendables para este caso serían :

- Canal Tinguiririca-Zamorano con 10 m³/seg de capacidad. Las condiciones de riego del Sector ZA2 beneficiado por él, se indicaron anteriormente en este informe. De acuerdo con los valores señalados en el Cuadro N° 7, la capacidad de 10 m³/seg para este canal sería bastante adecuada.
- Canal Tinguiririca-Chimbarongo con 15 m³/seg de capacidad. Se considera su inclusión en el sistema por el aumento en la seguridad de riego que produce en el Sector CV1. Se trata de un canal muy corto, debiendo afinarse un poco más su capacidad definitiva en la etapa de proyecto.
- Trasvase Convento Viejo-Tinguiririca : De acuerdo con los resultados antes expuestos para el Sector TI-3, la capacidad más adecuada para este trasvase sería del orden de 16 m³/seg.

- Superficie regada en el Sector CV1 con 85% de seguridad: 59.000 há.s.

- Embalse Convento Viejo de 600×10^6 m³.

Para la operación del sistema con esta capacidad de embalse se ha considerado la existencia, por las razones indicadas, de los trasvases Tinguiririca Zamorano y Tinguiririca-Chimbarongo. Si no se incluye el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, la superficie regada en el Sector CV1 con 85% de seguridad sería de 84.500 há.s. Al igual que en el caso anterior, la eliminación del trasvase Tinguiririca-Chimbarongo reduce la seguridad de riego del Sector CV1 en aproximadamente 6%. La operación del trasvase Convento Viejo-Tinguiririca reduce también la superficie regada en CV1. Para una capacidad de trasvase de 12 m³/seg la superficie regada se reduce a 78.500 há.s. y para 16 m³/seg a 77.500 há.s. En el Gráfico Nº 17 se indica esta relación entre superficie regada en CV1 con 85% de seguridad y capacidad del trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.

Por las mismas razones antes expuestas las condiciones recomendables para este caso serían :

- Canal Tinguiririca-Zamorano con 10 m³/seg de capacidad
- Canal Tinguiririca-Chimbarongo con 15 m³/seg de capacidad
- Traslase Convento Viejo-Tinguiririca con 16 m³/seg de capacidad
- Superficie regada en el Sector CV1 con 85% de seguridad : 77.500 há.s.

6.- REGADIO DE YALI-ALHUE.

Para todas las operaciones realizadas el modelo de simulación determina mes a mes los excedentes de agua que aún quedarían disponibles, en la cabecera de la segunda sección del río Cachapoal, para atender otras necesidades de agua que pudieran plantearse. Estos excedentes corresponden a los recursos de agua de que se dispondría una vez satisfechas todas las demandas de agua de la hoya del Cachapoal e incluso las que plantea el canal Cachapoal-Maipo en los casos que corresponden.

Los excedentes de agua, en todos los casos analizados corresponden fundamentalmente a recursos de agua de Invierno, por lo que para su utilización en regadío requieren ser regulados. Ellos representan caudales medios anuales del orden de 37 a 45 m³/seg según sea la alternativa que se considere para el aprovechamiento de los recursos hídricos de la hoya del río Cachapoal.

De todos los casos analizados es interesante analizar en detalle dos de ellos que corresponden a situaciones relativamente extremas en lo que se refiere a la magnitud de los excedentes disponibles. Estas dos situaciones son las siguientes :

- No se construye el Embalse Collicura y los recursos de la hoya se aprovechan sólo en su propio riego.
- Embalse Collicura de 200×10^6 m³, con extracciones del canal Cachapoal-Maipo y operación de la Central Hidroeléctrica Collicura.

En los Cuadros N^o 10 y 11 se presentan las estadísticas de los excedentes de agua disponibles para las dos situaciones señaladas.

Se ha considerado la posibilidad de aprovechar estos excedentes en el regadío de la zona Yali-Alhué.

Para el primer caso enunciado y considerando una capacidad de aducción limitada a 15 m³/seg, sería posible regar con 85% de seguridad la totalidad de estos terrenos cuya superficie asciende a 21.450 há. Esto exige disponer de una capacidad anual de regulación de 166×10^6 m³ que podría situarse localmente en la propia zona afectada.

Para la segunda condición indicada, considerando la misma capacidad de aducción, los recursos de agua disponibles sólo permitirían regar con 85% de seguridad a lo menos el 76% de la superficie. Esto requeriría una regulación anual de la misma capacidad anterior. Si se considera la alternativa de regular interanualmente estos recursos de agua, con un embalse de 315×10^6 m³ de capacidad podría regarse toda la superficie disponible, con 85% de seguridad. Si este embalse se aumenta a 450×10^6 m³ de capacidad, la superficie se regaría prácticamente con seguridad total. Estas últimas alternativas que incluyen embalses de mayor capacidad resultan interesantes desde el punto de vista de aprovechar la regulación de la Laguna de Aculeo para el regadío de la zona de Yali-Alhué.

7.- GENERACION HIDROELECTRICA.

El modelo de simulación permite determinar también, para las diferentes alternativas consideradas, las generaciones hidroeléctricas que pueden esperarse en las diferentes centrales existentes en esta cuenca.

Se indican a continuación las generaciones medias anuales para estas centrales, para las alternativas que se señalan :

VALORES en 10^6 KWh por AÑO

Centrales	A l t e r n a t i v a s			
	a	b	c	d
Pangal	152	152	152	152
Coya	267	267	267	110
Sauzal y Sauzalito	552	543	531	556
Rapel	909	852	818	818

a: Si no se construye Embalse Collicura

b: Embalse Collicura de 200×10^6 m³ sólo para regadío de la propia hoya

c: Embalse Collicura 200×10^6 m³ con demandas Canal Cachapoal-Maipo

d: Idem c), agregándose Central Hidroeléctrica Collicura

Debe señalarse que en todos los casos indicados se incluye la operación del Canal Teno-Chimbarongo, de acuerdo con las pautas del convenio vigente entre la Dirección de Riego y ENDESA.

Para el caso en que además se considere el regadío de Yali-Alhué en base a excedentes de Invierno del río Cachapoal, la generación anual de la Central Rapel se vería disminuída en 30×10^6 KWh.

En el caso de incluirse la Central Hidroeléctrica de Collicura, con un Embalse de Collicura de 200×10^6 m³ de capacidad, ella podría proporcionar una generación media anual de 827×10^6 KWh.

Esta central tendría una potencia instalada de 200.000 KW y una capacidad máxima de aducción de 75 m³/seg. Podría garantizar su potencia a lo menos durante 8 horas diarias con 94,3% de seguridad mensual.

8.- DEFICITS DE AGUA DE LA HOYA.

Si se quisiera completar el regadío de toda la hoya del río Rapel con a lo menos 85% de seguridad, se requeriría trasvasar recursos de agua de hoyas situadas más al sur, los que deberían ser conducidos sólo durante la temporada de riego. Se indican separadamente los déficits de la hoya del río Cachapoal y Tinguiririca-Chimbarongo.

- Hoya Río Cachapoal :

Los déficits de esta hoya se concentran en la parte baja de ella, Sector CA4. Si no se considera la construcción del Embalse Collicura, para aumentar la seguridad de riego de este sector a 85%, se requeriría un trasvase con una capacidad máxima del orden de $19 \text{ m}^3/\text{seg}$. Si se considera el Embalse Collicura de $120 \times 10^6 \text{ m}^3$, sin el canal Cachapoal-Maipo y sin la Central Hidroeléctrica Collicura, no se requeriría de ningún trasvase según se ha analizado en puntos anteriores. Para un Embalse Collicura de $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ de capacidad, con central hidroeléctrica y con extracciones del canal Cachapoal Maipo, la capacidad de trasvase requiere ser sólo de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$. Este trasvase requeriría alcanzar el río Cachapoal a una cota cercana a 170 m.s.n.m.

Estos recursos debieran llegar desde el sur al Estero Antivero a una cota cercana a 430 m.s.n.m, a través del cual se conducirían naturalmente por este estero y el Estero Zamorano a la cabecera del Sector CA4.

Para el caso del Embalse Collicura de $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ con extracciones del canal Cachapoal-Maipo y con Central Hidroeléctrica Collicura, el volumen adicional de agua que requeriría el Sector CA4 en un año con 85% de seguridad hidrológica, sería de $65 \times 10^6 \text{ m}^3$.

- Hoya Río Tinguiririca-Chimbarongo :

Los déficits en estas hoyas se producen todos en el área de nuevo riego del embalse Convento Viejo. Si se quisiera regar con 85% de seguridad la totalidad del área que podría ser beneficiada por este embalse, se requeriría de un trasvase adicional de 162×10^6 m³/año para la alternativa de Embalse Convento Viejo de 600×10^6 m³ de capacidad. Este trasvase debería efectuarse durante la temporada de riego, pudiendo ser regulado parcialmente en el propio Embalse Convento Viejo, requiriendo una capacidad media de trasvase de 12 m³/seg.

9.- CONSIDERACIONES SOBRE LA SEGURIDAD DE RIEGO.

Tradicionalmente se ha considerado en nuestro país una seguridad de riego del orden de 85% para los nuevos proyectos de regadío. Como seguridad de riego se define el porcentaje de años de un período dado en el cual es posible satisfacer íntegramente las necesidades de agua de una superficie determinada. Esta forma de definir la seguridad de riego puede parecer un poco arbitraria, sin embargo ha dado buenos resultados en el pasado y teniendo en cuenta la complejidad del problema que analiza, que no es el caso discutir en este trabajo, puede ser considerada como aceptable.

A objeto de cuantificar la seguridad de riego de que debe dotarse un proyecto dado y poder evaluar los factores de los cuales ella depende, en el Anexo Nº B se presenta un estudio teórico, realizado tiempo atrás por nuestra oficina, en el que no sólo se determinan estos aspectos sino que además, se propone una metodología aplicable a cada caso particular. En el Anexo Nº A se realizan algunos ejemplos de la aplicación de este método al caso específico del Sector CA4 de la hoya del río Cachapoal.

Como aspectos interesantes, cabe resaltar que el factor predominante en la determinación de la seguridad óptima-económica de riego lo constituye la forma de la relación existente entre recursos de agua disponibles y seguridad de riego. Resultan determinantes también las inversiones que se requieran para obtener una determinada relación entre disponibilidad de recursos de agua (superficie regada) y seguridad de riego, resultando evidentemente que se requieren mayores seguridades de riego para inversiones mayores.

La metodología propuesta resulta práctica de aplicar para el caso de proyectos específicos. Es interesante tener en cuenta sin embargo, que en muchos casos en la práctica y dado que la seguridad óptima de riego se obtiene a través de la maximización de una relación de beneficios totales, la seguridad óptima que se obtiene presenta un rango de insensibilidad debido a que dichas relaciones de beneficios totales resultan normalmente bastante planas.

Según se expone en los ejemplos, esta seguridad óptima no requiere de determinaciones muy precisas de los distintos factores que la afectan, exceptuando eso sí la relación entre recursos de agua disponibles y seguridad de riego.

Para el caso del ejemplo citado del Sector CA4, resulta que para la alternativa de no hacer grandes obras en la hoya, limitándose sólo a tecnificar el regadío, la seguridad económica de riego queda comprendida entre 60 y 70%. Si se incluyen otras obras con inversiones importantes (Embalse Collicura), dicha seguridad aumenta a medida que crecen esas inversiones, llegándose al caso en que por ejemplo, para un embalse de Collicura de 200×10^6 m³ de capacidad destinado sólo al riego de su propia hoya, la seguridad económica de riego del Sector CA4 sería del orden de 95%.

10.- ANTECEDENTES PARA LA EVALUACION ECONOMICA.

Las diferentes alternativas y combinaciones de alternativas consideradas para la operación hídrica de la hoya del río Rapel, en general no alteran la superficie de riego de los diferentes sectores de la hoya (con la sola excepción del proyecto Convento Viejo), haciendo variar eso sí las seguridades de riego de cada uno de ellos. Para los fines de la evaluación económica de cada alternativa se ha propuesto caracterizar la superficie de riego de cada sector no por los valores extremos de superficies máximas o mínimas regadas ni por aquel correspondiente a una seguridad arbitraria de riego, sino que por aquél correspondiente a la superficie media probable que se regaría bajo una alternativa dada. Esta superficie media probable corresponde, utilizando lenguaje de probabilidades, a la esperanza matemática de la superficie regada.

Para este objeto se define un coeficiente "k" igual al cociente entre la superficie media probable de riego de un sector bajo una alternativa dada y la superficie total de riego de éste. En el Cuadro Nº 12 se han calculado estos coeficientes "k" para todos los sectores de la hoya y para diferentes alternativas de aprovechamiento de los recursos de agua. Para mayor simplicidad estos coeficientes se han determinado utilizando como referencia la superficie de riego futuro de cada sector, esto aún para el caso de las condiciones actuales en que dichas superficies son algo menores en algunos sectores y francamente menores en otros como es el caso de CV1.

La producción agrícola total de cada sector para las condiciones futuras se determinará multiplicando

la producción de cada sector, calculada suponiendo que su superficie total cuenta con 100% de seguridad de riego, por el coeficiente "k" que corresponda a cada alternativa que se esté analizando.

El valor del coeficiente "k", determinado como promedio ponderado entre los sectores para toda la hoya se indica a continuación para varias alternativas de aprovechamiento de los recursos hídricos.

La superficie total de riego de la hoya es de 293.490 há.s.

Alternativas	Coeficiente "k"
0.- Situación actual	0,74
1.- Situación actual más proyecto Convento Viejo	0,93
2.- Situación futura, con Convento Viejo sin Collicura	0,94
3.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 150×10^6 m ³	0,97
4.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 200×10^6 m ³ , con Central Hidroeléctrica, con extracciones canal Cachapoal-Maipo	0,93

NOTAS:

1. En situación futura se incluye tanto la tecnificación del regadío como la aplicación del uso recomendado del suelo.

2. En el proyecto Convento Viejo se ha incluido no sólo el mejoramiento de su propia área de riego sino también el correspondiente al Sector TI-3, en base al trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, como el correspondiente al Sector ZA2 en base al trasvase Tinguiririca-Zamorano.

C U A D R O N° 1

EXCEDENTES RIO TENO DISPONIBLES PARA CANAL TENO - CHIMBARONGO

(M3/SEG.)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	30.20	36.10	61.00	198.00	144.20	53.20	83.50	120.70	71.50	41.10	29.70	30.70	74.99
1942	21.50	25.00	24.70	92.60	32.70	42.20	78.80	46.70	17.60	4.70	12.00	15.40	34.49
1943	25.50	35.20	38.50	28.40	85.80	49.20	48.00	22.40	0.0	2.20	8.30	22.30	30.48
1944	36.30	45.50	47.70	95.90	70.70	86.50	99.30	107.90	30.50	58.50	14.80	19.10	59.39
1945	42.40	20.10	28.50	46.30	49.80	29.60	47.00	4.40	0.60	0.0	0.0	10.60	23.27
1946	16.50	24.60	47.00	23.40	18.30	19.50	10.50	0.0	0.0	0.0	0.0	11.90	14.31
1947	12.70	33.60	35.30	27.40	31.90	38.10	58.30	26.00	0.0	0.0	3.20	16.30	23.57
1948	22.10	26.70	86.90	42.40	76.90	69.90	79.50	70.10	25.20	0.0	5.30	6.00	42.58
1949	92.80	42.00	30.50	33.60	14.90	19.60	9.20	0.0	0.0	0.0	0.0	22.60	22.10
1950	99.10	57.90	24.70	62.20	60.40	45.70	71.60	87.10	37.10	0.0	0.0	10.40	46.35
1951	21.00	66.00	123.30	62.10	62.30	40.70	60.60	59.50	15.30	0.0	1.50	4.30	43.05
1952	35.10	45.50	52.90	33.20	10.10	27.10	12.80	11.30	0.0	0.0	1.80	12.70	21.87
1953	30.20	36.10	61.00	198.00	144.60	53.20	83.50	120.70	71.50	41.10	29.70	30.70	75.02
1954	26.40	83.70	43.10	41.10	26.40	23.50	36.30	23.60	3.20	0.0	0.0	4.70	26.00
1955	14.30	66.00	31.60	26.40	31.90	28.80	41.10	17.90	8.80	0.0	13.20	24.00	25.33
1956	29.30	20.80	39.30	51.50	39.90	37.10	42.70	14.50	0.0	0.0	0.0	6.90	23.50
1957	28.20	28.00	66.90	52.90	28.40	32.20	33.60	16.10	0.0	0.50	0.0	19.40	25.52
1958	25.90	70.10	43.80	63.80	51.30	60.80	67.60	42.30	17.10	1.30	17.80	67.10	44.07
1959	44.90	56.80	112.20	73.10	72.10	62.50	98.90	90.40	29.10	3.40	9.90	6.80	55.01
1960	12.70	38.00	32.00	33.00	18.40	41.20	44.40	6.00	0.0	0.0	48.60	4.80	23.26
1961	9.60	29.90	37.30	53.80	87.50	105.00	100.10	89.60	33.80	2.30	10.80	9.20	47.41
1962	12.50	38.20	28.20	43.80	22.70	49.50	57.20	8.10	0.0	0.0	1.40	0.30	21.82
1963	12.40	17.60	66.90	81.80	84.30	73.10	78.60	138.70	78.60	18.00	10.80	11.70	56.04
1964	11.60	16.30	22.80	24.40	20.60	22.20	31.80	20.40	0.0	0.0	0.0	34.30	17.03

-167-

Continuación Cuadro N° 1.-

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1965	37.40	44.60	81.20	130.90	39.80	80.10	89.70	72.20	67.70	6.60	12.70	36.00	58.24
1966	32.70	99.80	90.40	51.50	55.50	70.70	83.30	89.30	64.80	21.20	9.60	12.80	56.80
1967	21.20	12.40	6.20	8.90	18.10	45.10	37.40	18.30	0.0	0.0	0.70	15.90	15.35
1968	5.10	12.20	22.10	22.80	15.20	6.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.40	7.85
1969	26.80	75.80	50.90	56.10	24.60	20.90	21.30	31.80	4.30	0.0	0.0	1.40	26.16
1970	12.70	18.50	39.00	36.40	27.70	30.10	20.20	2.10	0.0	0.0	0.0	0.0	15.56
1971	16.90	37.10	57.60	35.20	24.20	42.80	33.50	12.70	0.0	0.0	24.30	2.50	23.90
1972	91.80	134.90	51.90	148.10	94.40	74.60	70.20	138.70	112.60	44.30	23.80	11.20	83.04
1973	71.50	38.70	69.70	41.80	34.90	60.30	44.40	43.70	2.40	0.0	0.0	1.80	34.10
1974	84.10	146.40	69.60	41.30	35.20	34.40	37.80	41.60	14.90	0.0	0.0	2.10	42.28
1975	25.90	70.10	43.80	63.80	51.30	60.80	67.60	42.30	17.10	1.30	17.80	67.10	44.07
PROM	32.55	47.15	50.53	60.74	49.34	46.76	53.72	46.77	20.68	7.04	8.79	16.10	35.68

C U A D R O N^o 2

SUPERFICIES Y TASAS DE RIEGO POR SECTORES

S E C T O R	SUPERFICIE DE RIEGO (HAS.)	(*) TASA EQUIVALENTE DE RIEGO (M ³ /HAS.AÑO)	(*)TASA BRUTA DE RIEGO (M ³ /HAS.AÑO)
CA1	39.680	14.180	15.215
CA2	33.970	13.020	15.547
CA3	18.760	12.590	15.376
CA4	33.000	12.350	15.446
CL1	7.840	14.280	14.282
CL2	6.400	12.110	13.945
ZA1	2.590	14.300	14.607
ZAZ	12.570	12.130	14.706
TI1	15.410	12.760	15.687
TI2	25.640	12.670	16.145
TI3	21.820	12.750	15.919
CV1	89.710	13.250	15.919

(*) TASAS A NIVEL DE BOCATOMA DE CANALES.

C U A D R O N° 3

CAUDALES REQUERIDOS POR CANAL CACHAPOAL MAIPO (M3/SEG)
(OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA HOYA DEL
RIO MAIPO IPLA-DGA 1976).

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	3.90	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.35
1942	0.0	3.60	0.0	0.0	8.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.60	9.40	3.06
1943	3.90	0.0	2.40	3.90	10.90	0.0	0.0	0.0	1.40	14.60	15.80	12.40	5.44
1944	5.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.60	0.0	0.58
1945	0.0	0.0	0.0	0.0	4.00	18.40	20.70	20.10	21.50	16.30	15.90	12.70	10.80
1946	2.20	3.30	0.0	0.0	10.20	15.10	16.00	22.80	22.20	23.60	16.00	9.00	11.70
1947	7.90	3.90	3.70	3.90	17.90	27.10	0.0	0.0	0.0	13.00	26.50	20.00	10.32
1948	0.0	3.60	0.0	0.0	8.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.60	9.40	3.06
1949	0.0	0.0	0.0	0.0	10.20	15.00	0.0	18.90	21.90	22.50	16.40	13.00	9.82
1950	3.90	3.30	0.0	0.0	14.30	21.30	24.50	0.0	0.0	34.10	25.90	19.40	12.22
1951	3.90	3.30	0.0	0.0	14.60	18.20	0.0	0.0	0.0	33.90	25.60	19.40	9.91
1952	3.90	0.0	0.0	0.0	3.40	9.90	8.10	0.0	9.90	17.60	15.10	12.40	6.69
1953	3.90	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.35
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	8.00	15.90	0.0	0.0	0.0	16.60	15.50	7.50	5.29
1955	3.90	0.0	0.30	0.0	9.30	9.10	0.0	1.30	21.10	21.60	13.90	8.30	7.40
1956	3.90	4.10	4.60	2.40	21.80	32.50	5.60	23.20	22.90	35.00	32.10	17.30	17.12
1957	3.90	3.90	3.90	0.0	16.40	27.90	8.70	0.0	0.0	31.40	29.40	18.30	11.98
1958	3.90	0.0	2.40	3.90	10.90	0.0	0.0	0.0	1.40	14.60	15.80	12.40	5.44
1959	0.80	1.70	0.0	0.0	0.0	2.10	0.0	0.0	0.0	9.40	15.10	9.30	3.20
1960	3.90	0.10	0.0	0.0	6.00	11.50	0.0	0.0	1.40	20.00	11.60	4.50	4.92
1961	3.90	0.0	0.0	0.0	4.80	0.0	0.0	0.0	0.0	2.10	14.50	12.10	3.12
1962	3.90	0.0	0.0	0.0	6.20	16.10	0.0	0.0	19.90	20.00	15.00	6.80	7.32

Continuación Cuadro N° 3

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1963	3.90	3.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.65
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	12.00	20.30	25.50	28.80	31.10	31.10	23.30	17.00	15.76
1965	2.40	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.90	0.52
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.50	13.20	2.57
1967	3.90	2.40	0.0	0.10	11.30	20.10	27.30	9.90	27.40	27.60	20.60	14.30	13.74
1968	7.90	7.90	7.90	3.90	0.30	0.40	0.50	0.60	0.0	0.0	0.0	0.30	2.47
1969	7.90	1.20	4.40	3.90	23.20	34.60	14.20	0.0	0.0	8.60	27.60	17.70	11.94
1970	4.60	3.90	0.20	0.70	13.40	20.60	16.60	26.50	34.80	34.80	26.00	19.10	16.77
1971	3.90	0.0	0.0	0.0	3.40	9.90	8.10	0.0	9.90	17.60	15.10	12.40	6.69
1972	3.90	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.35
1973	3.90	0.0	0.0	0.0	3.40	9.90	8.10	0.0	9.90	17.60	15.10	12.40	6.69
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.50	13.20	2.57
1975	31.10	35.00	32.60	7.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.85
PROM	4.01	2.46	1.81	0.86	7.27	10.17	5.25	4.35	7.33	13.82	14.67	10.17	6.85

C U A D R O N° 4

VARIABLES CONSIDERADAS EN OPERACIONES SIMULADAS
HOYA RIO CACHAPOAL.

Nº	VMCOL (10 ⁶ xM3)	CACCO (M3/SEG)	CCAMA (M3/SEG)
1	70	0	35 (Maipo y Yali) *
2	100	0	35 (Maipo y Yali) *
3	150	0	35 (Maipo y Yali) *
4	100	75	35 (Maipo y Yali) *
5	150	75	35 (Maipo y Yali) *
6	200	75	35 (Maipo y Yali) *
7	50	0	35 (YALI) *
8	0	0	0
9	50	0	0
10	100	0	0
11	125	0	0
12	150	0	0
13	175	0	0
14	200	0	0
15	50	0	35 (MAIPO)
16	100	0	35 (Maipo)
17	150	0	35 (Maipo)
18	200	0	35 (Maipo)
19	250	0	35 (Maipo)
20	100	60	35 (Maipo)
21	150	60	35 (Maipo)
22	200	60	35 (Maipo)
23	50	75	35 (Maipo)
24	100	75	35 (Maipo)
25	150	75	35 (Maipo)
26	200	75	35 (Maipo)
27	250	75	35 (Maipo)
28	50	0	35 (Maipo 1a.Prioridad)

Continuación Cuadro N° 4.

N°	VMCOL (10 ⁶ x M3)	CACCO (M3/SEG)	CCAMA (M3/SEG)
29	100	0	35 (Maipo 1a. prioridad)
30	150	0	35 (Maipo 1a. prioridad)
31	200	0	35 (Maipo 1a. Prioridad)
32	250	0	35 (Maipo 1a. prioridad)
33	50	75	35 (Maipo 1a. prioridad)
34	100	75	35 (Maipo 1a. prioridad)
35	150	75	35 (Maipo 1a. prioridad)
36	200	75	35 (Maipo 1a. prioridad)
37	250	75	35 (Maipo 1a. prioridad)

VMCOL = VOLUMEN EMBALSE COLLICURA

CACCO = CAPACIDAD ADUCCION CENTRAL COLLICURA

CCAMA = CAPACIDAD CANAL CACHAPOAL-MAIPO

* = Pasadas de estudio considerando que el Yali demandaría agua al río Cachapoal (situación posteriormente descartada) y no que se regaría sólo con excedentes de este río.

C U A D R O N° 5

VARIABLES CONSIDERADAS EN OPERACIONES SIMULADAS
HOYA RIO TINGUIRIRICA

Nº	VMCVO (10 ⁶ x M3)	SCVO (10 ³ x H ² s)	CCVTI (M3/SEG)	CTICH (M3/SEG)	VMTING (10 ⁶ x M3)
1	456	70.00	0	15	0
2	456	80.00	0	15	0
3	456	71.00	0	15	0
4	600	80.00	0	15	0
5	600	89.71	0	15	0
6	600	84.50	0	15	0
7	456	30.00	12	15	0
8	456	50.00	12	15	0
9	456	70.00	12	15	0
10	456	89.71	12	15	0
11	456	64.00	12	15	0
12	600	30.00	12	15	0
13	600	50.00	12	15	0
14	600	70.00	12	15	0
15	600	89.71	12	15	0
16	600	76.00	12	15	0
17	600	80.00	12	15	0
18	600	78.50	12	15	0
19	456	64.00	15	15	0
20	456	50.00	15	15	0
21	456	59.00	15	15	0
22	600	76.00	15	15	0
23	600	80.00	15	15	0
24	456	64.00	20	15	0
25	456	50.00	20	15	0
26	456	59.00	20	15	0
27	600	76.00	20	15	0
28	600	89.71	20	15	0
29	600	77.50	20	15	0
30	456	64.00	12	0	0

Continuación Cuadro N° 5.-

N°	VMCVO (10 ⁶ x M3)	SCVO (10 ³ x Háas)	CCVTI (M3/seg)	CTICH (M3/seg)	VMTING (10 ⁶ x M3)
31	600	76,00	12	0	0
32	456	89.71	0	15	50
33	456	89.71	0	15	100
34	456	89.71	0	15	150
35	456	70.00	12	15	0*
36	456	65.00	15	15	0 *
37	600	89.71	15	15	0*
38	600	85.00	20	15	0*
39	600	77.50	16	15	0*
40	600	78.50	12	15	0*
41	600	78.50	15	15	0*
42	600	78.50	20	15	0*

VMCVO = VOLUMEN EMBALSE CONVENTO VIEJO

SCVO = SUPERFICIE SECTOR CV1

CCVTI = CAPACIDAD TRASVASE CONVENTO VIEJO-TINGUIRIRICA

CTICH = CAPACIDAD CANAL TINGUIRIRICA-CHIMBARONGO

VMTING= VOLUMEN EMBALSE TINGUIRIRICA.

(*) = Sólo parte baja en TI3.

C U A D R O N° 6

RESULTADOS OPERACION FUTURA HOYA RIO CACHAPOAL

(NO INCLUYE AGUA SUBTERRANEA)

SIN EMBALSE COLLICURA

SECTOR	a	b
CA1	92	31.13
CA2	92	27.82
CA3	83	7.86
CA4	56	1.44

CON EMBALSE COLLICURA

CAPACI DAD EM BALSE	50x10 ⁶ m3		100x10 ⁶ m3		150x10 ⁶ m3		200x10 ⁶ m3	
	a	b	a	b	a	b	a	b
SECTOR								
CA 1	94	31.34	94	31.44	97	39.68	97	39.68
CA2	94	27.74	94	27.82	97	35.47	97	35.47
CA3	94	7.92	94	7.94	94	11.86	94	11.86
CA4	72	1.42	81	1.42	92	2.23	94	2.23

CON EMBALSE COLLICURA Y EXTRACCIONES PRIORITARIAS PARA
MAIPO.

CAPA CIDAD EMBAL SE	50x10 ⁶ m3		100x10 ⁶ m3		150x10 ⁶ m3		200x10 ⁶ m3		250x10 ⁶ m3	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
SECTOR										
CA1	69	23.27	69	23.27	83	23.27	89	23.27	94	23.27
CA2	69	20.80	69	20.80	83	20.80	89	20.80	94	20.80
CA3	58	5.88	67	5.88	75	5.88	81	5.88	89	5.88
CA4	44	1.43	56	1.43	67	1.99	72	1.47	83	1.64

CON EMBALSE COLLICURA, EXTRACCIONES PRIORITARIAS PARA MAIPO
Y CENTRAL HIDROELECTRICA.

Continuación Cuadro N° 6

CAPA- CIDAD EMBALS SE	50x10 ⁶ m3		100x10 ⁶ m3		150x10 ⁶ m3		200x10 ⁶ m3		250x10 ⁶ m3	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
CA1	69	23.27	69	23.27	78	23.27	81	23.27	86	23.27
CA2	69	20.80	69	20.80	78	20.80	81	20.80	86	20.80
CA3	58	5.88	67	5.88	72	5.88	75	5.88	81	5.88
CA4	44	1.43	53	1.43	67	1.43	69	1.42	78	1.43

a = SEGURIDAD DE RIEGO (%)

b = SUPERFICIE REGADA CON 97% DE SEGURIDAD O MAS. (10³ Hás.)

C U A D R O N^o 7

CAUDALES MEDIOS MENSUALES CONDUCIDOS POR EL CANAL TINGUIRIRICA ZAMORANO

(M3/SEG.)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.07	4.87	3.41	3.43	0.10	1.24
1943	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	4.37	7.47	6.51	4.93	0.40	1.99
1944	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.27	5.31	2.93	0.0	1.04
1945	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.87	6.97	9.07	6.21	3.43	0.0	2.30
1946	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.82	1.07	6.57	9.07	7.11	3.23	0.80	2.39
1947	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.07	7.37	5.85	9.01	4.36	1.20	2.41
1948	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.67	5.87	4.71	3.23	0.0	1.21
1949	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.87	8.27	10.00	9.28	4.83	0.0	2.85
1950	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.47	2.47	7.07	7.81	4.23	0.0	1.84
1951	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.67	7.77	7.81	4.23	0.0	1.96
1952	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.07	3.87	8.97	7.51	4.23	0.0	2.14
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.57	4.61	2.43	0.0	0.97
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.27	5.97	8.47	9.38	5.03	0.90	2.50
1955	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	1.07	6.97	10.00	9.51	5.53	1.00	2.85
1956	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.17	9.97	8.41	4.43	0.90	2.41
1957	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.27	9.97	9.31	5.03	1.10	2.56
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.57	10.00	8.41	5.43	0.0	2.37
1959	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	7.27	7.21	4.53	0.70	1.71
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.57	9.97	8.11	4.53	0.20	2.45
1961	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.07	8.37	8.11	4.73	0.60	1.99
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	6.47	8.35	9.01	5.03	0.60	2.52

-189-

Continuación Cuadro N° 7.-

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.57	4.01	3.33	0.0	0.66
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.37	6.67	9.37	8.71	5.03	0.0	2.68
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.87	3.27	5.81	3.73	0.0	1.22
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.77	5.17	5.61	3.63	0.40	1.55
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.37	4.67	10.00	8.71	5.13	0.70	2.55
1968	0.03	0.23	0.23	0.23	0.96	0.0	2.90	0.0	2.15	3.68	5.46	1.00	1.41
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.02	1.07	0.67	9.07	9.01	5.43	0.90	2.27
1970	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.07	3.05	6.78	5.63	0.80	1.80
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.07	9.47	9.21	5.63	0.70	2.51
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.27	3.31	2.63	0.60	0.57
1973	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0	3.87	7.67	7.01	4.23	0.40	1.94
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.27	4.47	7.37	7.81	4.63	0.0	2.05
1975	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.07	3.27	8.27	8.01	4.83	0.0	2.12
PROM	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.54	3.73	6.94	6.98	4.26	0.40	1.91

-191-

C U A D R O N° 8

CAUDALES MEDIOS MENSUALES CONDUCTIDOS POR EL CANAL TINGUIRIRICA CHIMBARONGO

(M3/SEG)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
1942	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	12.67	13.15	14.65
1943	12.43	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	13.06	8.24	0.0	12.15	12.57
1944	10.83	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	14.65
1945	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	9.64	14.67	15.00	12.03
1946	15.00	15.00	15.00	14.73	15.00	14.01	15.00	0.0	0.0	0.64	13.07	9.15	10.55
1947	9.43	15.00	15.00	14.93	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	7.75	8.92
1948	15.00	14.73	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	14.27	15.00	14.92
1949	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	15.00	10.00
1950	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	5.37	15.00	12.95
1951	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	10.06	0.0	4.57	15.00	12.47
1952	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	3.87	15.00	11.57
1953	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
1954	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	10.80	3.06	0.0	0.0	8.55	10.62
1955	10.23	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	4.90	0.0	0.0	0.0	11.05	9.68
1956	15.00	11.13	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.97	8.55	10.47
1957	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	8.95	10.75
1958	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	15.00	11.25
1959	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	14.86	0.84	1.07	10.35	12.26
1960	9.13	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	1.80	0.0	0.0	1.67	4.95	8.96
1961	5.43	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	8.44	8.87	13.35	13.01
1962	10.53	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	9.20	0.0	0.0	0.0	8.65	9.86
1963	11.63	12.43	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	12.47	15.00	14.29
1964	12.83	9.83	14.23	14.43	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	15.00	9.28
1965	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	10.74	6.57	15.00	13.94

1963

Continuación Cuadro N° 8

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1966	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	9.77	15.00	14.56
1967	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	9.95	10.83
1968	9.09	6.89	5.59	5.69	2.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.75	2.84
1969	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	12.35	11.03
1970	13.19	12.53	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	4.60	0.0	0.0	0.0	7.95	9.44
1971	11.43	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	9.55	10.50
1972	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
1973	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.06	2.34	2.07	15.00	12.21
1974	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.0	0.0	14.95	12.50
1975	13.43	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	11.26	0.0	0.0	15.00	12.06
PROM	13.42	14.36	14.71	14.71	14.63	14.54	14.57	11.18	6.84	4.60	4.91	12.32	11.73

C U A D R O N° 9

CAUDALES MEDIOS MENSUALES CONducidos POR EL TRASVASE CONVENTO VIEJO TINGUIRIRICA

(M3/SEG.)

(CAPACIDAD MAXIMA = 16 M3/SEG.)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1943	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.41	0.0	0.28
1944	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1945	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.29	0.0	0.0	0.0	0.27
1946	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	6.49	0.0	0.0	0.0	0.57
1947	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	15.76	12.69	5.96	0.0	2.99
1948	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1949	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.40	15.76	0.0	0.0	0.0	2.18
1950	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00	0.0	0.0	0.25
1951	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00	0.0	0.0	0.25
1952	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.39	1.70	0.0	0.0	0.42
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	12.69	4.11	0.0	1.40
1955	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.76	12.69	7.49	0.0	2.99
1956	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.19	10.10	0.0	0.0	1.94
1957	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.39	12.69	1.31	0.0	1.95
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.29	8.30	7.49	0.0	2.34
1959	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.99	7.10	0.0	0.0	1.67
1961	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.76	12.50	5.77	0.0	2.84
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.00	9.39	10.30	1.11	0.0	2.57
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

-197-

Continuación Cuadro N° 9

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.69	6.50	3.51	0.0	1.48
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.01	9.22	14.14	0.0	0.0	0.0	0.0	2.36
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.89	9.30	3.11	0.0	1.61
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.85	12.69	0.0	0.0	2.38
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.29	12.69	7.01	0.0	1.67
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.10	2.51	0.0	0.47
1975	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.60	5.81	0.0	1.20
PROM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.14	0.26	1.04	4.69	4.56	1.67	0.0	1.03

C, U A D R O N° 10

(SIN EMBALSE COLLICURA)

EXCEDENTES NODO 4 DISPONIBLES PARA YALI-ALHUE (M3/SEG)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	135.99	118.39	123.89	127.79	68.48	116.61	94.45	143.95	176.86	155.74	115.92	66.91	120.41
1942	42.29	30.49	25.29	88.59	38.78	53.31	77.45	73.72	81.43	76.96	40.15	30.47	54.91
1943	21.99	22.99	23.89	29.19	79.28	59.81	47.72	52.02	36.63	28.06	7.91	27.32	36.40
1944	20.69	29.19	35.89	65.19	71.08	67.61	93.75	148.15	86.33	42.66	47.95	58.41	63.91
1945	49.09	30.49	24.29	37.59	44.68	38.83	0.0	8.52	9.13	32.56	44.45	46.71	30.53
1946	32.59	25.39	42.19	21.19	17.56	11.16	34.62	13.22	7.02	17.06	40.35	21.57	23.66
1947	16.39	40.49	21.59	16.59	15.16	26.03	39.92	7.03	0.0	0.0	0.0	16.90	16.67
1948	25.29	19.19	61.19	41.19	54.28	64.31	60.35	107.22	60.23	52.96	41.35	63.71	54.27
1949	103.39	68.49	34.89	39.99	29.38	39.93	31.92	0.0	0.0	0.0	12.90	38.97	33.32
1950	78.49	57.69	36.49	55.79	64.18	58.31	46.42	88.82	45.33	7.36	24.75	43.37	50.58
1951	34.39	51.39	109.79	65.59	62.78	56.11	57.95	68.52	35.13	8.36	23.75	36.17	50.82
1952	41.99	53.89	71.19	40.79	48.08	54.01	37.92	83.32	13.53	13.36	23.75	44.61	43.87
1953	53.59	50.39	56.49	95.79	167.58	66.71	101.95	146.75	88.33	58.86	59.65	50.41	83.04
1954	32.99	68.29	49.09	42.79	36.38	31.33	50.02	29.52	17.23	0.0	5.81	18.91	31.86
1955	20.31	52.89	28.39	22.79	33.48	25.86	44.12	14.12	0.0	0.0	0.0	20.01	21.83
1956	25.39	14.61	39.89	50.99	42.98	48.21	62.15	36.82	0.0	0.0	15.96	20.27	29.77
1957	31.39	31.49	40.89	47.99	34.38	38.33	47.65	42.12	0.0	0.0	9.81	17.91	28.50
1958	36.59	70.89	34.09	46.79	33.88	61.01	56.95	54.22	0.0	1.15	0.0	48.91	37.04
1959	52.59	49.99	90.79	52.99	63.78	56.51	81.15	113.92	40.93	16.06	16.25	22.67	54.80
1960	36.69	34.29	28.49	27.19	23.66	31.33	39.85	3.32	0.0	0.0	17.45	11.27	21.13
1961	17.31	32.49	26.59	34.39	68.18	109.91	144.45	128.52	23.33	21.06	27.05	28.87	55.18
1962	22.69	28.19	25.19	30.59	20.56	41.33	58.32	29.72	0.0	0.0	0.0	19.17	22.98
1963	22.01	18.59	52.09	39.99	65.68	76.11	73.25	172.25	146.23	61.56	34.35	35.17	66.44
1964	18.39	18.49	26.69	27.39	33.18	25.13	20.22	0.0	0.0	0.0	9.91	46.51	18.83

Continuación Cuadro N° 10

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEBR	MAR	ABR	PROM
1965	43.69	52.99	58.89	94.59	62.38	81.61	126.65	78.92	126.33	50.26	57.95	52.51	73.90
1966	34.49	42.69	58.39	49.79	61.08	116.41	73.45	56.02	77.13	48.06	29.75	42.97	57.52
1967	27.89	22.39	23.09	34.39	32.58	40.83	43.22	53.82	8.36	12.95	9.01	27.27	27.98
1968	21.14	15.04	12.09	18.84	2.42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.41	6.83
1969	24.19	70.79	45.69	45.19	32.88	11.16	77.82	110.42	0.0	0.0	0.0	25.91	37.00
1970	23.14	18.31	37.69	35.59	31.08	29.43	32.75	14.22	0.0	0.0	0.0	15.97	19.85
1971	16.91	22.09	52.09	47.79	49.28	78.81	111.35	59.52	25.63	0.0	0.0	17.17	40.05
1972	105.69	157.99	71.29	92.19	85.48	94.51	80.25	210.95	156.43	129.86	86.25	63.07	111.16
1973	60.09	38.09	72.99	45.39	30.38	23.26	72.65	66.32	23.13	9.76	4.95	30.87	39.82
1974	43.59	74.09	75.39	52.39	44.48	84.33	96.22	84.62	77.63	16.96	10.35	33.77	57.81
1975	25.69	22.19	44.19	43.19	45.18	42.83	59.72	52.32	33.73	0.26	0.81	58.41	35.71
PROM	39.97	44.44	47.46	48.81	48.42	53.17	62.19	67.23	39.89	24.62	23.39	34.73	44.53

C U A D R O N° 11

EXCEDENTES NODO 4 DISPONIBLES PARA YALI - ALHUE (M3/SEG.)

(Con embalse Collicura de 200×10^6 m³, central hidroeléctrica y extracciones Canal Cachapoal - Maipo).

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1941	66.29	107.78	123.89	127.79	68.48	116.61	94.56	144.12	177.05	155.90	116.01	66.91	113.78
1942	42.29	31.39	33.29	76.09	30.68	53.31	77.56	73.72	81.43	76.96	24.55	21.07	51.86
1943	23.69	30.99	29.89	32.89	46.68	51.91	47.72	52.02	35.23	13.46	0.0	9.52	31.17
1944	21.49	33.79	37.99	54.79	66.09	67.61	93.86	148.32	86.33	42.66	46.35	58.41	63.14
1945	49.09	35.19	33.09	40.99	36.38	7.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.19	18.90
1946	30.39	29.39	42.09	32.79	15.98	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.07	13.56
1947	18.09	40.59	27.89	26.59	7.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.02
1948	25.29	15.59	50.39	42.79	36.38	35.21	32.46	107.22	60.23	52.96	25.75	54.31	44.88
1949	103.39	68.49	38.29	42.19	22.38	16.19	31.92	0.0	0.0	0.0	0.0	14.09	28.08
1950	44.59	42.09	37.79	50.09	34.68	34.71	21.92	88.82	45.33	0.0	0.0	8.69	34.06
1951	27.89	40.79	107.10	65.59	48.18	37.91	58.06	68.52	35.13	0.0	0.0	5.99	41.26
1952	35.89	45.69	65.00	42.59	42.88	44.11	29.82	83.32	3.63	0.0	4.41	32.21	35.80
1953	49.69	50.09	56.49	95.79	167.58	66.71	102.06	146.92	88.33	58.86	59.65	50.41	82.71
1954	32.99	68.29	49.09	43.59	28.58	14.49	50.02	29.52	17.23	0.0	0.0	11.91	28.81
1955	23.62	55.29	35.49	33.59	25.48	6.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.41	15.97
1956	21.79	10.52	33.79	45.29	17.28	0.0	4.97	13.62	0.0	0.0	0.0	2.47	12.48
1957	26.59	28.99	36.79	46.19	17.88	0.0	0.0	17.67	0.0	0.0	0.0	0.71	14.57
1958	28.29	54.89	35.79	41.69	23.48	33.11	32.90	54.22	0.0	0.0	0.0	18.01	26.86
1959	37.99	42.95	90.79	52.99	63.78	54.41	81.26	113.92	40.93	6.66	1.15	13.37	50.02
1960	36.69	36.69	35.99	35.79	23.88	7.59	23.56	3.32	0.0	0.0	0.0	12.63	18.01

Continuación Cuadro N° 11.

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1961	13.42	32.49	26.59	34.39	45.48	52.81	143.46	128.52	23.33	18.96	12.55	16.77	45.73
1962	24.29	33.99	33.29	37.49	21.88	8.39	41.42	29.72	0.0	0.0	0.0	9.07	19.96
1963	21.42	14.69	49.39	42.19	52.98	44.21	42.36	172.42	146.23	61.56	34.35	35.19	59.75
1964	26.39	28.69	33.49	35.89	22.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.21	13.35
1965	37.69	40.59	47.09	69.49	54.48	81.61	126.76	78.92	126.33	50.26	57.95	49.61	68.40
1966	34.49	42.69	58.39	49.79	59.88	116.41	73.56	56.02	77.13	48.06	13.25	29.77	54.95
1967	23.99	23.89	30.79	39.29	23.18	4.19	14.02	43.92	0.0	0.0	0.0	9.17	17.70
1968	18.84	16.64	15.19	23.64	2.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.11	7.38
1969	16.29	63.99	41.39	40.89	8.88	0.0	28.42	69.52	0.0	0.0	0.0	4.21	22.80
1970	21.54	22.82	42.59	35.88	17.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.71
1971	13.02	22.09	52.09	46.09	38.68	35.21	69.86	59.52	15.73	0.0	0.0	4.97	29.77
1972	78.59	130.14	71.29	92.19	85.48	94.51	80.36	211.12	156.43	129.86	86.25	63.07	106.61
1973	56.19	38.09	72.99	45.39	26.98	13.36	64.66	66.32	13.23	0.0	0.0	9.57	33.90
1974	38.69	69.90	75.39	52.39	43.28	84.39	96.22	84.62	77.63	16.96	0.0	14.45	54.49
1975	0.0	0.0	12.59	36.29	39.78	28.47	59.72	52.32	33.73	0.26	0.81	58.41	26.86
PROM	33.45	41.43	47.53	48.89	39.06	34.63	46.38	62.81	38.30	20.95	13.80	21.66	37.41

C U A D R O N° 12

COEFICIENTES ENTRE SUPERFICIES MEDIAS REGADAS Y
SUPERFICIES SUSCEPTIBLES DE RIEGO " K ".

SECTOR SUP.SUSCEP.		RIEGO				
	(HAS.)	0	1	2	3	4
CA1	39.680	0.91	0.91	0.99	1.00	0.96
CA2	33.970	0.93	0.93	0.99	1.00	0.96
CA3	18.760	0.97	0.97	0.95	0.99	0.89
CA4	33.000	0.90	0.90	0.78	0.96	0.81
CL1	6.150(1)	0.67	0.67	0.96	0.96	0.96
CL2	6.400	0.99	0.99	0.99	1.00	0.98
ZA1	2.590	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ZA2	12.570(2)	0.54	0.89	0.89	0.89	0.89
TI1	15.410	0.96	0.96	0.99	0.99	0.99
TI2	25.640(3)	1.08	0.99	0.99	0.99	0.99
TI3	21.820	0.64	0.94	0.94	0.94	0.94
CV1	77.500(4)	0.31	0.95	0.95	0.95	0.95
TOTAL	293.490	0.74	0.93	0.94	0.97	0.93

0 = SITUACION ACTUAL

1 = SITUACION ACTUAL MAS PROYECTO CONVENTO VIEJO

2 = SITUACION FUTURA SIN COLLICURA, CON CONVENTO VIEJO

3 = SITUACION FUTURA CON COLLICURA 150x10⁶M3, CON CONVENTO VIEJO

4 = SITUACION FUTURA CON COLLICURA 200x10⁶M3, CON CENTRAL HIDROELECTRICA, CON EXTRACCION CANAL CACHAPOAL-MAIPO Y CON CONVENTO VIEJO.

NOTAS:

- 1) : De la superficie total 7.840 hás. se han dejado de considerar 1.690 hás, las que según la Dirección de Riego no entrarían en producción.
- 2) : A la superficie actual de este sector se han agregado 2.702 hás. de nuevo riego, para la condición futura.
- 3) : La superficie actual es mayor que la futura, debido a que se inundan 3.500 hás. con el embalse Convento Viejo.
- 4) : La superficie actual de riego es de 38.430 hás, la superficie futura agrega 51.280 hás de nuevo riego, totalizando 89.710 hás. Para las condiciones recomendadas, el área a regar en CV1 es de 77.500 hás.

GRAFICO N°1
SECTOR CA1 (39.680 Has)

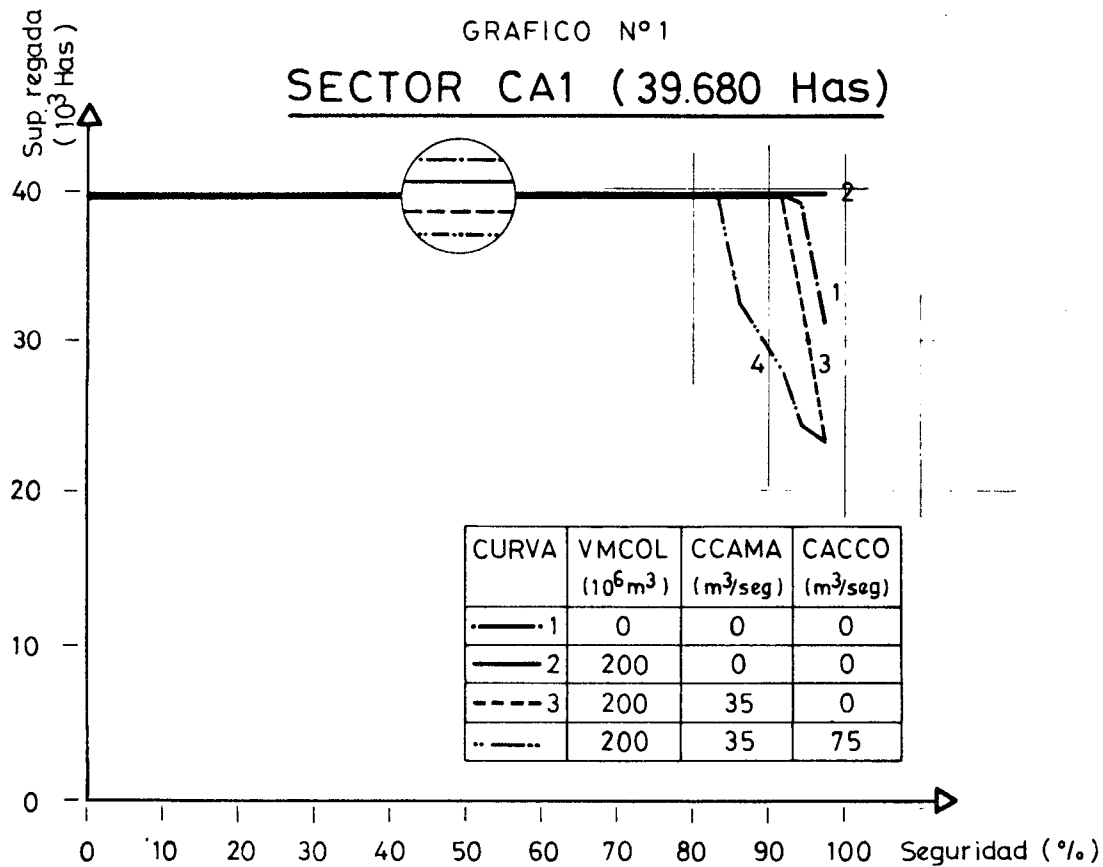


GRAFICO N°2
SECTOR CA2 (35.470 Has)

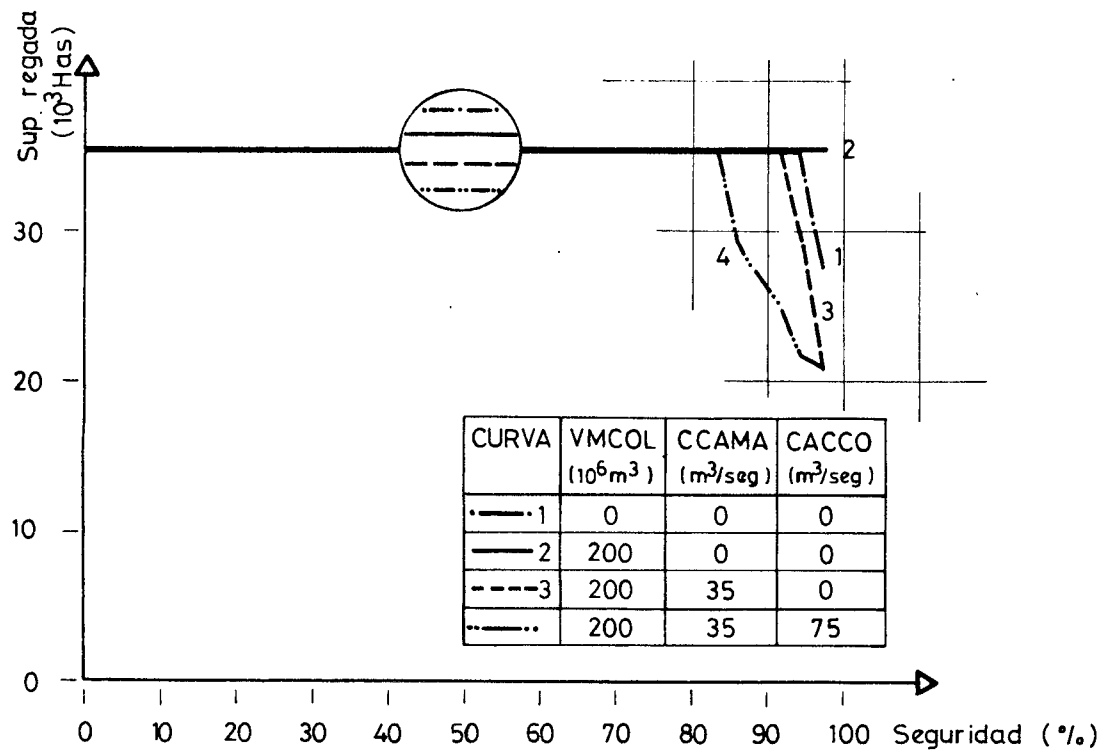


GRAFICO Nº 3

SECTOR CA3 (18.760 Has)

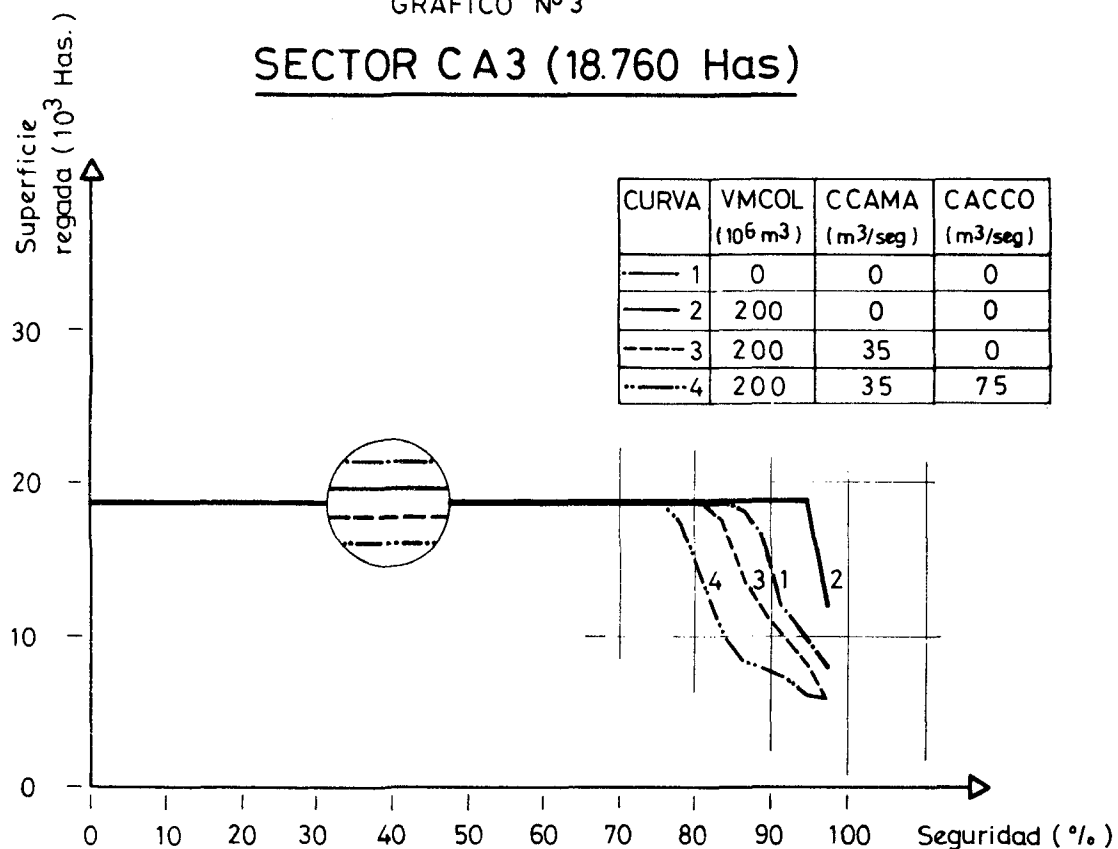


GRAFICO Nº 4

SECTOR CA4 (33.000 Has)

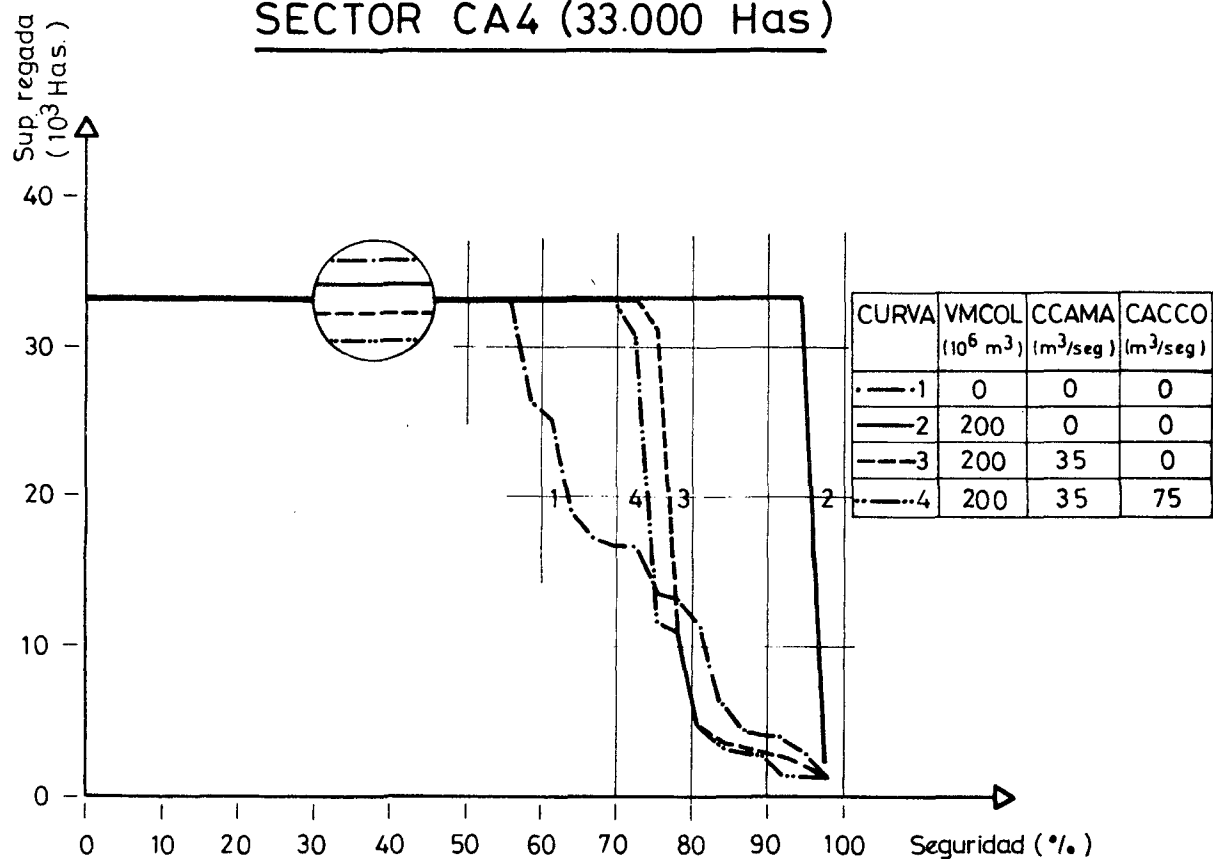
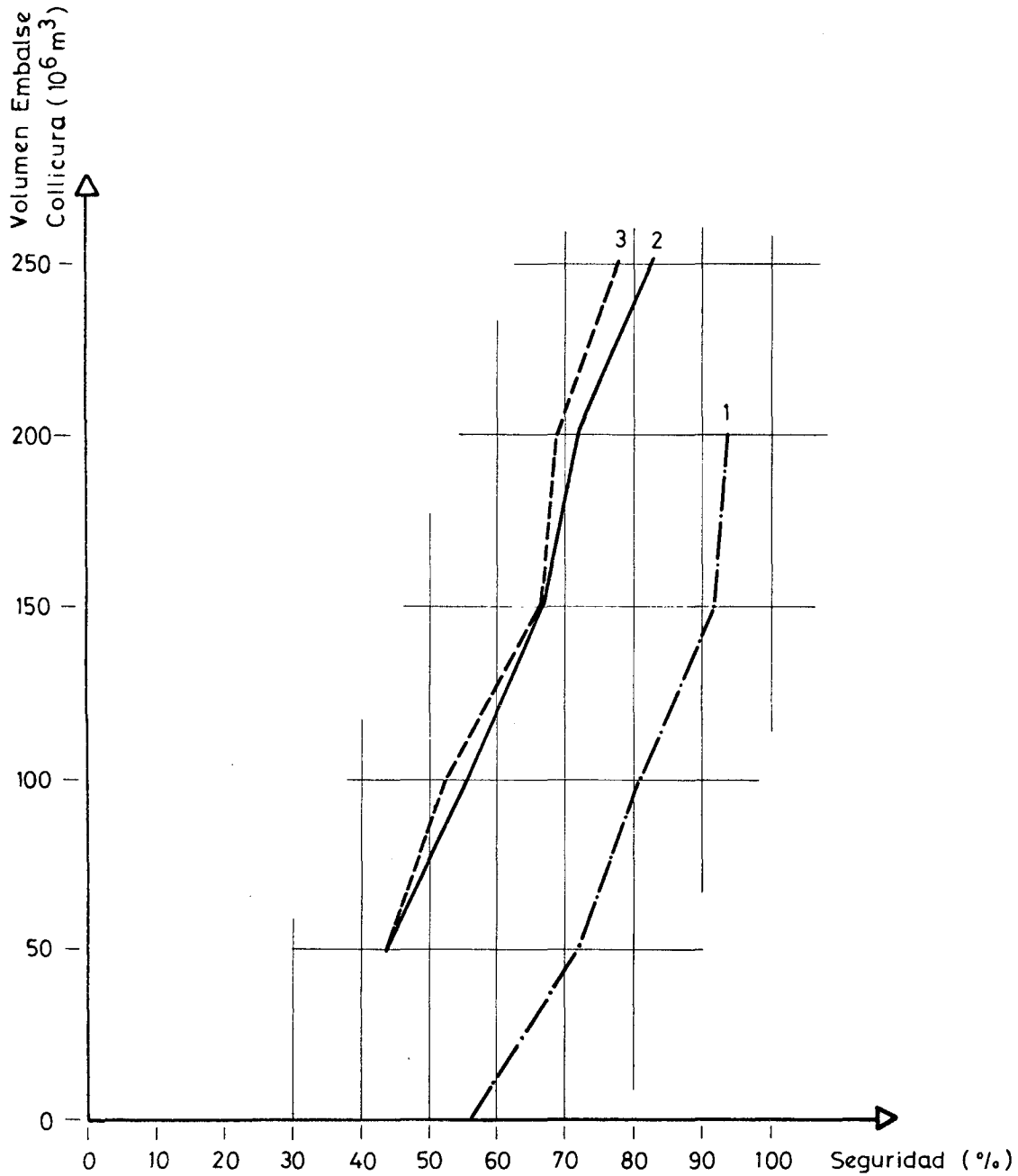


GRAFICO Nº5
SECTOR CA4 (33.000 Has)



CURVA	CCAMA (m^3/seg)	CACCO (m^3/seg)
1	0	0
2	35	0
3	35	75

GRAFICO N° 6

SECTOR CL1 (4.650 Has)

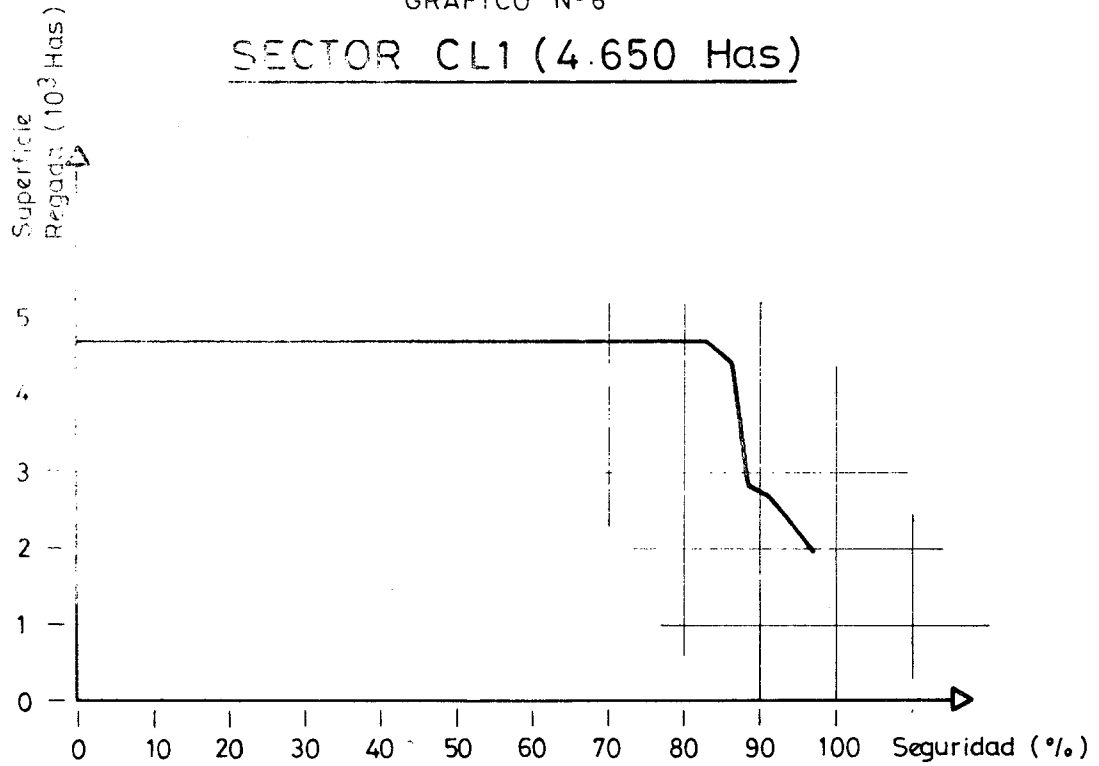
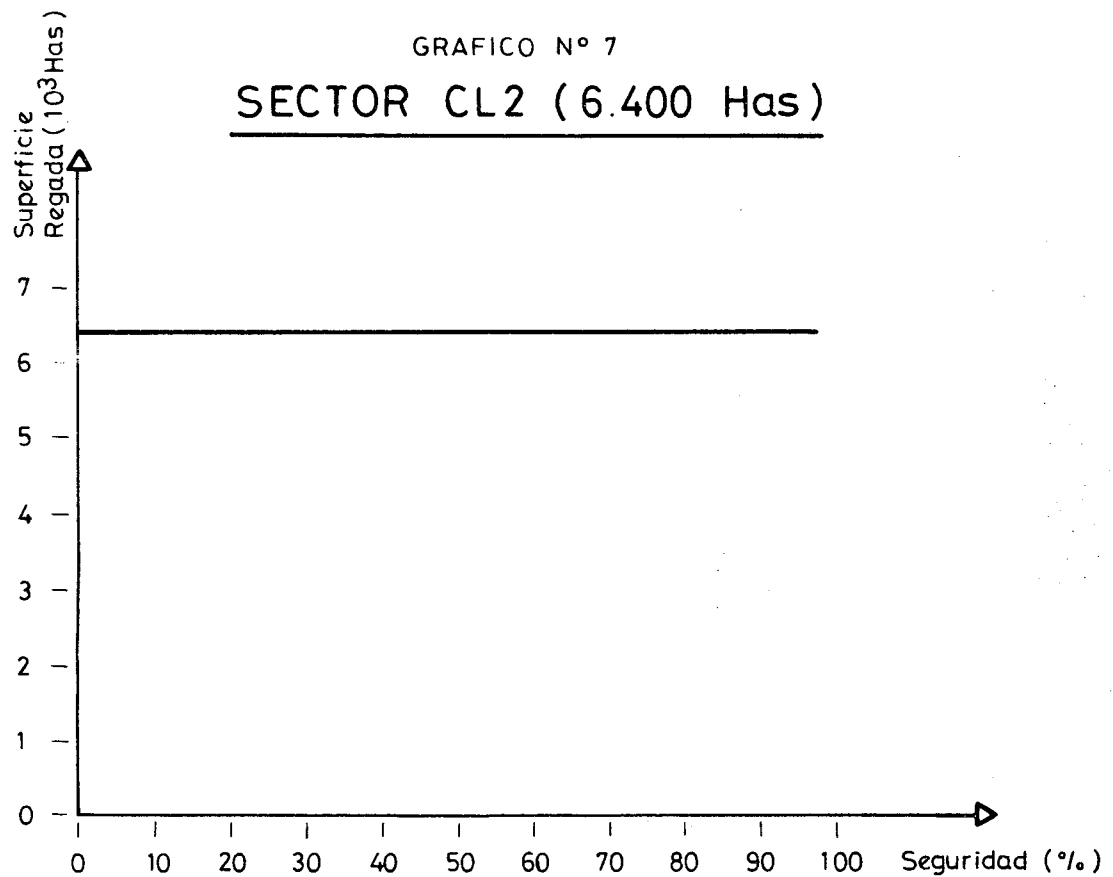


GRAFICO N° 7

SECTOR CL2 (6.400 Has)



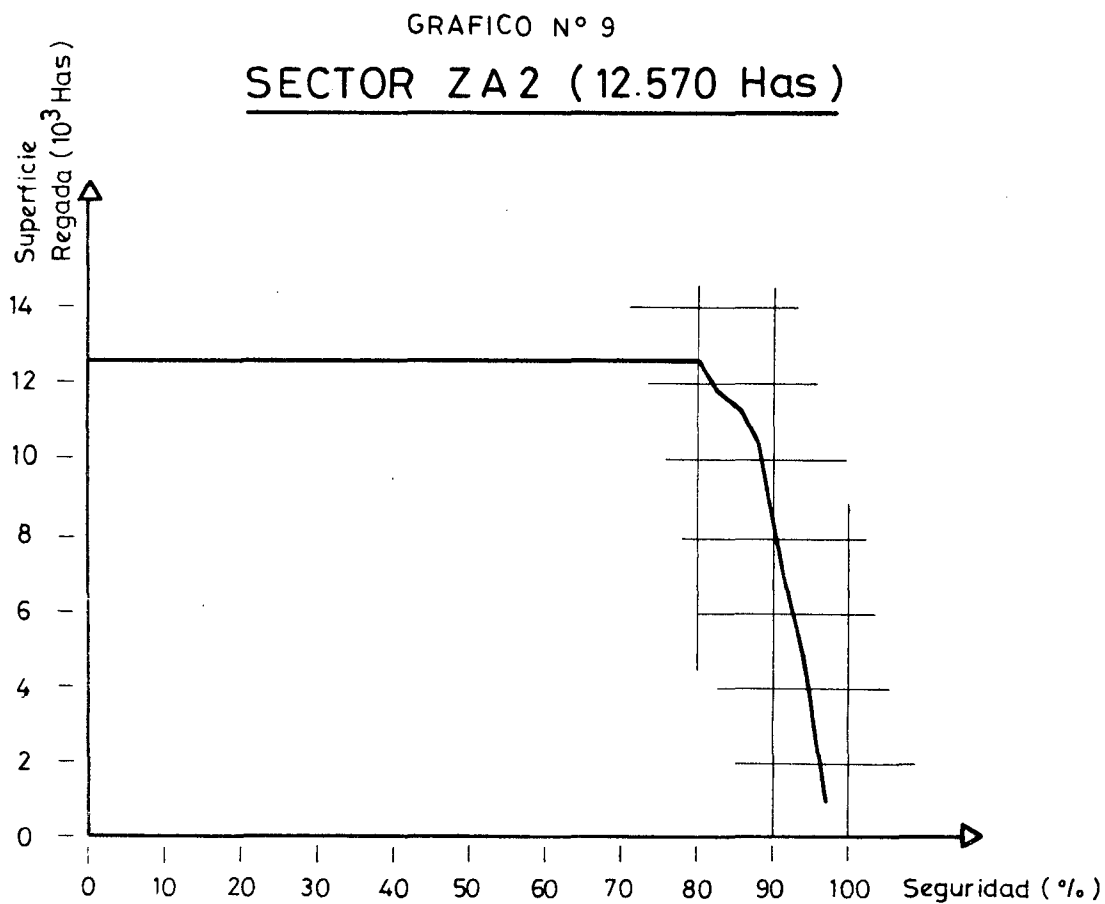
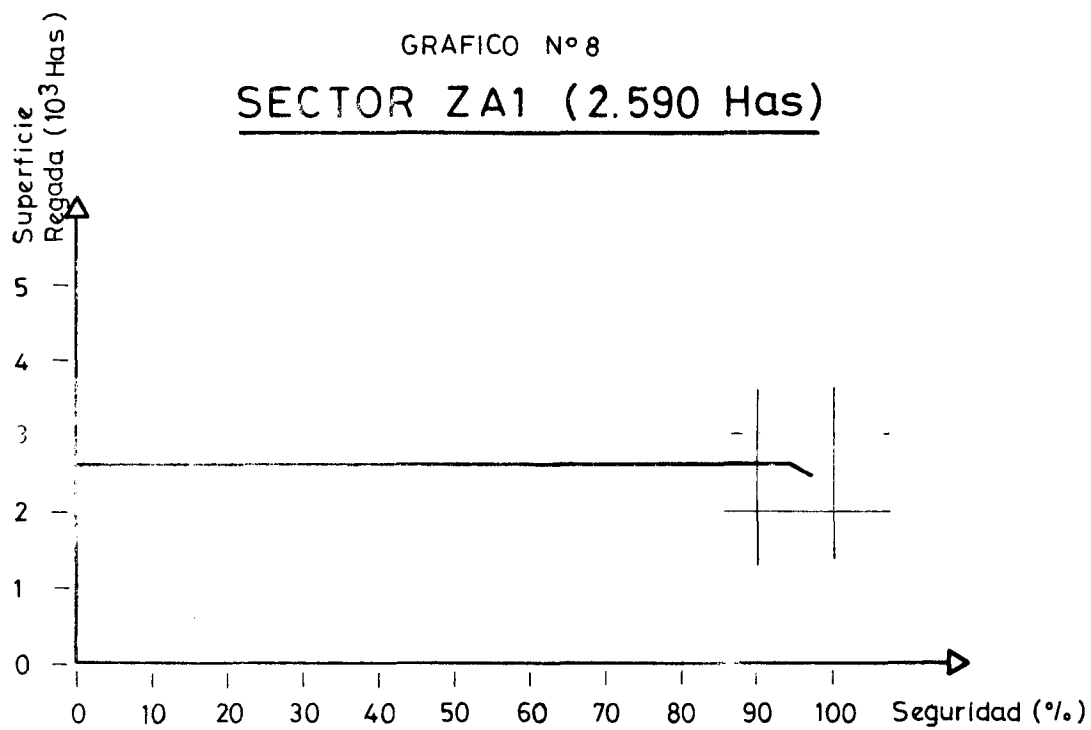


GRAFICO Nº 10

SECTOR TI1 (18.220 Has)

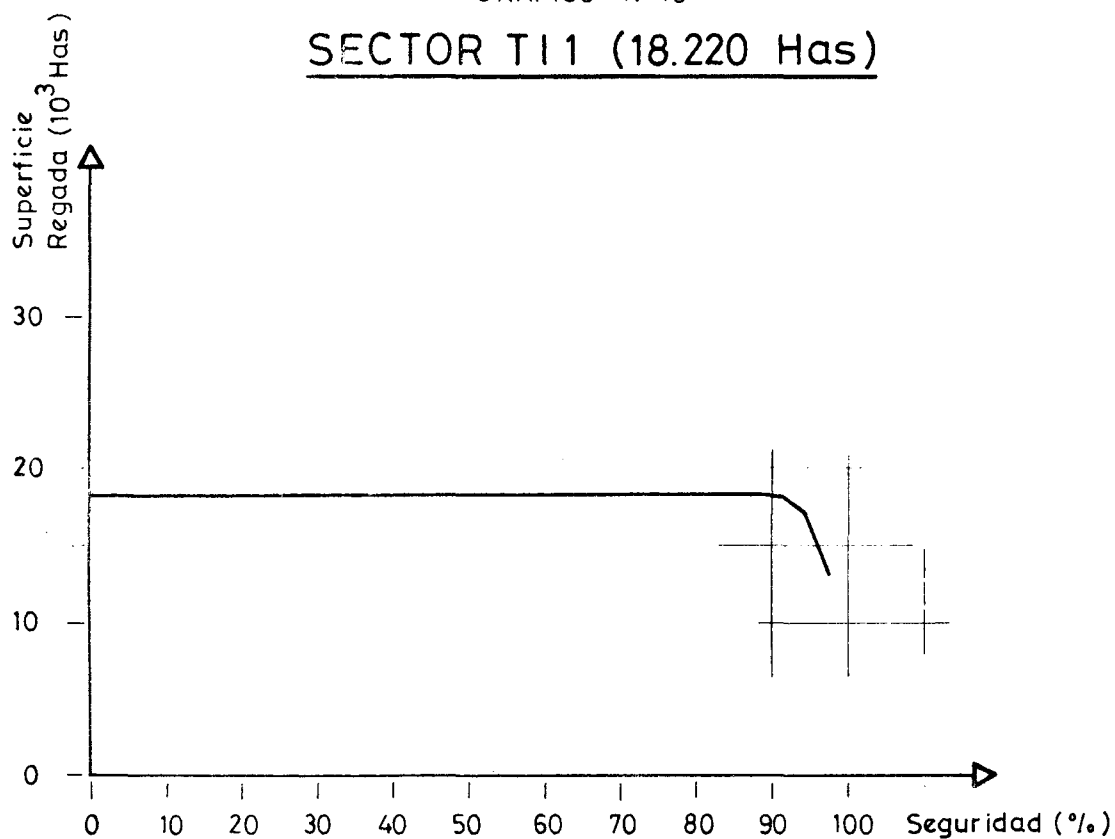
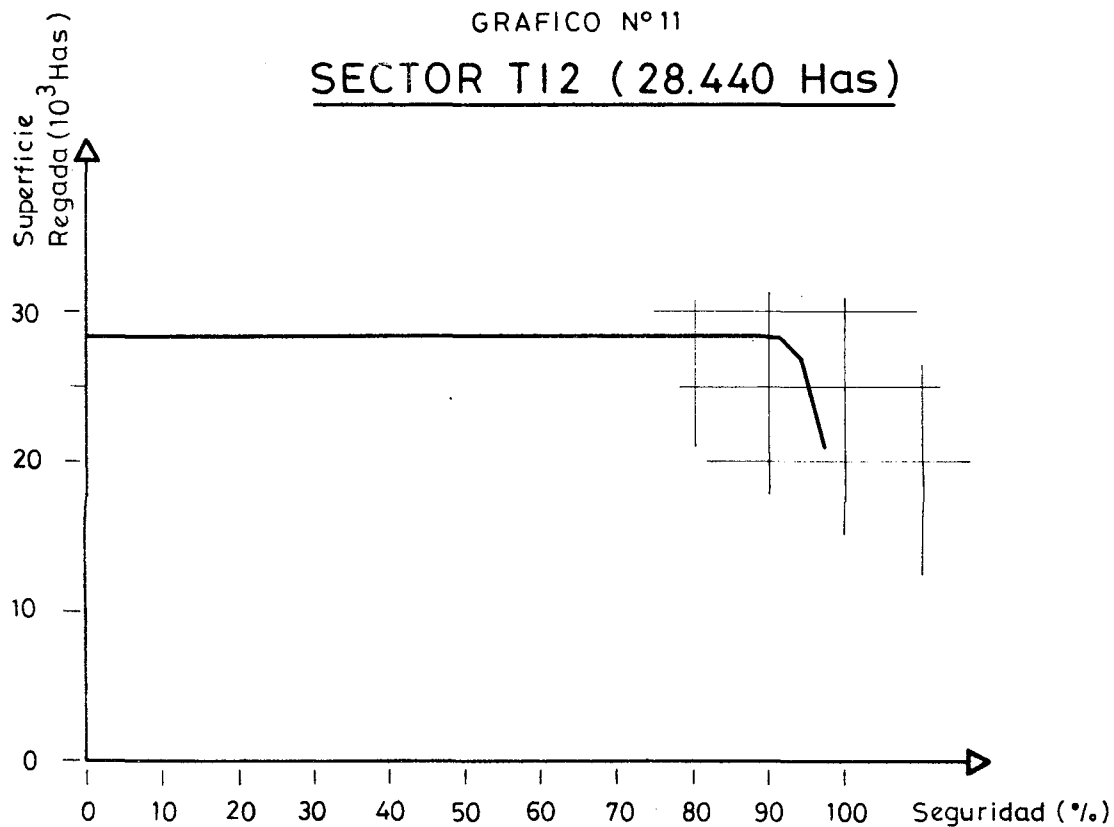


GRAFICO Nº 11

SECTOR TI2 (28.440 Has)



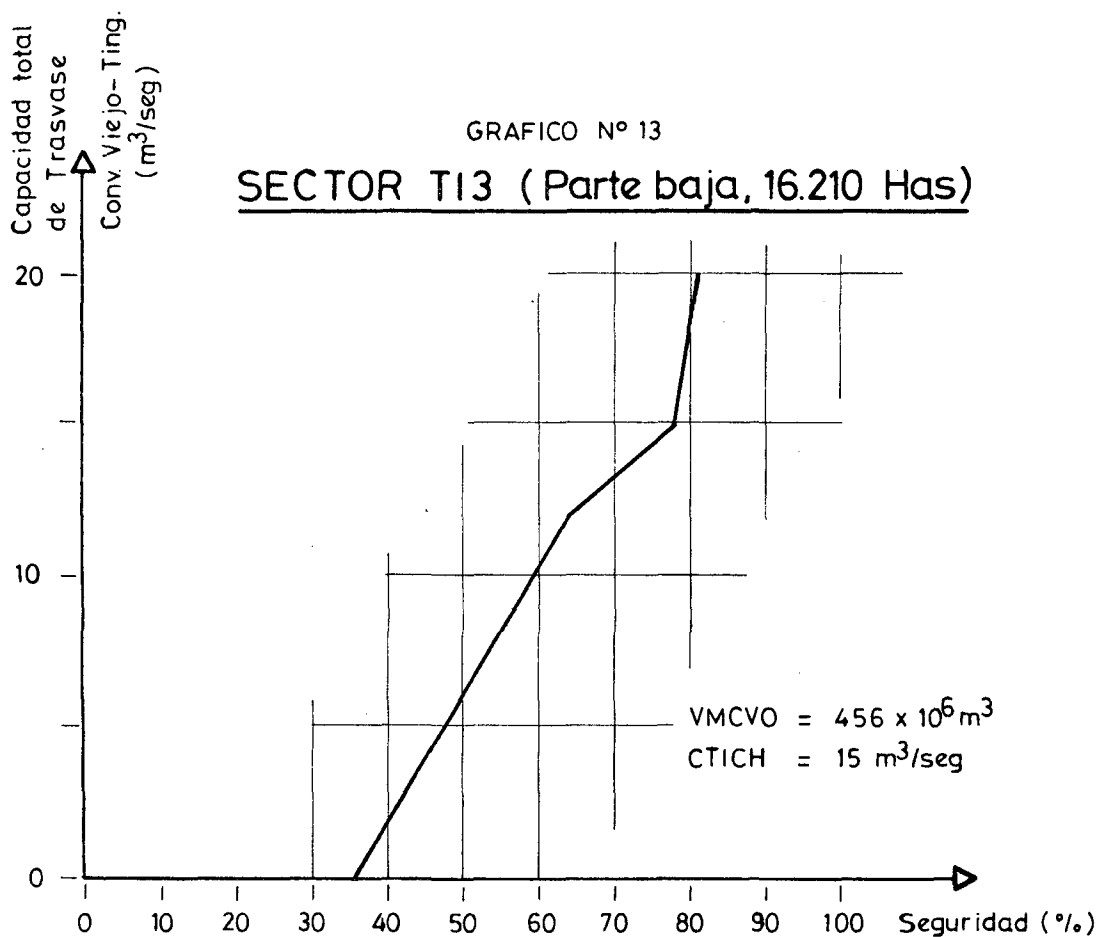
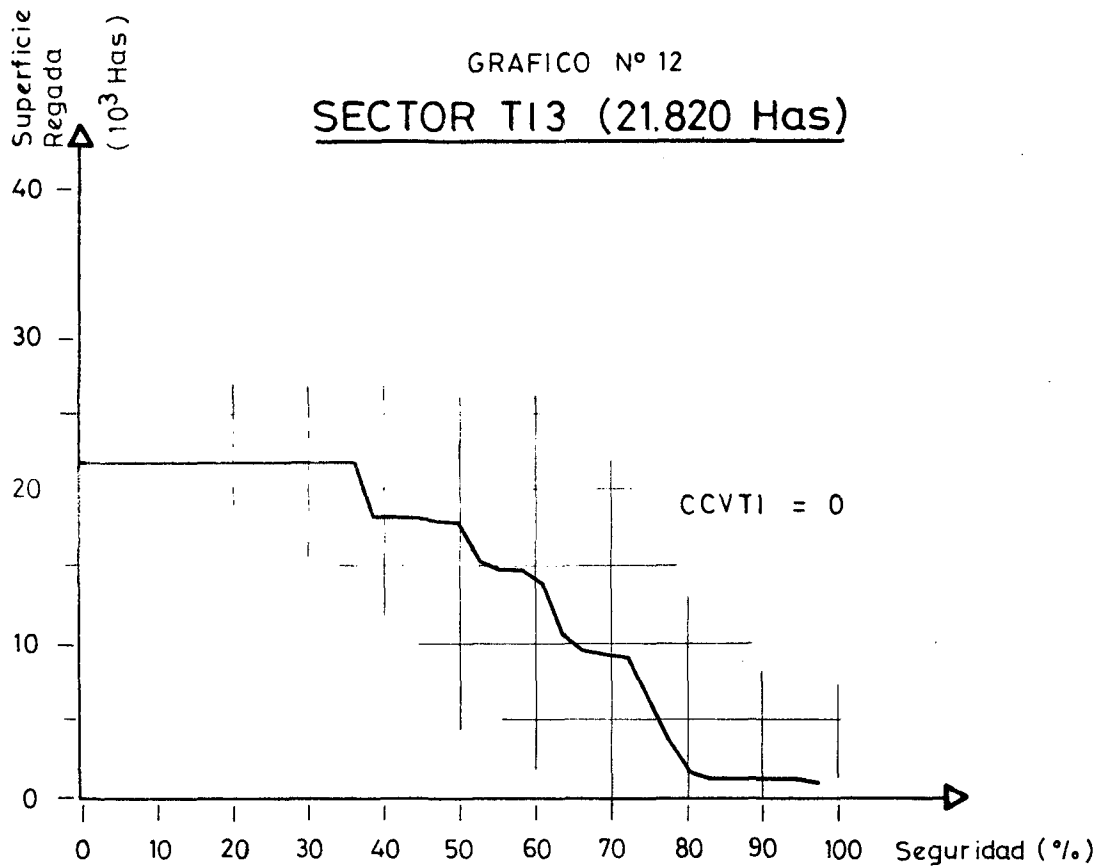


GRAFICO Nº 14

SECTOR TI3 (Parte baja, 16.210 Has)

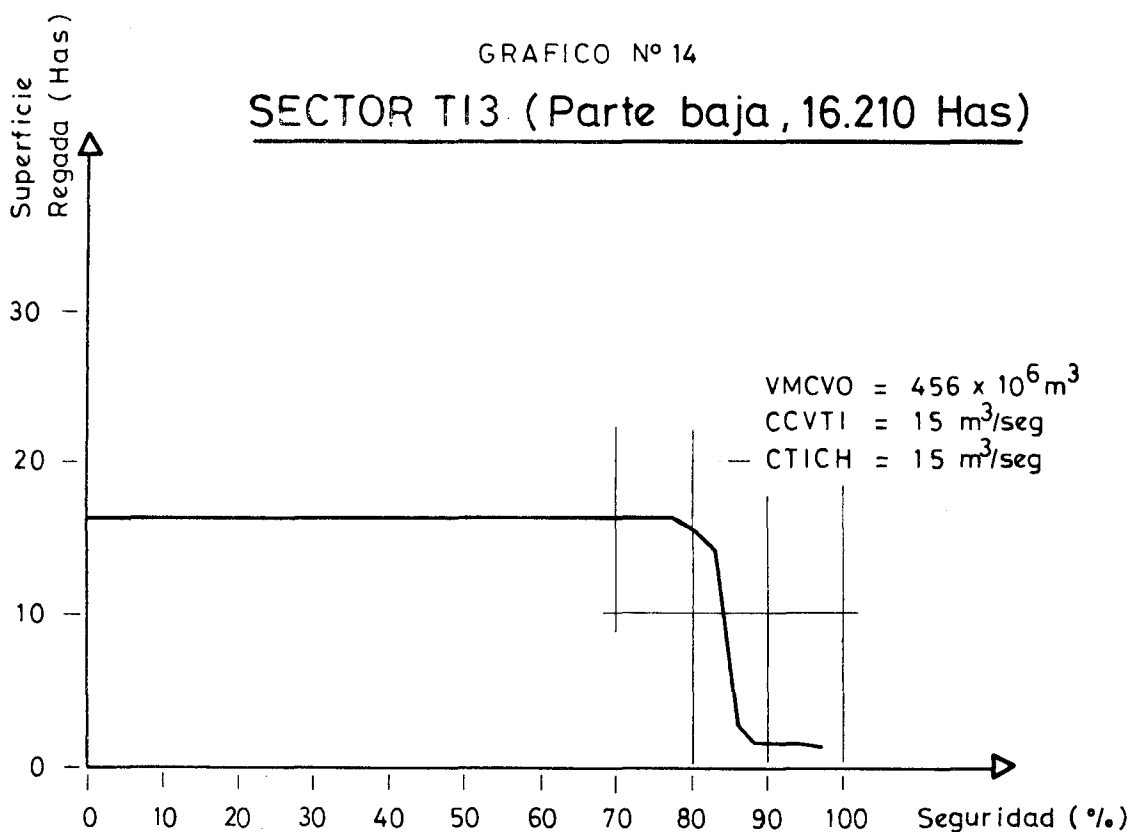


GRAFICO Nº 15

SECTOR TI3 (Parte baja, 16.210 Has)

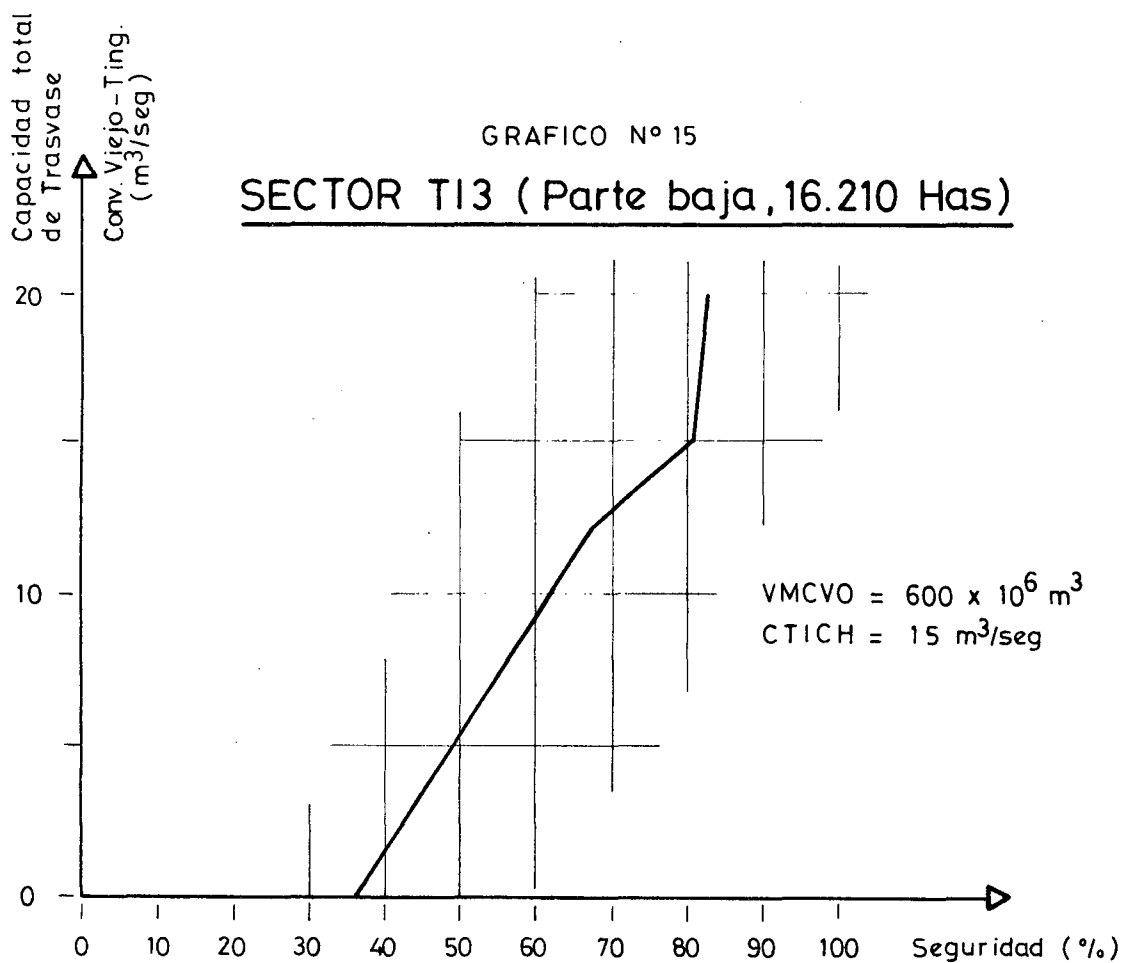


GRAFICO N° 16

SECTOR TI3 (Parte baja ,16.210 Has)

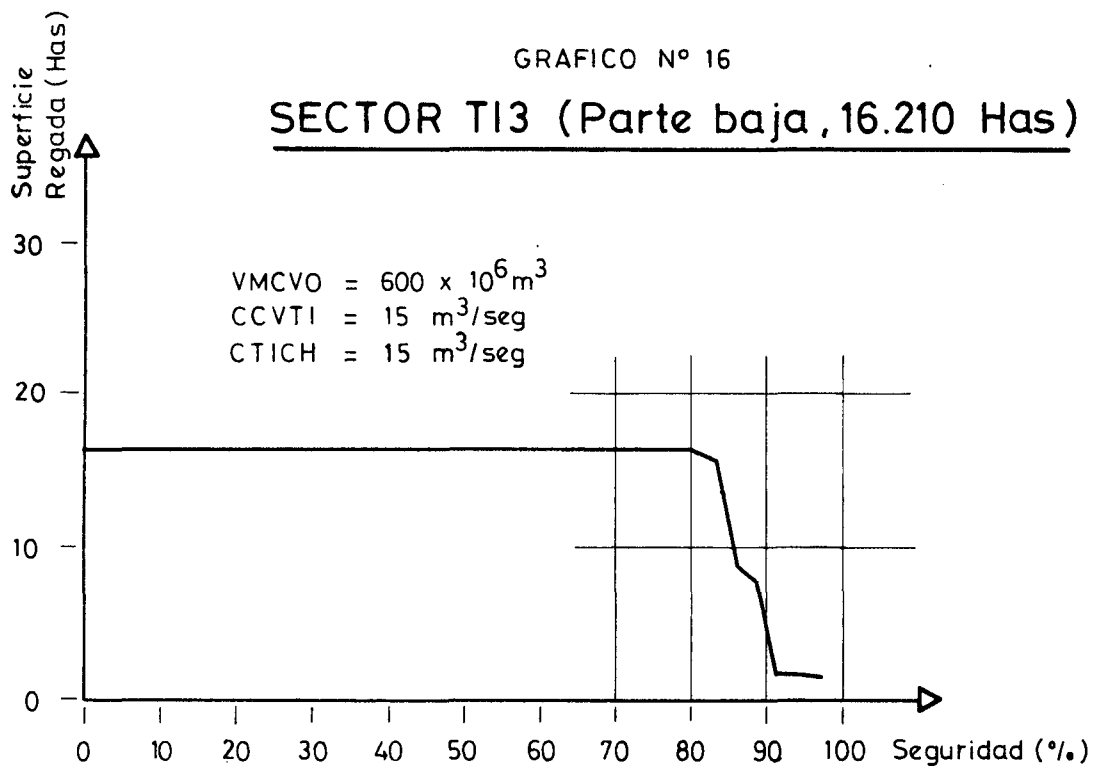


GRAFICO N° 17

SECTOR CV1 (89.710 Has)

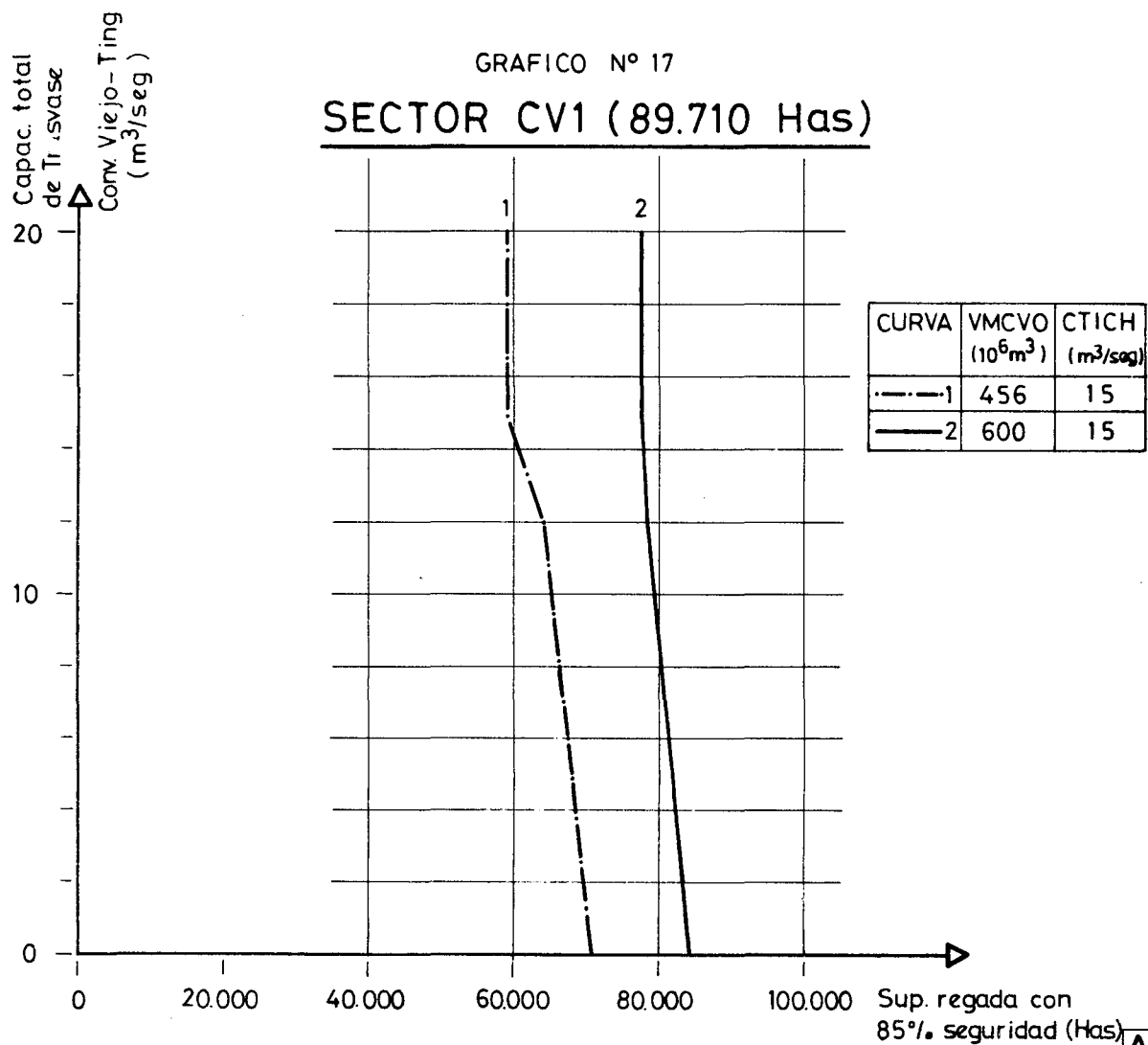
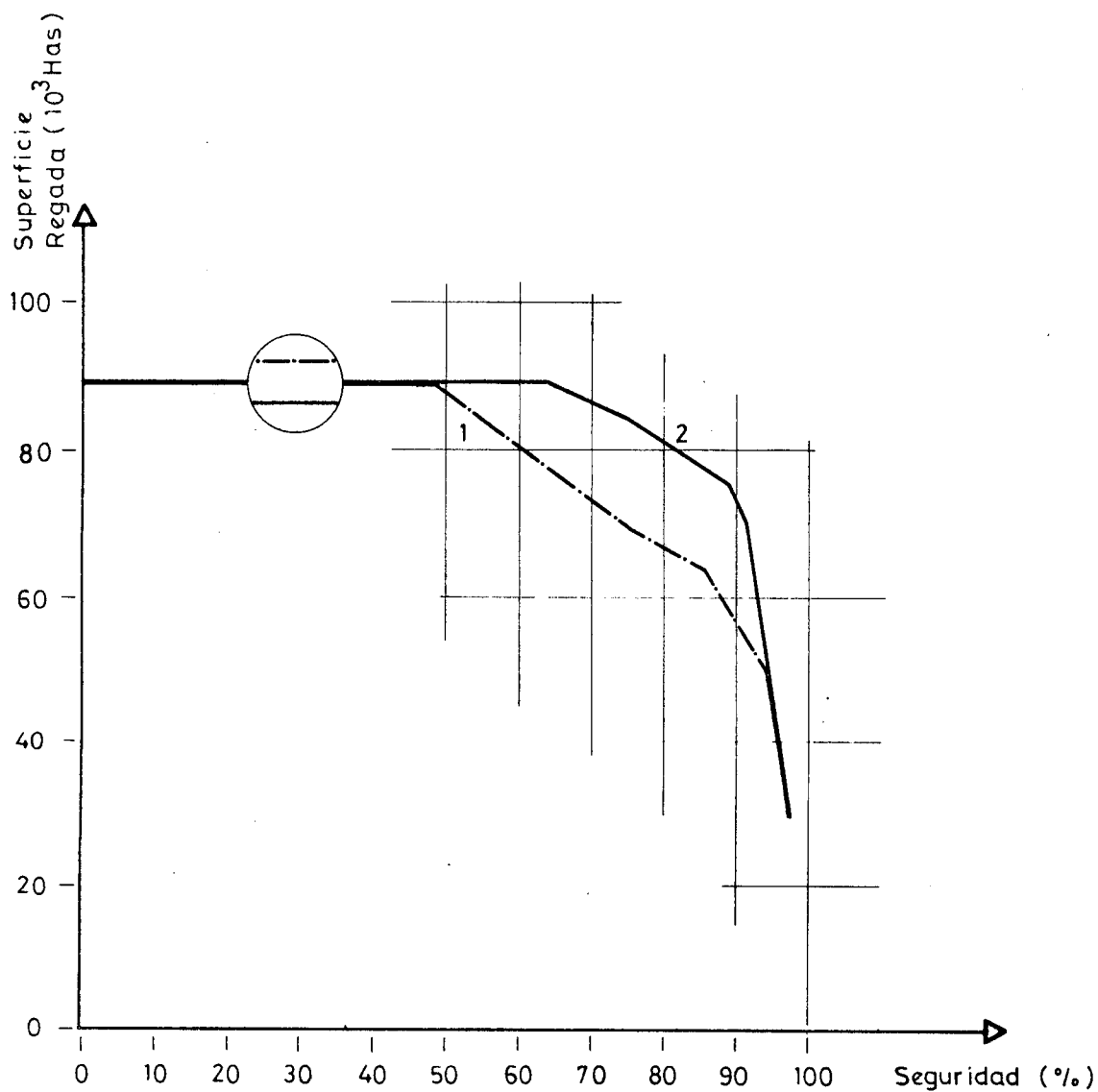


GRAFICO Nº 18
SECTOR CV1 (89.710 Has)



CURVA	VMCVO (10 ⁶ m ³)	CTICH (m ³ /seg)	CCVTI (m ³ /seg)
1	456	15	12
2	600	15	12

A N E X O - A

EJEMPLOS DEL CALCULO DE LA SEGURIDAD OPTIMA DE RIEGO

Tradicionalmente se ha tomado como seguridad de riego para nuevos proyectos un valor del orden de 85%. Por esta seguridad de riego se entiende el porcentaje de los años en que la superficie de riego de un proyecto recibe su dotación completa de agua. Aún cuando pueden hacerse muchas críticas a esta forma de considerar la seguridad de riego, ella constituye un criterio bastante práctico aunque desde luego también bastante simplista.

A objeto de evaluar los distintos factores que inciden en la fijación de la seguridad de riego que debe asignarse a un proyecto determinado, en el Anexo N^o B que se presenta más adelante, se expone un análisis teórico referente a este concepto. Se propone una metodología para determinar esta seguridad de riego en base a maximizar los beneficios totales actualizados del proyecto. Estos beneficios están formados por tres términos a saber :

- Aumento de la producción neta lograda con el proyecto (valor positivo).
- Inversiones que requiere el proyecto (valor negativo).
- Costos de fallas, tienen lugar en los años de seguridad mayor que aquella asignada al proyecto y en los cuales no toda la superficie de riego recibe su dotación completa de agua.

De acuerdo con lo deducido en el Anexo N^o B, la relación que debe maximizarse es la siguiente :

$$B = HaIaR - Ha \cdot io - HaA \cdot C \times P \times R$$

para fines prácticos esta ecuación es conveniente escribirla como

$$B = RIa \left[Ha \left(1 - \frac{io}{Ia} \right) - HaA \frac{C}{Ia} P \right]$$

B = Beneficios totales actualizados del proyecto

Ha = Superficie que puede regar el proyecto con seguridad "a"

Ia = Incremento de producción neta por hectárea que se obtiene con el proyecto

io = Inversiones totales por hectárea que requiere el proyecto

C = Costo de falla por hectárea de la superficie que no puede regar el proyecto en los años en que la seguridad de diseño del proyecto es sobrepasada

HaA = Superficie media probable de falla para seguridades "a" superiores a la asignada al proyecto

P = Coeficiente que depende de la seguridad "a" del proyecto y del factor de actualización "r".

Queda dado por :

$$P = \frac{(1-r)(1-a)}{a [1 - (1-a) \times r] (1-ar)}$$

t = Tasa de interés anual

$$r = \frac{1}{1+t}$$

R = $\frac{r}{1-r}$ = Factor de actualización de sumas anuales iguales

Con el objeto de una mejor exposición de la teoría planteada se efectúa a continuación una aplicación de ella, a título de ejemplo, al caso del sector CA4 de la hoya del río Rapel. En esta aplicación se consideran dos situaciones extremas, una suponiendo que no se realiza ninguna gran obra para mejorar el riego de este sector, salvo la tecnificación en el regadío; la otra alternativa consulta no sólo la tecnificación del regadío sino que además se construiría el embalse Collicura para mejorar su riego.

En el primer caso se adopta un valor de $\frac{i_o}{I_a} = 1,0$, que supone inversiones muy moderadas, mientras que en el segundo se considera un valor cuatro veces superior a objeto de tener en cuenta las mayores inversiones involucradas por el embalse Collicura. Todos los cálculos se han realizado alternativamente para valores de coeficiente $\frac{C}{I_a}$ de 2,0 y 3,0. Además se han considerado también, alternativamente, tasas de interés anual del 12 y del 17%.

Los cálculos realizados se presentan en los cuadros siguientes Nº 1 al Nº 4 y en las figuras Nº 1 al Nº 4 se han trazado las relaciones entre los beneficios totales actualizados del proyecto y las seguridades de riego para cada uno de los casos analizados.

Las principales conclusiones obtenidas son :

- Si no se construye el embalse Collicura la seguridad óptima económica de riego del sector CA4, considerando una tasa de interés anual del 17%, resulta encontrarse

cercana al 56% para $\frac{C}{Ia} = 2,0$, en cambio ella se encontraría entre 60% y 73% para $C/Ia = 3,0$. El rango indicado corresponde a una variación de hasta un 5% del Beneficio Máximo.

~ Para el mismo caso anterior, considerando ahora una tasa de interés anual de 12%, la seguridad óptima de riego estaría alrededor de 56% para $C/Ia = 2,0$, mientras que ella estaría entre 56% y 62% para $C/Ia = 3,0$.

~ Si se construye el embalse Collicura la seguridad óptima económica de riego del sector CA⁴, considerando una tasa de interés anual del 17% resulta encontrarse en torno al 95% tanto para $C/Ia = 2,0$ como 3,0. Este resultado se mantiene para una tasa de interés anual de 12%.

~ Algunas conclusiones de índole general que se obtienen de este análisis, ya deducida por lo demás del análisis teórico son :

• El factor fundamental que define la seguridad de riego óptima para un proyecto es la forma de la curva Superficie Regada vs. Seguridad de Riego. En los casos del ejemplo anterior, si no se considera el embalse Collicura, esta última relación presenta un marcado quiebre para 56% de seguridad. Si se considera el embalse Collicura dicha relación presenta un quiebre importante para 95% de seguridad.

• Factores que también inciden en el valor de la seguridad óptima son : " $\frac{i_0}{Ia}$ ", " $\frac{C}{Ia}$ ", "t". Mientras mayor es

la relación entre las inversiones y el incremento de la producción neta por hectárea que se obtiene con el proyecto, mayor también resulta ser la seguridad óptima de riego. También la seguridad óptima aumenta si se consideran mayores tasas de interés anual y mayores relaciones entre los costos de falla y el incremento de la producción neta por hectárea.

- Para el caso de proyectos que requieran inversiones por hectárea muy altas, los dos primeros términos de los beneficios totales actualizados pueden anularse o aún dar una resultante negativa. En estos casos la seguridad óptima resultaría 100% aún cuando debe interpretarse como que el proyecto de riego no se justifica, a lo menos desde el punto de vista puramente económico. Esto último ocurre para valores de $\frac{i_o}{I_a}$ iguales o superiores a los dados por la relación siguiente, aún cuando también puede suceder para valores algo menores :

$$1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} = 0$$

$$i_o = I_a R$$

DEFINICION DE COLUMNAS, CUADROS Nº 1, 2, 3 y 4

- Columna "0" : "A" : Probabilidad con que se riega
anualmente la superficie "Ha"
- Columna 1 : "Ha": Superficie de riego en hectáreas
- Columna 2 : "HaxA": Superficie media probable de falla
para seguridades mayores que "a"
- Columna 3 : "P" : Coeficiente de probabilidad de
ocurrencia de falla (ver figura
adjunta)
- Columna 4 : " $Hax \frac{C}{Ia}$ " P" : Costo de falla para $C/Ia \approx 2,0$
- Columna 5 : " $Hax \frac{C}{Ia}$ " P" : Costo de falla para $C/Ia \approx 3,0$.
El costo de falla es igual al producto
de las columnas 2 y 3 por el valor de
 $\frac{C}{Ia}$ (relación entre el costo de falla
por hectárea, C, y los beneficios netos
por hectárea Ia)
- Columna 6 : " $Ha(1 - \frac{io}{Ia} \times \frac{1}{R})$ " : Suma algebraica de los dos
primeros términos de la expresión corres-
pondiente a los beneficios del proyecto.
El primer término, que es negativo, corres-
ponde a las inversiones que el proyecto
requiere

Columna 7 : "B/IaR" : Beneficios totales actualizados del proyecto. Diferencia entre las columnas 6 y 4 para $\frac{C}{Ia} = 2,0$

Columna 7 : $\frac{B}{IaR}$: Beneficios totales actualizados del proyecto. Diferencia entre las columnas 6 y 5 para $\frac{C}{Ia} = 3,0$.

Para los fines de este cálculo los beneficios totales se han afectado de un coeficiente $\frac{1}{Ia} \times \frac{1}{R}$ que es constante.

C U A D R O No 1
=====

SECTOR CA4, SIN EMBALSE COLLICURA

Tasa de Interés Anual = 17%

$$\frac{i_o}{I_a} = 1,0$$

(Relación entre Inversiones e Ingresos Netos por Hectárea)
Cálculo de los Beneficios Totales Actualizados del Proyecto

$$B = RIa \left[Ha \left(1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} \right) - HaA \frac{C}{I_a} P \right]$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Seguridad "a"	Ha Hectáreas	Ha.A	P t = 17%	$\frac{Ha \times A \times \frac{C}{I_a} \times P}{\frac{C}{I_a} = 2,0}$	$\frac{C}{I_a} = 3,0$	$Ha \left(1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} \right)$ $\frac{i_o}{I_a} = 1,0$	$\frac{B}{Ia R}$ (6)-(4)	(6)-(5)
.450	33.000	20.300	0,545	22.127	33.191	27.407	5.280	5.784
.560	33.000	20.300	0,351	14.251	21.376	27.407	13.156	6.031
.580	27.500	16.150	0,325	10.498	15.746	22.839	12.341	7.093
.615	25.500	15.520	0,286	8.877	13.316	21.178	12.301	7.862
.630	20.000	10.490	0,270	5.665	8.497	16.610	10.945	8.113
.725	15.000	7.950	0,189	3.005	4.508	12.458	9.453	7.950
.775	14.000	8.600	0,155	2.666	3.999	11.627	8.961	7.628
.800	12.500	8.090	0,139	2.249	3.374	10.381	8.132	7.007
.915	3.500	1.455	0,067	195	292	2.907	2.712	2.615

C U A D R O N^o 2
=====

SECTOR CA4, SIN EMBALSE COLLICURA

Tasa de Interés Anual = 12%

$$\frac{i_o}{I_a} = 1,0$$

(Relación entre Inversiones e Ingresos Netos por Hectárea)
Cálculo de los Beneficios Totales Actualizados del Proyecto

$$B = RIa \left[Ha \left(1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} - HaA \frac{C}{I_a} P \right) \right]$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Seguridad "a"	Ha Hectáreas	Ha.A	P t = 12%	Ha . A x $\frac{C}{I_a}$ x P $\frac{C}{I_a} = 2,0$	$\frac{C}{I_a} = 3,0$	Ha $\left[1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} \right]$ $\frac{i_o}{I_a} = 1,0$	B/Ia R (6) - (4) (6) - (5)	
.450	33.000	20.300	0.430	17.458	26.187	29.040	11.582	2.853
.560	33.000	20.300	0.277	11.246	16.869	29.040	17.794	12.171
.580	27.500	16.150	0.257	8.301	12.452	24.200	15.899	11.748
.615	25.500	15.520	0.227	7.046	10.569	22.440	15.394	11.871
.630	20.000	10.490	0.215	4.511	6.766	17.600	13.089	10.834
.725	15.000	7.950	0.153	2.433	3.649	13.200	10.767	9.551
.775	14.000	8.600	0.126	2.167	3.251	12.320	10.153	9.069
.800	12.500	8.090	0.114	1.845	2.767	11.000	9.155	8.233
.915	3.500	1.455	0.059	172	258	3.080	2.908	2.822

C U A D R O N^o 3

SECTOR CA4, CON EMBALSE COLLICURA (200 x 10⁶m³)

Tasa de Interés Anual = 17%

$$\frac{i_o}{I_a} = 4,0$$

(Relación entre Inversiones e Ingresos Netos por Hectárea)
Cálculo de los Beneficios Totales Actualizados del Proyecto

$$B = RI_a \left[Ha \left(1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} \right) - HaA \frac{C}{I_a} P \right]$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Seguridad "a"	Ha Hectáreas	Ha.A	P t = 17%	Ha . A x $\frac{C}{I_a}$ x P $\frac{C}{I_a} = 2,0$	Ha . A x $\frac{C}{I_a}$ x P $\frac{C}{I_a} = 3,0$	Ha $\left[1 - \frac{i_o}{I_a} \times \frac{1}{R} \right]$ $\frac{i_o}{I_a} = 4$	B/Ia x R (6) - (4) (6) - (5)	
.700	33.000	22.522	0.208	9.369	14.054	10.627	1.258	- 3.427
.800	33.000	22.522	0.139	6.261	9.392	10.627	4.366	1.235
.945	33.000	22.522	0.046	2.072	3.108	10.627	8.555	7.519
.975	2.500	750	0.023	35	52	805	770	753

C U A D R O No 4
=====

SECTOR CA4, CON EMBALSE COLLICURA (200 x 10⁶m³)

Tasa de Interés Anual 12%

$$\frac{i_o}{I_a} \approx 4,0$$

(Relación entre Inversiones e Ingresos Netos por Hectárea)
Cálculo de los Beneficios Totales Actualizados del Proyecto

$$B = RIa \left[Ha \left(1 - \frac{i_o}{I_a} \frac{1}{R} \right) - HaA \cdot \frac{C}{Ia} P \right]$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Seguridad "a"	Ha Hectáreas	Ha.A	t = 12%	Ha . A x $\frac{C}{Ia}$ x P $\frac{C}{Ia} = 2,0$	$\frac{C}{Ia} = 3,0$	$\left[Ha \left(1 - \frac{i_o}{Ia} \frac{1}{R} \right) \right]$ $\frac{i_o}{Ia} = 4$	B/Ia x R (6) - (4)	(6)-(5)
.700	33.000	22.522	0.167	7.522	11.284	17.159	9.637	5.875
.800	33.000	22.522	0.114	5.135	7.703	17.159	12.024	9.456
.945	33.000	22.522	0.042	1.892	2.838	17.159	15.267	14.321
.975	2.500	750	0.022	33	50	1.300	1.267	1.250

CALCULO DE LOS VALORES DEL COEFICIENTE P
 =====

$$P = \frac{(1-r) (1-a)}{a [1-(1-a)r] (1-ar)}$$

a	P(t = 17%)	P(t = 12%)
0,95	0,042	0,039
0,90	0,076	0,067
0,85	0,108	0,091
0,80	0,139	0,114
0,75	0,172	0,139
0,70	0,208	0,167
0,65	0,251	0,200
0,60	0,302	0,239
0,55	0,365	0,288
0,50	0,443	0,350
0,45	0,545	0,430
0,40	0,680	0,538
0,35	0,866	0,690
0,30	1,135	0,911

B -251-

A N E X O - B

CONSIDERACIONES SOBRE SEGURIDAD DE RIEGO

- 1.- OBJETIVO Y ALCANCE
- 2.- PLANTEAMIENTO GENERAL
- 3.- DETERMINACION DEL COSTO DE FALLA
- 4.- APLICACIONES GENERALES

A N E X O S D E L A N E X O "B"

1.- OBJETIVO Y ALCANCE

Por "seguridad de riego", expresada numéricamente como un porcentaje, se considera la probabilidad de que una determinada superficie de riego pueda ser bien regada todos los años.

Al proyectar un sistema de regadío debe definirse, a la luz de los antecedentes hidrológicos, la seguridad para la cual se estudiará, lo que finalmente define la extensión que abarcará dicho proyecto en lo que a superficie de terrenos se refiere, permitiendo por último analizar su justificación económica.

Las consideraciones que siguen tienen por objeto analizar los distintos factores que intervienen en una definición de "seguridad óptima económica de riego", cuantificando la influencia de cada uno en dicha seguridad óptima. No se pretende presentar una metodología para cuantificar la seguridad de riego que deba adoptarse en cada caso particular sino más bien y con ayuda de un planteamiento matemático, aportar nuevos antecedentes que colaboren en la formación de criterios al respecto y destacar las formas de variación de dichas seguridades óptimas y sus órdenes de magnitud frente a los parámetros que las afectan.

Ha sido bastante tradicional considerar para los proyectos de regadío seguridades del orden de 85 %. Mas recientemente sin embargo y en especial en proyectos que captan sus aguas desde grandes embalses, la tendencia es limitar las superficies de riego a aquellas que presentan seguridades mayores que la señalada. La necesidad de disponer de algunos criterios cuantificables para análisis de este tipo es lo que ha llevado a formular las consideraciones que siguen.

2.- PLANTEAMIENTO GENERAL

Puede formularse una expresión general, del tipo de la que se indica, para valorar los beneficios totales directos que se obtienen de

un determinado proyecto de regadío. Estos beneficios se expresan actualizados a su valor presente.

$$B = I.N. - I_o - C.F.$$

a = Seguridad de riego del proyecto.

B = Beneficios totales actualizados. Resultan ser, como se verá a continuación, función de la seguridad de riego.

I.N. = Incremento Neto de la producción total anual que se obtiene con el regadío, actualizado a su valor presente.

Designando por:

Ha = Número de hectáreas que riega el proyecto si la seguridad de diseño es "a".

Ia = Incremento neto anual, por hectárea, de la producción debido al regadío. Se trata de un valor medio correspondiente a toda la superficie de riego con seguridad "a", y por lo tanto puede ser una función de "a".

t = Tasa de interés que se considere para los estudios.

$$r = \frac{1}{1+t}$$

$R = \frac{r}{1-r}$ = factor de actualización de sumas anuales iguales que comienzan a producirse al año siguiente de aquel que se toma como origen para la determinación del valor presente.

En el caso en que el incremento "Ia" se obtenga para todas las hectáreas a partir del primer año en que se pongan en servicio las obras del proyecto (caso del análisis de obras existentes), se tendría:

$$I.N. = H_a \times I_a \times R \quad \text{(para el cálculo de estos beneficios no se descuentan los años en que por fallas hidrológicas no se pueda regar toda el área.)}$$

I_o = Inversión total exigida por el proyecto de regadío; incluye tanto las

obras matríces como las de puesta en riego.

Designando por:

io = inversión total por cada una de las "Ha" hectáreas que se riegan con seguridad "a". (puede ser función de "a").

Se considerará que estas inversiones, para los efectos de cálculo, ocurren en forma concentrada en el año que se ha tomado como origen para la determinación de "valores presentes". (Si se desea, siempre podrá hacerse una corrección en los valores para tener en cuenta el verdadero calendario con que las inversiones se realizan.

$$Io = io \times Ha$$

C.F. = Costo de Fallas. Corresponde al costo de falla total, expresado como "valor presente", representa el hecho de que con una probabilidad : " $b = 1-a$ " no será posible regar la totalidad de la superficie "Ha". Se incluye en este costo el incremento neto de producción que se deja de obtener en la superficie que no recibe riego, los costos adicionales que esto ocasiona y que no se recuperan, planteados estos últimos tanto a nivel predial como nacional. Según se demuestra en el punto siguiente se tiene:

C = Costo anual por hectárea de falla (que no recibiría riego en un año dado).

A = Coeficiente que representa la superficie media probable que quedaría sin riego en los casos de probabilidad " $1 - a = b$ "

$$P = \frac{(1-r) \cdot b}{a \cdot (1-b \cdot r) (1-ar)}$$

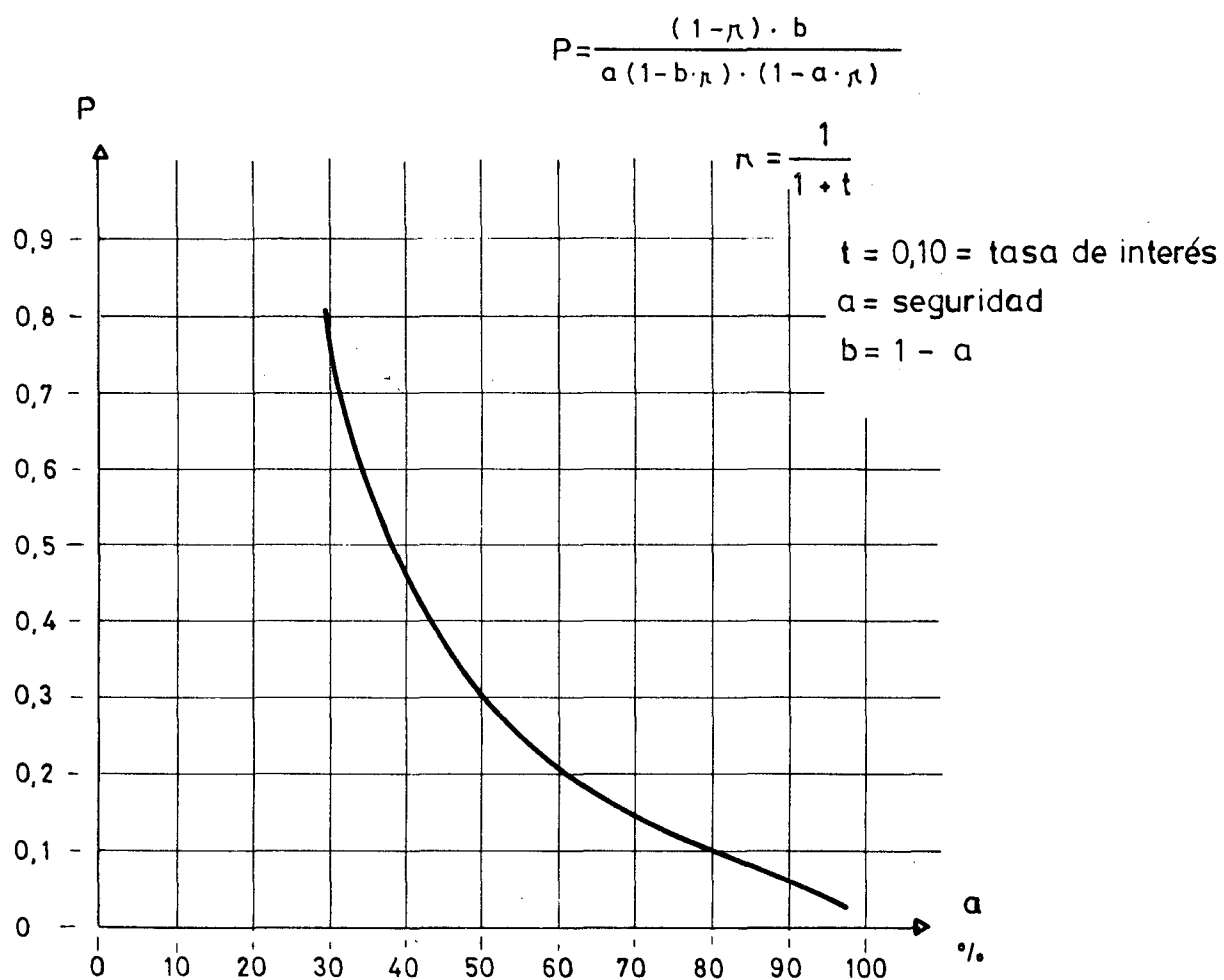
(En la figura adjunta se indican los valores de "P" en función de "a").

$$C.F. = Ha \times C \times A \times P \times R$$

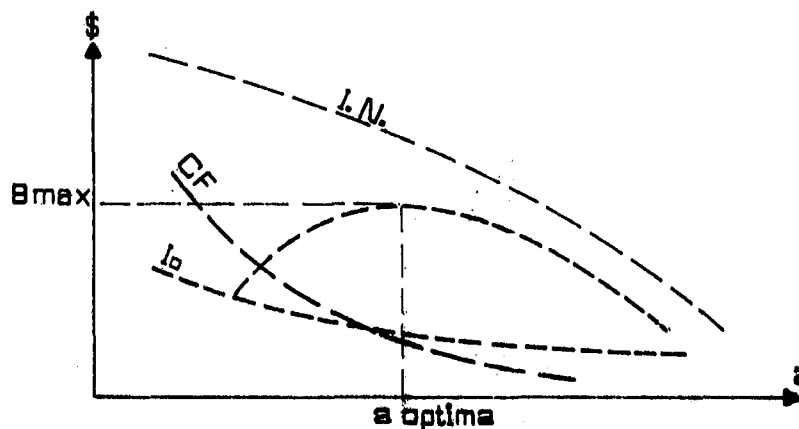
Con esto se tiene:

$$B = Ha \times Ia \times R - Ha \times io - Ha \times C \times A \times P \times R$$

FIGURA N° 1

VALORES DE "P"

Esta expresión puede llevarse a un gráfico como el que se indica. El primer término del segundo miembro (I.N.) resulta básicamente decreciente con "a" debido a la reducción de superficie "Ha" que se produce al aumentar la seguridad de riego. El segundo término (I_0) también es decreciente con "a", o creciente con "b", debido a que la inversión total debe aumentar al aumentar también la superficie total beneficiada por el proyecto. El tercer término del segundo miembro también es decreciente con "a" dado que el costo total de falla es menor mientras mayor seguridad de riego se asigne al proyecto. La función definida antes como Beneficios totales (B) del regadío tendrá una forma como la que se indica en el gráfico. La seguridad óptima económica para un proyecto de riego será aquella que haga máximo el valor de "B". En cada caso particular podrán trazarse estas relaciones y determinar para que valor de "a" se obtiene "B máx."

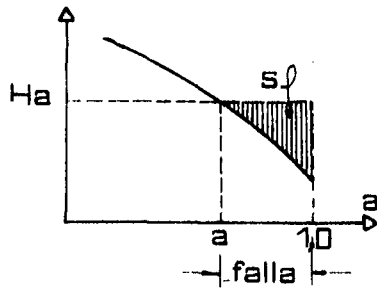


3.- DETERMINACION DEL COSTO DE FALLA

Se calcularán los costos de falla como el producto del costo de falla por unidad de superficie (C), por la superficie media más probable de que quedaría sin riego cuando la seguridad hidrológica sobrepasa la seguridad "a" con ^{sea} que se ha diseñado el regadío, y por la probabilidad de que dicha seguridad/sobrepasada. El costo total de falla será igual a la suma de todos los productos del tipo anterior, cada uno actualizado a su "valor presente", formulados para todos los casos en que se presenten condiciones de falla. Es decir, corresponde a la sumatoria de los costos de todos los casos posibles de falla que pueden presentarse, cada uno multiplicado por su probabilidad respectiva y actualizados al año inicial utilizado como base de comparación.

Se tiene entonces:

- Costo de falla por unidad de superficie no regada : se define como C.
- Superficie media más probable que queda sin riego: En la figura adjunta se indica la variación de la superficie de riego "Ha" en función de la



seguridad "a" de diseño que se adopte. Para todos los casos en que se produce una condición de falla, valor de "a" sobrepasado, la superficie media que queda sin riego en cada año específico puede representarse por su valor mas probable, el que equivale a "la esperanza matemática" de la superficie no regada. Designado por:

Designado por:

$A = \text{Área achurada en la figura dividida por "Ha" y por "(1 - a)"}$

$$A = \frac{S}{Ha \times (1-a)}$$

La superficie mas probable que queda sin riego en caso de una falla queda dada por : $Ha \times A$

- Coefficiente de actualización: si la falla se produce en un año de orden "K", para expresar el costo de esa falla en su valor presente, dicho costo se multiplica por el factor: $\frac{1}{(1+t)^k} = r^k$

- Probabilidades de falla: si en un número "k" de años hay "j" de ellos que son de falla (seguridad "a" sobrepasada), la probabilidad de ocurrencia de ese caso quedaría dada por: $(1-a)^j a^{k-j} = b^j \times a^{k-j}$

Para el planteamiento de todos los casos posibles de falla se consideraran separadamente aquellos en que la condición de falla se presenta en un año aislado, en dos años consecutivos, en tres consecutivos, etc. Para los efectos de cálculo de costos de falla se considerará, en cada uno de los casos, el análisis limitado hasta el año en que se produce la última falla del grupo. Se designará por "k" el número de orden del año

en que se presenta la primera falla.

Los costos de falla actualizados quedan dados por:

a) Casos con 1 falla:

$$\text{costo probable: } \sum_{k=1}^{\infty} b \times a^{k-1} \times H_a \times A \times C \times r^k = \text{Costo (X)}$$

$$\text{costo (X)} = H_a \times A \times C \times \frac{b \times r}{1 - a \times r}$$

b) Casos con 2 fallas:

$$\text{costo probable: } \sum_{k=1}^{\infty} b^2 \times a^{k-1} \times H_a \times A \times C \times (r^k + r^{k+1})$$

$$\text{costo (XX)} = H_a \times A \times C \times \frac{b^2 \times (1+r) \times r}{1 - a \times r} = \text{Costos (X)} \times b \times (1+r)$$

c) Casos con 3 fallas:

$$\text{costo probable: } \sum_{k=1}^{\infty} b^3 \times a^{k-1} \times H_a \times A \times C \times (r^k + r^{k+1} + r^{k+2})$$

$$\text{costo (XXX)} = H_a \times A \times C \times \frac{b^3 \times (1+r+r^2) \times r}{1 - a \times r} = \text{Costo (X)} \times b^2 \times (1+r+r^2)$$

d) Casos con 4 fallas:

$$\text{costo (XXXX)} = \text{Costo (X)} \times b^3 \times (1+r+r^2+r^3)$$

n) Casos con "n" fallas:

$$\text{Costo (XX.....Xn)} = \text{Costo (X)} \times b^{n-1} \times (1+r+r^2 + \dots + r^{n-1})$$

La suma de los costos de todos estos casos conduce a:

$$\text{C.F.} = \sum \text{Costo (XX.....Xi)} = H_a \times A \times C \times \frac{r}{1 - a \times r} \times \frac{1}{1-r} \left\{ b \times (1-r) + b^2 (1-r^2) + b^3 (1-r^3) + \dots + \dots \right\}$$

$$\text{C.F.} = H_a \times A \times C \times R \times \frac{(1-r) \times b}{a \times (1-b \times r) \times (1-a \times r)}$$

$$\boxed{\text{C.F.} = H_a \times A \times C \times R \times P}$$

$$P = \frac{(1-r) \times b}{a \times (1-b \times r) \times (1-a \times r)}$$

$$R = \frac{r}{1-r}$$

$$r = \frac{1}{1+t}$$

4.- APLICACIONES GENERALES

La expresión para los Beneficios Totales Actualizados puede escribirse en la siguiente forma:

$$B = Ha \times Ia \times R - Ha \times Io - Ha \times C \times A \times P \times R$$

$$B = Ha \times R \times Ia \left\{ I - \left(\frac{Io}{Ia} \right) \times \frac{1}{R} - \left(\frac{C}{Ia} \times A \right) \times P \right\}$$

Con el objeto de analizar la influencia que sobre la "seguridad óptima económica" tienen los distintos parámetros que intervienen en la ecuación anterior, se presentan a continuación algunas aplicaciones de carácter general.

Con este objeto se define el siguiente coeficiente:

$$H \times I = \frac{Ha \times Ia}{(Ha \times Ia)_{50}}$$

$(Ha \times Ia)_{50}$ = valor que toma el producto " $Ha \times Ia$ " para una seguridad de riesgo de 50%. Este valor es una constante propia y característica de cada proyecto.

La expresión para los beneficios se escribe como:

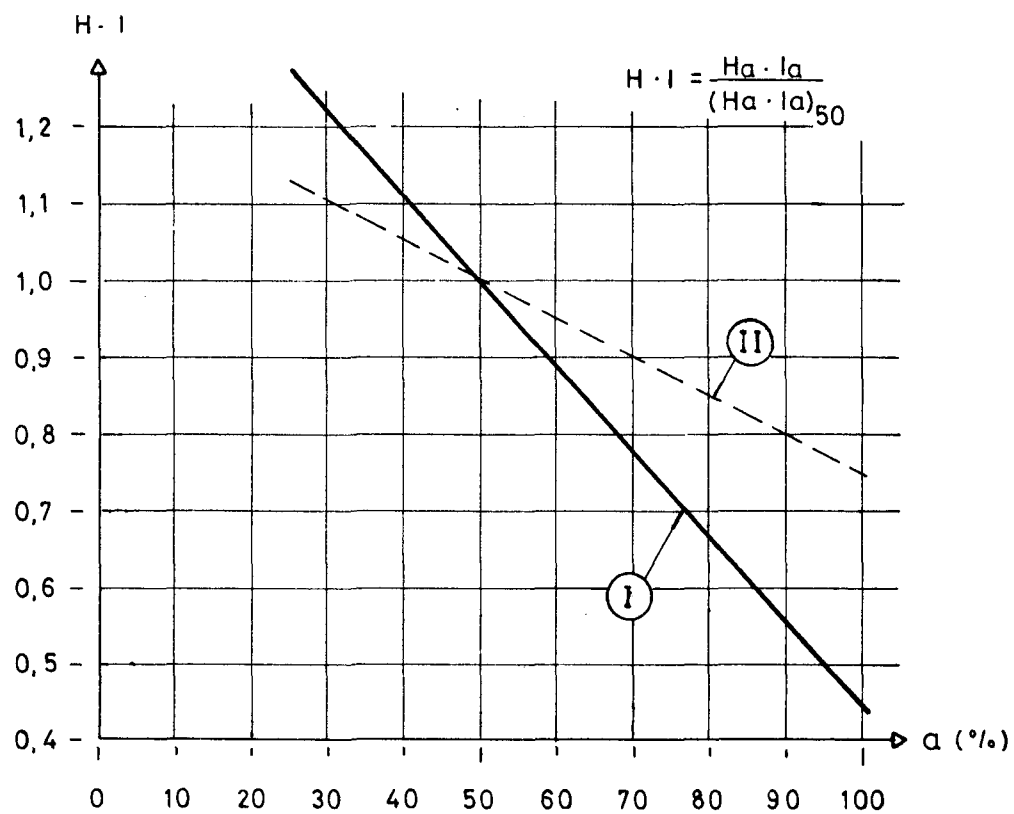
$$\frac{B}{(Ha \times Ia)_{50}} = (H \times I) \times R \left\{ 1 - \left(\frac{Io}{Ia} \right) \times \frac{1}{R} - \left(\frac{C}{Ia} \times A \right) \times P \right\}$$

El valor de " a " que hace máximo el valor de " B " también hace máximo el de " $\frac{B}{(Ha \times Ia)_{50}}$ ", por cuanto el denominador es una constante.

La determinación del valor óptimo de " a " se ha hecho en función de los siguientes tres parámetros:

- $H \times I$. : ^{como ejemplos} Se consideran/dos casos respecto a la forma de variación de este coeficiente en función de la seguridad de riesgo " a ". Los casos considerados se indican en la figura No. 2. Ambos corresponden a relaciones lineales, la primera, I, con una variación de 1,0 a 0,5 entre $a = 50\%$ y $a = 95\%$, y la segunda, II, con una variación de 1,0 a 0,775 entre los mismos valores de " a ".

FIGURA N° 2



H_a = Superficie de riego en función de la seguridad $\hat{\alpha}$

I_a = Incremento de la producción neta anual por hectárea

- $\frac{I_0}{I_a}$: Este coeficiente resulta ser igual al número de años en que se pagaría la inversión inicial que requiere el proyecto si el total del incremento neto anual de la producción, que produce el regadío, se destinara a este objeto únicamente. Para los proyectos de regadío ultimamente considerados en nuestro país este coeficiente varía aproximadamente entre 2,0 y 6,0 para los proyectos más convenientes económicamente, alcanzando sin embargo en otros hasta tipo 10 o 20.

Para el presente análisis los cálculos se efectuaron para cuatro valores de este coeficiente, a saber, 1,0 - 3,0 - 6,0 y 8,0.

- $\frac{C}{I_a} \times A$: Coeficiente igual al producto entre la razón del costo de falla por hectárea y el incremento neto anual de la producción por hectárea al año, multiplicado por la proporción del área media que queda sin riego en caso de falla. Por definición, el valor de " C/I_a " debe ser mayor que 1,0. El valor de " C " resulta bastante difícil de precisar; en el anexo No. 1 se indica una estimación general de su orden de magnitud, en forma tal que para condiciones medias del país la razón " C/I_a " resulta ser del orden de 1,50 a 3,0.

El valor de " A " varía de 0,06 a 0,28 para la línea tipo I indicada en la Figura No. 2 y de 0,02 a 0,13 para la tipo II, ambos valores para seguridades " a " de 0,85 a 0,5.

De acuerdo con todo lo anterior, los análisis se han hecho para valores de " $\frac{C}{I_a} \times A$ " de 0,1 - 0,3 - 0,5 y 0,8.

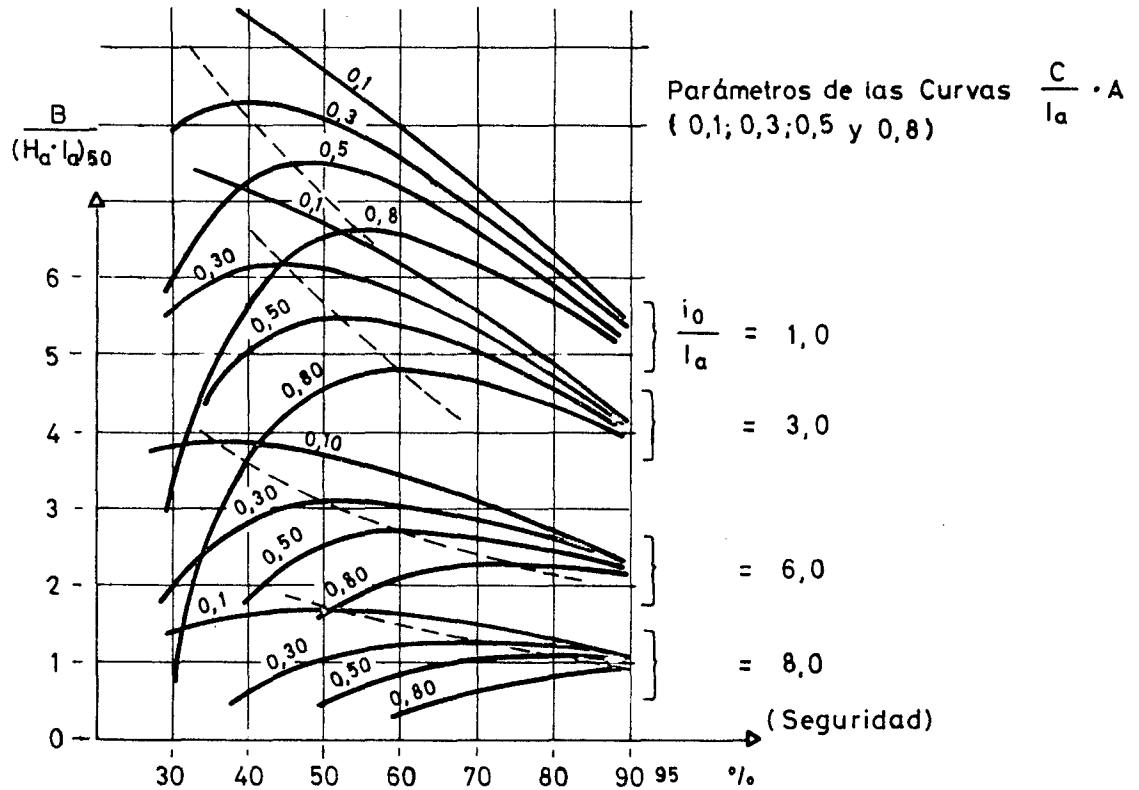
El detalle de los cálculos se resume en el Anexo No. 3 y los resultados obtenidos en los gráficos de las Figuras siguientes.

En la Figura No. 3 se indican, para los dos tipos de relaciones consideradas en la Figura No. 2, los valores de " B ", beneficios totales actualizados, para distintas seguridades " a ", considerando como parámetros los valores de " I_0/I_a " y " $(C/I_a) \times A$ ".

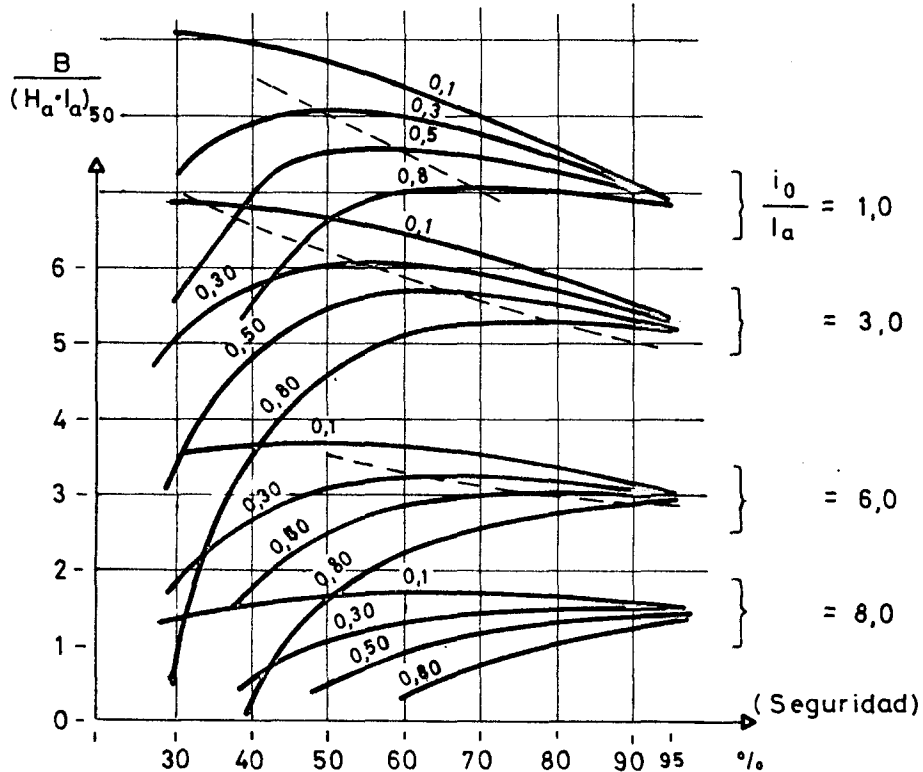
FIGURA Nº 3

VALORES DE LOS BENEFICIOS TOTALES ACTUALIZADOS

a) RELACIONES PARA CURVA TIPO I (Fig Nº 2)



b) RELACIONES PARA CURVA TIPO II (Fig Nº 2)



Se desprende de estos gráficos que en general la "seguridad óptima Económica" de riego aumenta al aumentar tanto el coeficiente " I_o/I_a " como el " $(C/I_a) \times A$ ". Además, esta seguridad también aumenta al disminuir la razón de variación de la superficie de riego " H_a " con la seguridad " a ". (Paso de la línea tipo I a la tipo II de la Fig. No. 2).

En la Figura No. 4 se resumen finalmente las "seguridades óptimas" en función de " I_o/I_a " (número de años en que se paga la inversión en la obra si la totalidad del incremento neto anual de la producción se destinara a este objeto), utilizando como parámetro el valor de " $(C/I_a) \times A$ ". Considerando que, según se observa en la Fig. No. 3, los valores máximos de " B " presentan una zona relativamente ancha de insensibilidad en la cual variaciones de " a " los afectan muy poco, en la Fig. No. 4 a cada una de las relaciones indicadas se le ha agregado una faja a lo largo de la cual es posible desplazarse verticalmente (igual valor de " I_o/I_a ") variando la "seguridad óptima", sin que los valores máximos de " B " se alteren sensiblemente.

En vista de esto no resulta necesario para fines prácticos afinar mucho en la determinación de " C/I_a ", bastará por lo general con tomar un valor del orden por ejemplo de 2,0.

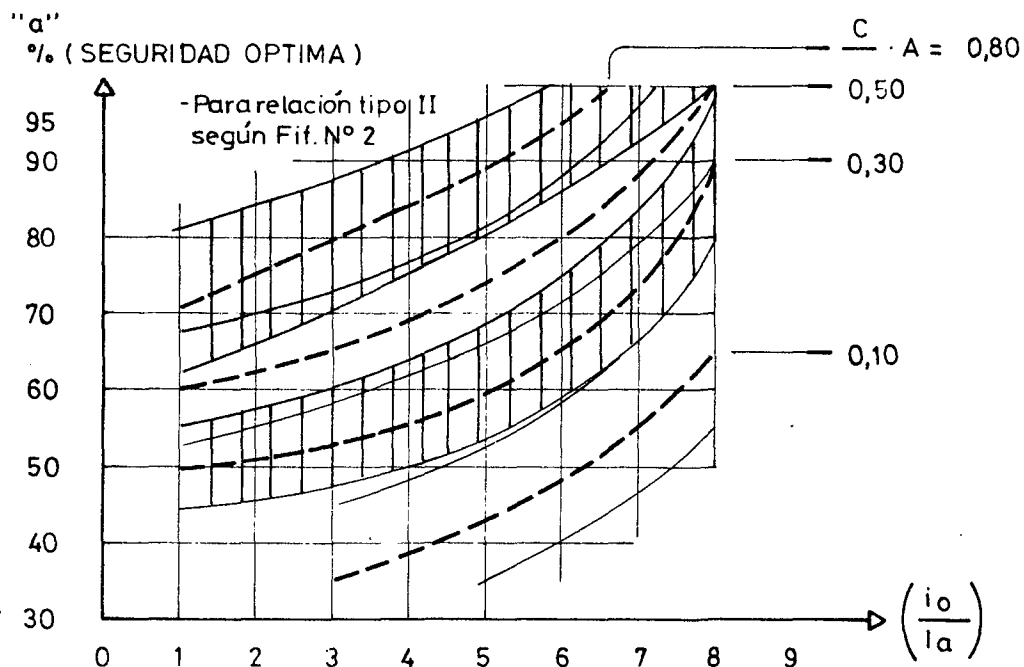
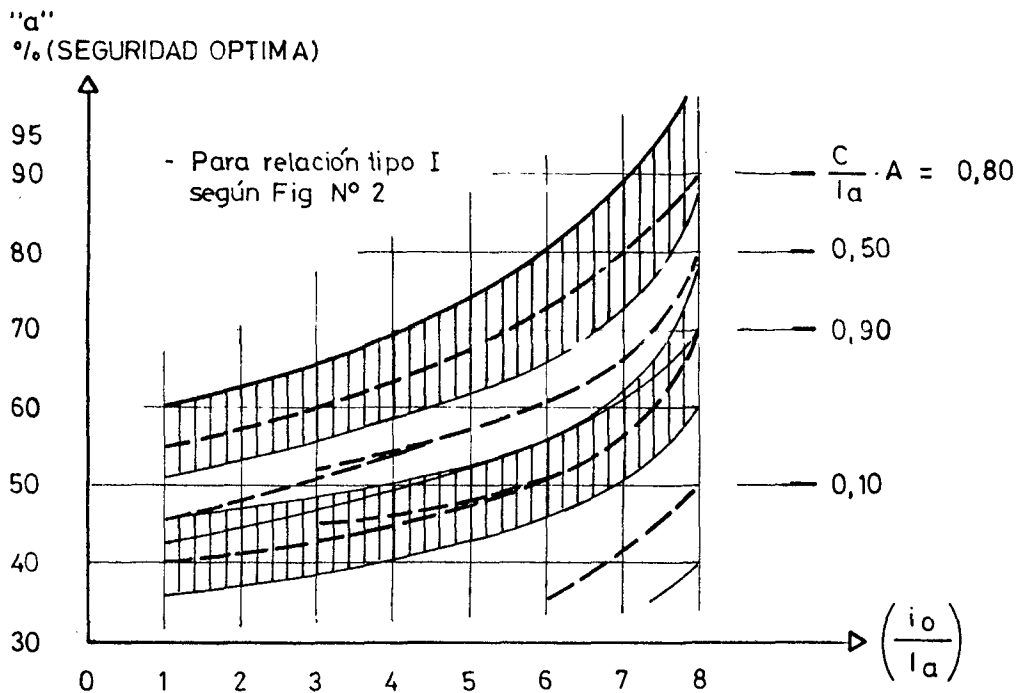
La influencia de la forma de la relación existente entre superficie posible de regar (H_a) y seguridad (a) respectiva, resulta ser determinante en la fijación de la seguridad óptima de riego. Por ejemplo si en un proyecto determinado se tiene " $I_o/I_a = 6,0$ ", " $C/I_a = 2,0$ ", y " A " aproximadamente igual a 0,2, resulta una seguridad óptima de riego de 55% a 65% para el caso de una relación tipo I (ver Fig. No. 2), y de 75% a 85% para el de una relación tipo II.

* * *

Si bien ^{en} cada caso particular debe hacerse el análisis detallado en la forma señalada para determinar la "seguridad óptima de riego", buscada, en muchos casos es posible y sin ningún mayor análisis, establecer algunas conclusiones respecto a dicha seguridad basadas en las conclusiones que se derivan de la Figura No. 4 y en la forma específica que presente la relación " H_a vrs. a " (se

FIGURA N° 4

SEGURIDAD OPTIMAS DE RIEGO



$\frac{i_0}{I_a}$ = Número de años en que se paga la inversión si la totalidad del incremento de la producción neta se destina a este objeto.

$\frac{C}{I_a}$ = Relación entre costo de falla e incremento neto de la producción por hectárea

A = Proporción del área total de riego "Ha" del proyecto que queda sin riego en caso de falla. (Valor mas probable)

supone que el valor de "Ia" es constante para el rango de seguridades que se considere).

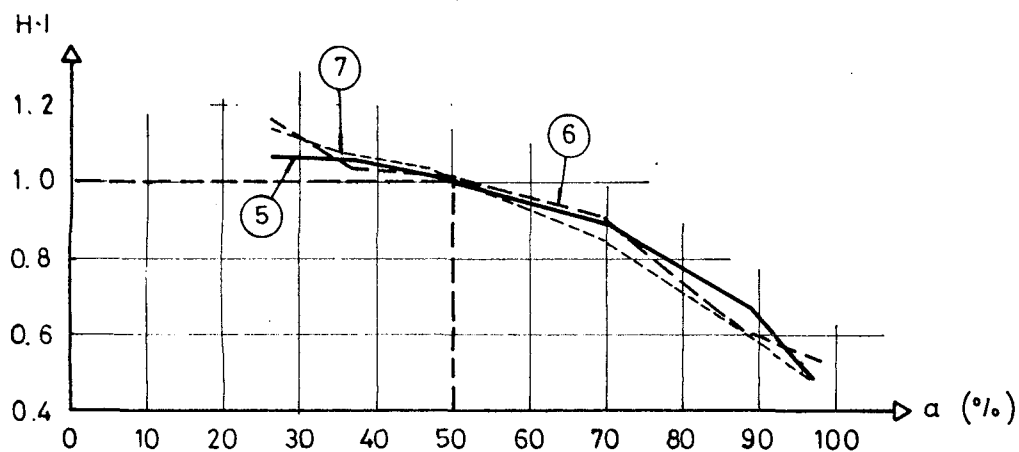
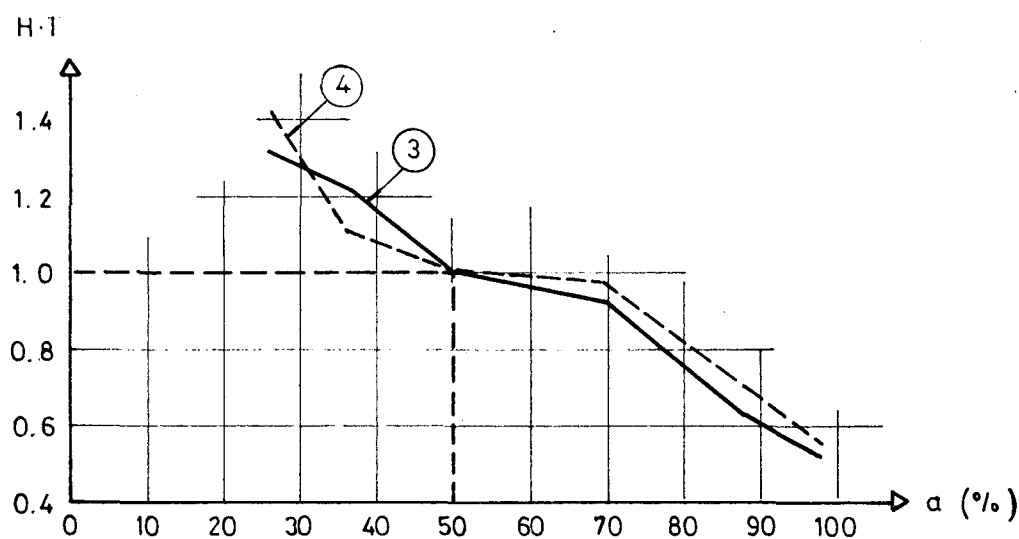
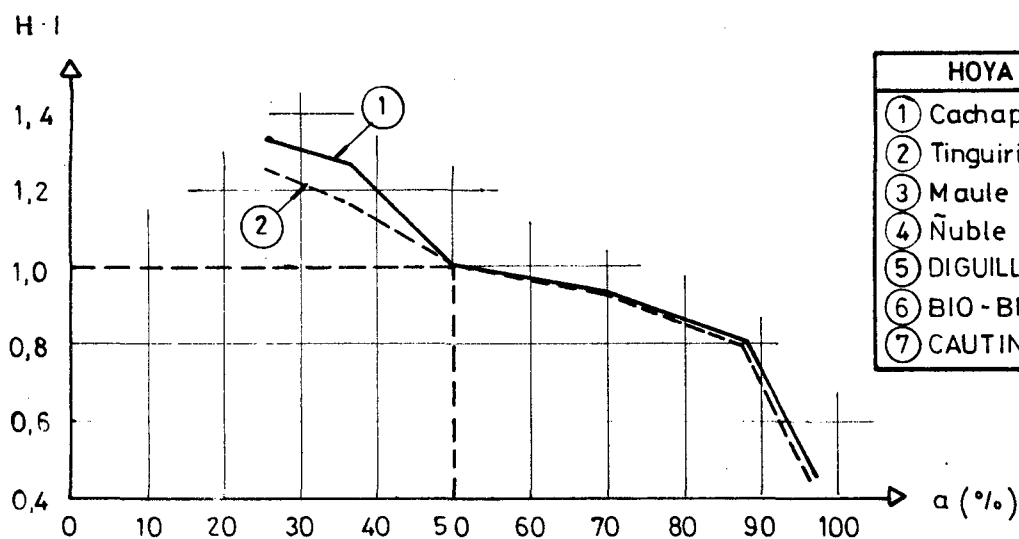
En la Figura No.5 se indican relaciones de este tipo para varias cuencas de ríos importantes de la zona Central y Sur del país. Corresponden (x) a la potencialidad de riego de esos ríos, con las obras de regulación existentes en la actualidad y sin limitación de las superficies posibles de regar a las tierras actualmente bajo canales.

Si se acepta por ejemplo que para cada cuenca los valores de "Io" y de "Ia" son constantes independientes de "Ha" y por lo tanto también de "a" en el rango en estudio (hecho bastante discutible por cierto en proyectos específicos), pueden plantearse las siguientes consideraciones:

- Hoyas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca: la pendiente de la relación "Ha vs. a" resulta bastante más acentuada que la correspondiente a la tipo I (Fig. No.2) para valores de "a" mayores que 88%. De aquí puede afirmarse (Fig.No.4) que la seguridad óptima debe ser inferior a 88%. La pendiente de la relación "Ha vs. a" resulta muy similar a la tipo II para valores "a" comprendidos de 50% a 88%. Con valores de I_o/I_a del orden de 5,0 a 6,0 y $C/I_a = 2,0$, y considerando que dada la forma de la curva se tiene $A = 0,2$ (para $a = 80\%$), resulta una seguridad óptima del orden de 70% a 85%. Esta seguridad sería la definitiva, la zona de la curva "Ha vs. a" para valores de "a" menores de 50% no ejercería mayor influencia. Estos resultados son válidos mientras los proyectos de riego no consulten grandes obras de regulación ya que en ese caso se modificaría la relación "Ha vs. a".

- Hoyas de los ríos Maule y Ñuble: la pendiente de la relación "Ha vs. a" resulta más acentuada que la correspondiente a la tipo I (Fig.No.2) para valores de "a" mayores que 70%. De aquí puede afirmarse (Fig. No.4) que la "seguridad óptima" debe ser inferior a 70%. La pendiente de la misma relación resulta bastante menor que la tipo II para valores de "a" comprendidos entre 50% y 70 %. Resulta de esto último que la "seguridad óptima" deberá ser ma-

FIGURA Nº 5



$$H \cdot I = \frac{H_a \cdot I_a}{(H_a \cdot I_a)_{50}}$$

AIESA

yor que 70%. En consecuencia resulta de ambas consideraciones que la "seguridad óptima" buscada debe ser del orden de 70% (punto de quiebre de la relación "Ha vrs. a").

- Hoyas de los ríos Diguillín, Bfo-Bfo y Cautín : vale el mismo razonamiento expuesto para las hoyas inmediatamente anteriores, es decir, seguridad óptima del orden de 70%. Para la última hoya indicada, Cautín, podría incluso ser menor.

El efecto de considerar obras de regulación de los caudales sobre las seguridades señaladas sería de aumentarlas debido a que la tendencia sería disminuir el gradiente de la relación "Ha vrs. a".

A N E X O S D E L A N E X O - "B"

Nº 1 : ESTIMACION DEL VALOR DE " C/I_a "

Nº 2 : VALORES DE "P" EN FUNCION DE "a"

Nº 3 : DETERMINACION DE VALORES DE "B máx."

Nº 1.- ESTIMACION DEL VALOR DE "C/Ia"

- De acuerdo con lo señalado en (w), el costo total que habría representado para el país en el sector agrícola la sequía del año 1968-69, puede estimarse en alrededor de $E^0 1.500 \times 10^6$ (a nivel de precios de Dic. 1969).

- De acuerdo con lo señalado en (**), durante la sequía del año 1968-69, la superficie que se habría dejado de regar, dada la disponibilidad de recursos de agua, habría sido de 160.000 há.s. En la realidad, mucho más superficie habría recibido algo de agua, pero para la metodología aquí planteada la falla se evalúa justamente a través de la superficie que en forma hipotética se habría dejado de regar si el total de los recursos de agua disponibles se destinaran a regar bien la superficie restante.

- Resulta en promedio para todo el país durante la sequía de 1968-69 un valor de $C = \frac{1.500 \times 10^6}{160.000} = 9.350 E^0/\text{há.s.}$

a nivel de precios de Dic. 1969.

- Valores de "Ia" a lo largo del país, correspondientes a obras incluidas en el Plan Sexenal de la Dirección de Riego del M.O.P. y T., fluctúan entre 1.700 y 6.800 $E^0/\text{há.s.}$ a nivel de precios vigentes durante 1971.

- Según lo anterior pueden estimarse valores de "C/Ia" comprendidos aproximadamente entre 1,80 y 4,0, aún cuando este último valor parece un poco exagerado. Tal vez podría proponerse un rango normal entre 1,5 y 3,0.

(*) : "Política Nacional de Riego". Inst. de Ingenieros de Chile, 1970

(**) : "Balance entre Recursos y Necesidades de Agua en Chile" OPRU, Mayo 1972.

No 2.- VALORES DE " P "

$$P = \frac{(1 - r) \times b}{a \times (1 - b \times r) (1 - a \times r)}$$

Se considera: $t = 10\%$ (tasa de interés)

$$r = \frac{1}{1 + t} = 0,91$$

a	b	P
0,95	0,05	0,037
0,90	0,10	0,061
0,80	0,20	0,102
0,70	0,30	0,148
0,60	0,40	0,206
0,50	0,50	0,302
0,40	0,60	0,470
0,30	0,70	0,800

a = seguridad de riego

b = 1 - a

Nº 3.- DETERMINACION DE VALORES "B máx."

B-287

VALORES DE : $\frac{\theta}{(Ha)_{50} \times Ia}$

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,1$$

a	P	Ha/(Ha) ₅₀	io/Ia			
			1,0	3,0	6,0	8,0
0,9	0,061	0,60	5,56	4,16	2,36	1,16
0,8	0,102	0,70	6,23	4,83	2,73	1,33
0,7	0,148	0,80	7,08	5,48	3,08	1,48
0,6	0,206	0,90	7,92	6,12	3,42	1,62
0,5	0,302	1,00	8,70	6,70	3,70	1,70
0,4	0,470	1,10	9,38	7,18	3,88	1,68
0,3	0,800	1,20	9,85	7,45	3,84	1,44

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,3$$

a	P	Ha/(Ha) ₅₀	io/Ia			
			1,0	3,0	6,0	8,0
0,9			5,30	4,09	2,29	1,09
0,8			6,15	4,69	2,59	1,19
0,7			6,85	5,25	2,84	1,25
0,6	(id. anterior)		7,55	5,76	3,04	1,24
0,5			8,10	6,10	3,10	1,10
0,4			8,34	6,15	2,86	0,66
0,3			7,92	5,52	1,92	--

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,5$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,9			5,21	4,02	2,22	1,02
0,8			5,95	4,54	2,44	1,04
0,7			6,60	5,01	2,61	1,01
0,6 (id. anterior)			7,17	5,37	2,67	0,87
0,5			7,50	5,50	2,50	0,50
0,4			7,30	5,10	1,81	--
0,3			6,00	3,60	0	--

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,8$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,9			5,10	3,91	2,11	0,91
0,8			5,75	4,34	2,24	0,84
0,7			6,20	4,65	2,25	0,66
0,6 (id. anterior)			6,60	4,81	2,11	0,36
0,5			6,60	4,60	1,60	--
0,4			5,75	3,67	--	--
0,3			3,12	0,72	--	--

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,1$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,95	0,037	0,775	6,95	5,40	3,07	1,52
0,90	0,061	0,800	7,15	5,55	3,15	1,55
0,80	0,102	0,85	7,55	5,86	3,32	1,61
0,70	0,148	0,90	7,96	6,15	3,46	1,66
0,60	0,206	0,95	8,35	6,45	3,61	1,71
0,50	0,302	1,00	8,70	6,70	3,70	1,70
0,40	0,470	1,05	8,93	6,82	3,67	1,57
0,30	0,800	1,10	9,00	6,82	3,52	1,32

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,30$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,95			6,90	5,34	3,00	1,45
0,90			7,05	5,41	3,06	1,46
0,80			7,40	5,70	3,14	1,44
0,70			7,70	5,90	3,20	1,40
0,60	(id. anterior)		7,91	6,07	3,23	1,33
0,50			8,10	6,10	3,10	1,10
0,40			7,96	5,85	2,72	0,62
0,30			7,25	5,05	1,76	--

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,50$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,95			6,83	5,27	2,95	1,40
0,90			6,95	5,36	2,96	1,36
0,80			7,23	5,53	2,98	1,27
0,70			7,44	5,64	2,91	1,13
0,60	(id. anterior)		7,57	5,70	2,84	0,95
0,50			7,50	5,50	2,50	0,50
0,40			6,98	4,88	1,73	--
0,30			5,50	3,30	--	--

$$\frac{C}{Ia} \times A = 0,80$$

<u>a</u>	<u>P</u>	<u>Ha/(Ha)₅₀</u>	<u>io/Ia</u>			
			<u>1,0</u>	<u>3,0</u>	<u>6,0</u>	<u>8,0</u>
0,95			6,75	5,20	2,87	1,33
0,90			6,80	5,22	2,82	1,22
0,80			6,97	5,26	2,72	1,02
0,70			6,96	5,24	2,54	0,74
0,60	(id. anterior)		6,98	5,08	2,23	0,33
0,50			6,60	4,60	1,60	--
0,40			5,50	3,40	0,25	--
0,30			2,86	0,66	--	--

II.- EVALUACION ECONOMICA.

1.- I N T R O D U C C I O N

1.- INTRODUCCION

En el presente informe se efectúa una evaluación económica para las principales alternativas que cabe considerar para la Hoya del Río Rapel.

Esta evaluación económica se ha efectuado bajo dos condiciones, una a nivel de precios de mercado, evaluación privada y otra considerando precios so ciales, evaluación social, todo ello de acuerdo con las instrucciones señaladas para este efecto por ODEPLAN.

Todos los antecedentes básicos con siderados en esta evaluación en lo que se refiere tanto a las condiciones de operación de cada una de las alternativa s, como a todos los costos y beneficios que involucra ca da una de ellas, han sido obtenidos de nuestros informes anteriores "Operación del Sistema Rapel", "Evaluación de Obras" y "Conclusiones del Plan Integral".

Para la comparación de alternativas se han utilizado los siguientes indicadores económicos : Valor Actual Neto (V.A.N.), Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) y Razón Beneficios Costos (B/C).

Además de las alternativas consideradas para el conjunto de la hoya del río Rapel, se ha efectuado un análisis separado para la evaluación económica del regadío de la zona del Yali que si bien se encuentra situado fuera de la hoya del Rapel podría realizarse con aguas de invierno del río Cachapoal. Esta evaluación puede hacerse separadamente de la hoya del río Rapel debido a que no presenta ninguna interferencia con el aprovechamiento de los recursos de dicha hoya.

2.- BASE METODOLOGICA

2.- BASE METODOLOGICA

La evaluación económica de las alternativas para la Hoya del Río Rapel se realizó, según se indicó, fundamentalmente en base a los siguientes indicadores eco nómicos : Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Razón Beneficios Costos.

El objetivo de esta evaluación es proporcio nar criterios y elementos de juicio que posibiliten, en el futuro, adoptar una decisión racional para la selección de una alternativa.

Tradicionalmente la evaluación económica de proyectos se realiza utilizando principalmente la tasa in terna de retorno (T.I.R.) y la razón beneficio-costos. Sin embargo, el carácter multipropósito del proyecto Rapel y la existencia de alternativas mutuamente excluyentes, hacen particularmente difícil la selección de una de ellas. Por estas razones, es deseable la inclusión de criterios de evaluación adicionales que posibiliten una evaluación eco nómica de mayor amplitud y racionalidad.

- El valor actual neto (V.A.N.) (o beneficio actualizado neto o valor presente neto) como criterio básico de decisión, aconseja que una inversión debe llevarse a cabo siempre que "valga más que lo que cuesta"; es decir, que el valor actual de sus rendimientos (in gresos) sea mayor que el valor actual de sus costos;

en síntesis, que el valor actual neto de todos sus costos o valor neto (diferencia entre ingresos y costo) anual, sea mayor que cero.

- La razón beneficio-costo ($B/C \geq 1$) es el cuociente entre la suma de los beneficios que otorga el proyecto y la suma de los costos del mismo, planteados ambos como cifras anuales y previamente actualizados a un año base de referencia.
- La tasa interna de retorno (T.I.R.) que es aquella tasa de interés que iguala a cero el valor actual neto de un flujo de fondos.

Para el cálculo de estos indicadores se han considerado los siguientes parámetros :

- Período de estudio para todas las alternativas : 25 años
- Año base para la actualizaciones de costos y beneficios: año 0
- Las inversiones y beneficios se han considerado sin distorsiones de inflación monetaria; se utiliza el dólar de Estados Unidos de N.A. (US\$) como moneda base, con valores correspondientes al 15 de Mayo de 1977.
- Las producciones agrícolas netas por hectárea, para todas las áreas del proyecto y condiciones actuales y futuras se han obtenido del informe de AIESA sobre Plan Integral. Los costos e ingresos de estas producciones agrícolas se obtuvieron del mismo informe referido, valorizadas tanto a precios de mercado como a costo social.

Las inversiones correspondientes a obras, tanto a precio de mercado como social se obtuvieron del informe anterior de AIESA "Evaluación de Obras".

Los costos e ingresos de cada alternativa se afectaron de un coeficiente menor que uno, tal como se planteó en el informe sobre " Operación del Sistema Rapel" para tener en cuenta el hecho de que la seguridad de riego de los terrenos es diferente en cada alternativa e inferior a 100%. Los coeficientes que afectan a cada sector y al conjunto de la hoya se determinaron en el informe referido para cada uno de los casos considerados. Teniendo en cuenta que las áreas de frutales y viñas contarían prácticamente con seguridad total de riego, se calcularon para este objeto, a partir de los coeficientes ya referidos para el conjunto de la hoya, nuevos coeficientes que se aplican solo a las áreas destinadas a otros cultivos y ganadería, manteniendo un coeficiente unitario para las superficies destinadas a frutales y viñas. Estos nuevos coeficientes afectan por lo tanto a todos los beneficios y costos agrícolas de producción separadamente según se trata de áreas correspondientes a frutales y viñas, o bien, destinadas a otros cultivos y a ganadería.

- Las variaciones de generación de energía hidroeléctrica se valora a razón de : 10 mills/kwh (1 Mills. : 0,001 US\$). Este valor promedio de energía consumida en invierno y verano fue sugerido anteriormente por ENDESA (Empresa Nacional de Electricidad S.A.) como el correspondiente al costo marginal de desarrollo del sistema eléctrico inter

conectado al país. Además, al considerar nuevos desarrollos hidroeléctricos, el beneficio de disponer de una mayor potencia instalada, se valora a razón de US\$ 20 kw y por año.

- Se ha incluido un costo para la operación y mantención del sistema de canales de riego equivalente a 10US\$/há/año.

Los beneficios provenientes del abastecimiento de agua potable no se han valorado explícitamente. Es condición del proyecto que todas las alternativas bajo consideración deben proporcionar el mismo servicio de agua potable. Por esta razón en las alternativas consideradas no se incluyen costos ni beneficios por este concepto.

Los indicadores económicos anteriormente mencionados se han determinado en cada alternativa para dos tipos diferentes de evaluación : a precios de mercado y a costo social.

Para la evaluación a precio de mercado (o privada) se consideran, además de las bases generales antes enumeradas, los costos reales de todas las obras ya expuestas en los capítulos precedentes. Este tipo de valorización tiene por objeto medir la eficiencia de la inversión desde el punto de vista de las personas o empresas privadas que la emprenden. Esta evaluación privada se efectuó para diferentes tasas de interés dentro de un rango normal de 8% a 14% inclusive, con el objeto de permitir un análisis de sensibilidad de este factor.

La evaluación utilizando el criterio de costo social corresponde al enfoque que se le da a éste, si se desea medir la eficiencia de una inversión desde el punto de vista de la comunidad.

El precio de mercado sería representativo del valor real de los bienes y servicios si las leyes de la oferta y la demanda funcionaran normalmente o en condiciones de competencia perfecta, ocupación plena de todos los recursos y completa movilidad de los factores. En el caso de Chile, esta situación es irreal, de ahí que se considera necesario ajustar la valorización de los precios de mercado para obtener el costo social de los factores. Para la valorización del costo social del proyecto se consideran, además de las bases generales ya expuestas, las siguientes premisas, todas ellas especificadas por ODEPLAN (11-October - 1977) :

- Tasa de Interés : si bien ODEPLAN indica una tasa de interés de 17% para la evaluación a costo social, ella se efectuó para un rango de 13% a 17% debido a que AIESA considera algo exagerado el valor de 17%. El rango señalado permite además analizar la sensibilidad de este factor.
- Costo de la mano de Obra : ODEPLAN determina un valor a precio social de fecha Abril de 1977 de \$ 1.010 al mes. El valor de \$ 1.010 al mes corresponde a trabajo semi-calificado de obreros semi-especializados que trabajarían en construcción de obras. Para el obrero agrícola se ha considerado el valor de \$ 870 al mes correspondiente a

trabajo no calificado. Considerando el nivel de precios de mercado establecido por AIESA para su evaluación privada, dichos precios deben afectarse de un coeficiente 0,4 para expresarlos a nivel social, previa actualización de valores a Mayo de 1977.

- Costo directo de materiales nacionales : Debe eliminarse de los precios de mercado el 20% correspondiente al I.V.A.
- Costo CIF de Materiales y Equipo Importado : El precio social de la divisa a Mayo de 1977 es de \$ 27,23. Resulta un factor de corrección respecto a precios de mercado de 1.41.
- Gastos Generales y de Administración : No existen instrucciones de ODEPLAN respecto a este rubro. Se consideró un factor de 0,7 respecto a precios de mercado según lo analizado en el informe "Evaluación de Obras".
- Transferencias de dinero : No deben incluirse en los costos ni los impuestos ni derechos de internación al país por corresponder tan sólo a trasposos entre diferentes agentes económicos.

3.- ALTERNATIVAS VALORIZADAS

3.- ALTERNATIVAS VALORIZADAS

Para la evaluación económica se ha valorizado fundamentalmente 4 grandes alternativas más una situación base de comparación. En cada una de estas alternativas se ha considerado el conjunto total de la Hoya del Río Rapel bajo diferentes condiciones para el aprovechamiento de sus recursos de suelo y agua. En cada una de ellas y según se detalla más adelante, se incluyen todos los costos correspondientes tanto a inversiones como a gastos de producción y mantenimiento de obras, así como todos los beneficios que derivan de la producción agrícola de los terrenos regados en cada una de ellas. La valorización de los costos y beneficios motivados por los aprovechamientos propuestos se obtienen como diferencia entre cada una de las alternativas analizadas y la base de comparación que corresponde a la situación actual de la hoya.

Las alternativas analizadas son las siguientes :

- Base de Comparación :

Corresponde a la situación actual de la hoya. Sus costos y beneficios anuales, correspondientes exclusivamente a la producción agrícola, se han obtenido de informes ya citados en este capítulo. La superficie total regada en esta alternativa es de 254.300 hás.

Según ya se explicó, a los costos y beneficios correspondientes a superficies destinadas a ganadería y

a otros cultivos diferentes de frutales y viñas se aplicó un coeficiente, que para este caso resultó ser de 0,82 para tener en cuenta que no todos los años los recursos hidrológicos disponibles permiten regar el total de las superficies destinadas a este objeto.

En los cuadros Nº 1 y 6 se indican los costos e ingresos anuales para el período considerado de 25 años, a precios de mercado y sociales, respectivamente, en moneda correspondiente a cada uno de esos años. En los mismos cuadros se indican los costos e ingresos actualizados al año cero para diferentes tasas de interés dentro del rango ya indicado.

Debe hacerse notar que como una simplificación al análisis se han considerado como constantes los ingresos anuales correspondientes a la situación actual a lo largo de todo el período de estudio. Estos ingresos anuales se han consultado superiores a los reales existentes a objeto de tener en cuenta en cierta forma el hecho de que la producción actual, aún cuando no se efectúe proyecto alguno, presente un ritmo propio de crecimiento. La simplificación de análisis considerada en este estudio al considerar ingresos anuales constantes, se justifica en un anexo a este informe en el cual se presentan las producciones e ingresos reales existentes en la zona en estudio, una estimación de su ritmo propio de crecimiento y una comparación a través de valores actualizados respecto de la hipótesis de producción constante ya referida.

Se concluye que existe una diferencia mínima entre los valores actualizados correspondientes a la hipótesis de producción constante con la situación real de un ritmo propio de crecimiento.

- Alternativa Nº 1 :

Consulta mantener la situación actual de la hoya en todas las áreas excepto en la beneficiada por el proyecto Convento Viejo. Los costos y beneficios agrícolas de la parte de la hoya no influenciada por el proyecto Convento Viejo se mantiene en los mismos valores de la alternativa base de comparación ya señalada. Se consideraron las siguientes inversiones en obras :

- . Embalse Convento Viejo con 600×10^6 m³, o bien, sólo con 456×10^6 m³ agregando si, regulaciones adicionales por 150×10^6 m³ en las zonas de nuevo riego de este proyecto (ver informe "Evaluación de Obras").
- . Canales matrices para el regadío del proyecto Convento Viejo, incluyendo las nuevas áreas de riego.
- . Canal de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo con 15 m³/seg de capacidad.
- . Canal trasvase Tinguiririca-Zamorano con 10 m³/seg de capacidad.

- . Canal de trasvase Convento Viejo-Tinguiririca con 11 m³/seg de capacidad.
- . Tecnificación del regadío de los sectores CV1 (agua abajo Embalse Convento Viejo) y TI3 (zona bajo río Tinguiririca).
- . Puesta en riego de los nuevos terrenos que se abastecerían desde el embalse Convento Viejo y que cubrirían una extensión de aproximadamente 38.680 hás.
- . Inversiones en plantaciones y formación de frutales y viñas de acuerdo con el programa propuesto para la zona regada por el embalse Convento Viejo.

Los costos e ingresos de la actividad agrícola, así como las inversiones en el Embalse Convento Viejo (450×10^6 m³), canales matrices asociados y tecnificación y puesta en riego del área se tomaron del informe de la firma consultora ICA-TAHAL preparado para la Comisión Nacional de Riego referente a la factibilidad del proyecto Convento Viejo.

La superficie total de riego de la hoya bajo esta alternativa es de 293.490 hás. Se ha considerado que el área total de riego del embalse Convento Viejo (con 85% de seguridad) sería de 77.500 hás, incluyendo los

trasvases Tinguiririca-Zamorano y Convento Viejo-Tinguiririca, según lo recomendado en nuestro informe sobre operación futura del sistema Rapel.

Para tener en cuenta que la seguridad de riego con que se abastecen las áreas destinadas a otros cultivos diferentes de frutales y viñas y las correspondientes a ganadería, los costos e ingresos agrícolas de estas áreas se afectaron por un coeficiente que se hizo variar de 0,82 para la situación inicial a 0,93 en el noveno año de previsión, coeficiente este último, que se mantuvo hasta el año de previsión número 25. La variación del coeficiente dentro de los primeros 9 años se debe al desarrollo gradual de la tecnificación y puesta en riego del área beneficiada por el proyecto Convento Viejo.

En los cuadros Nº 2 y 7 se indica, a precios de mercado y a precios sociales, respectivamente, todos los costos e ingresos anuales de esta alternativa, indicándose también sus valores actualizados para las diferentes tasas de interés consideradas.

- Alternativa Nº 2 :

En esta alternativa se incluye el proyecto Convento Viejo y obras asociadas al igual que en la Alternativa Nº 1, agregándose además ahora, la tecnificación del regadío para todo el resto de la hoya. Se incluye en esta alternativa el programa de desarrollo

agrícola propuesto para el uso recomendado de los suelos de toda la hoya.

Las inversiones en obras corresponden a las enumeradas en la alternativa N^o 1 agregándose, como se indicó, la tecnificación del regadío de todas las áreas no influenciadas por el proyecto de Convento Viejo, según se detallaron en el informe anterior "Evaluación de Obras". Se incluyen además los costos correspondientes a inversiones en plantación y formación de frutales y viñas de acuerdo con el programa propuesto.

Los costos e ingresos agrícolas del área beneficiada por el embalse Convento Viejo son los mismos de la alternativa N^o 1. Los costos e ingresos agrícolas del resto de la hoya se han obtenido del informe anterior denominado "Conclusiones del Plan Integral" y corresponden al uso recomendado de los suelos.

La superficie total de riego de la hoya bajo esta alternativa es la misma de la alternativa N^o 1, es decir 293.490 hás.

Por las mismas razones indicadas para la alternativa N^o 1, los costos e ingresos agrícolas de las áreas destinadas a otros cultivos diferentes de frutales y viñas y a ganadería se ha afectado de coeficientes, que tienen en cuenta la seguridad de riego, que van de 0,82 a 0,93 en el noveno año de previsión, valor este último que se mantiene hasta el año número 25 de previsión.

En los cuadros N^o 3 y 8 se indican, a precios de mercado y a precios sociales, respectivamente, todos los costos e ingresos anuales de esta alternativa, indicándose también sus valores para las diferentes tasas de interés consideradas.

- Alternativa N^o 3 :

Considera las mismas obras y programa de desarrollo agrícola que la alternativa N^o 2, agregándose, eso sí, la construcción del embalse Collicura con 150×10^6 m³ de capacidad, destinado exclusivamente al mejoramiento del regadío de la propia hoya del río Cachapoal.

Todos los costos y beneficios de la alternativa son iguales a los de la alternativa N^o 2, incluyéndose ahora la inversión requerida por el embalse Collicura. Se incluye además, como un costo atribuible a esta alternativa, el hecho que las centrales hidroeléctricas de la hoya reducen su generación de energía anual en 66×10^6 kwh respecto a la situación actual.

La superficie total de riego es la misma de las alternativas N^{os} 1 y 2, mejorándose, eso sí, la seguridad de riego de algunos sectores gracias a la regulación del embalse Collicura.

Los coeficientes que se aplican ahora a los costos e ingresos provenientes de las áreas destinadas a otros cultivos y ganadería, varían de 0,82 a 0,96 en el

año número nueve de previsión, coeficiente este último que se mantiene hasta el año número 25 de previsión.

En los cuadros Nº 4 y 9 se indican, a precios de mercado y a precios sociales, respectivamente, todos los costos e ingresos anuales de esta alternativa, indicándose también sus valores para las diferentes tasas de interés consideradas.

- Alternativa Nº 4 :

Esta alternativa es igual a la Nº 3 excepto que se aumenta la capacidad del embalse Collicura a 200×10^6 m³, consultándose además, la construcción y operación de la central hidroeléctrica Collicura de 200.000 kw de potencia.

Los costos y beneficios agrícolas de esta alternativa son los mismos de la alternativa Nº 3, así como las inversiones en obras que ahora se ven incrementadas por el mayor costo de la ampliación del embalse Collicura y la construcción de la central hidroeléctrica del mismo nombre. Los beneficios se incrementan también en la mayor energía hidroeléctrica que se generaría anualmente en la hoya, la que asciende a 596×10^6 kwh.

La superficie total de riego de la hoya bajo esta alternativa es igual a la de la alternativa anterior, así como los coeficientes que deben aplicarse a costos e ingresos agrícolas provenientes de las áreas destinadas a otros cultivos y ganadería, debido al efecto de no contar

con 100% de seguridad de riego.

En los cuadros Nos. 5 y 10 se indican, a precios de mercado y a precios sociales, respectivamente, todos los costos e ingresos anuales de esta alternativa, indicándose también sus valores para las diferentes tasas de interés consideradas.

4.- INDICES ECONOMICOS

4.- INDICES ECONOMICOS

Se presenta a continuación la valorización de las alternativas consideradas tanto a precios de mercado como a costo social. Se indican separadamente para cada uno de los indicadores económicos considerados los valores correspondientes a cada alternativa. Para esta evaluación los ingresos y costos actualizados de cada alternativa, correspondientes al total de la hoya y presentados en los cuadros N^{os} 2 al 5 y N^{os} 7 al 10 inclusive, se han reducido en los correspondientes valores de la base de comparación, situación actual de la hoya, presentados en los cuadros N^o 1 y N^o 6.

4.1 ALTERNATIVAS HOYA RIO RAPEL

4.1.1 Evaluación a Precios de Mercado :

- Valor Actual Neto (V.A.N.) :

Para comparar cifras disponibles en distintos períodos de tiempo, se utiliza una tasa de interés (o de actualización), generalmente determinada "a priori", externa o ajena al proyecto mismo.

Como criterio generalmente aceptado para la comparación de alternativas mutuamente excluyentes, se elige aquella cuyo V.A.N. es mayor, debido a que es la que genera mayores ingresos o riqueza.

Los valores obtenidos para este indicador en cada una de las alternativas y para diferentes tasas de interés, se indican a continuación :

VALORES DE V.A.N.
(Millones de US\$)

ALTERNATIVAS	Tasa de Interés Anual			
	8%	11%	14%	20%
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	228	112	44	(-) 22
2. : Alternativa Nº 1 más <u>tecnificación</u> del resto de la hoya	562	302	134	(-) 13
3. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 150×10^6 m ³	550	280	118	(-) 30
4. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 200×10^6 m ³ y más Central Hidroeléctrica Collicura	625	243	81	(-) 67

Cabe hacer los siguientes comentarios :

- De las alternativas analizadas y para tasas de interés superiores al 8%, la mejor es la Nº 2 que consulta la tecnificación del regadío en toda la hoya, la aplicación del uso recomendado de los suelos y la ejecución del proyecto Convento Viejo.
- La alternativa Nº 4 que incluye el embalse Collicura de mayor capacidad y la central hidroeléctrica del mismo nombre, resulta ser la mejor alternativa solo en el caso que la tasa de interés sea del orden de 8% anual.

- . Se considera que la tasa de interés a precio de mercado no debe ser superior a un 12% ni inferior a un 10%. Esto ratifica que la mejor alternativa de conjunto sería la Nº 2.
- . Si se considera el valor de V.A.N. de 112×10^6 US\$ para una tasa de interés del 11% de la alternativa Nº 1, se obtiene el valor propio del proyecto Convento Viejo, que demuestra la conveniencia de este proyecto.
- . Haciendo la diferencia entre los valores de V.A.N. correspondientes a las alternativas Nºs 2 y 1 se obtiene el valor de V.A.N. propio de la tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto para el resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo. Este valor para una tasa de interés del 11% sería 190×10^6 US\$, lo que demuestra la bondad de esta proposición.
- . Haciendo la diferencia entre los valores de V.A.N. de las alternativas Nºs 3 y 2 se obtienen los V.A.N. propios del embalse Collicura de 150×10^6 m³ de capacidad, destinado únicamente a mejorar el regadío de la hoya del río Cachapoal. Los valores que se obtienen resultan ser todos negativos, lo que indica que el embalse Collicura no se justifica si se destina sólo a mejorar el regadío de su propia hoya.
- . Haciendo la diferencia entre los valores de V.A.N. de las alternativas Nºs 4 y 3 se obtienen los V.A.N. propios de la Central Hidroeléctrica Collicura incluida la ampliación que requiere de 50×10^6 m³ en la capacidad del embalse Collicura. Se obtiene un valor positivo de 75×10^6 US\$ sólo para una tasa de interés de 8%. Para tasas de interés superiores la obra no se justifica.

- Razón Beneficios Costos (B/C) :

Este indicador, utilizado para decidir una inversión señala que ésta debe llevarse a cabo siempre que este cociente sea mayor que 1. Sin embargo, para decidir cual inversión debe escogerse entre alternativas excluyentes, no es útil debido a que no considera el orden o magnitud del proyecto.

Los valores de B/C obtenidos para las alternativas, con las diferentes tasas de interés consideradas, son los siguientes :

VALORES DE B/C

ALTERNATIVAS	Tasa	de	Interés	Annual
	8%	11%	14%	20%
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	1.88	1.54	1.26	0.83
2. : Alternativa No 1 más <u>tecnificación</u> del resto de la hoya.	1.43	1.31	1.18	0.97
3. : Alternativa No 2 más embalse Collicura de 150×10^6 m ³	1.40	1.27	1.15	0.94
4. : Alternativa No 2 más embalse Collicura de 200×10^6 m ³ más Central Hidroeléctrica Colli <u>c</u> ura	1.47	1.22	1.09	0.88

Cabe hacer los siguientes comentarios :

- . Todas las alternativas consideradas presentan una B/C superior a la unidad, excepto para una tasa de interés tan alta como 20%.
- . La conclusión anterior indica que puede adoptarse cualquiera de las alternativas consideradas.
- . La razón B/C presenta sus mayores valores para la alternativa Nº 1 seguida de la Nº 2. Para un 11% de interés el valor de B/C para la alternativa Nº 1 es de 1,54, mientras que para la alternativa Nº 2 es de 1,31.
- . Si se considera el valor de B/C de 1,54, para una tasa de interés del 11% de la alternativa Nº 1, se obtiene el valor propio del proyecto Convento Viejo.
- . Haciendo la diferencia entre los beneficios actualizados y también entre los costos actualizados de las alternativas Nº 1 y Nº 2 es posible calcular el valor de B/C correspondiente a la tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto para el resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo. Resultan valores mayores que la unidad para todas las tasas de interés consideradas. Para una tasa de 11% del valor es de 1,24.
- . Calculando diferencias entre los costos y también entre los beneficios de las alternativas Nº 3 y Nº 2 puede obtenerse B/C para el embalse Collicura destinado únicamente

a regar el valle del río Cachapoal. Se obtienen valores menores que la unidad para todas las tasas de interés consideradas, lo que indica que esta obra no debería construirse.

- . Haciendo la diferencia entre los costos y también entre los beneficios de las alternativas Nº 4 y Nº 3 es posible obtener el valor de B/C correspondiente a la Central Hidroeléctrica Collicura. Este valor resulta ser mayor que la unidad sólo para la tasa de interés de 8%, en cuyo caso es de 1,14.

- Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) :

Utilizar este criterio para seleccionar alternativas mutuamente excluyentes, puede conducir a error pues la solución de la ecuación (polinomio) puede dar más de una tasa interna de retorno, o múltiples raíces de la ecuación. En este caso el criterio de selección utilizando T.I.R. únicamente, puede ser erróneo o ambiguo. (*)

Cuando los flujos del proyecto son inicialmente negativos y luego positivos, durante la vida útil del mismo habrá una sola T.I.R.

Conforme a criterios de evaluación generalmente aceptados, la tasa interna de retorno, debe superar a la tasa social de descuento o costo de oportunidad del capital.

(*) Taylor, Lance. "Fundamentos Teóricos para el Análisis de Proyectos de Inversión, Ensayos sobre Evaluación Social de Proyectos de Inversión". U. de Chile. Ofc. de Planificación Nacional. Noviembre 1969.

Los valores de T.I.R. calculados para las diferentes alternativas son los siguientes :

VALORES DE T.I.R

=====	
ALTERNATIVAS	T.I.R.
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	17,5 %
2. : Alternativa Nº 1 más <u>tecnificación</u> del resto de la hoya	19,0 %
3. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 150 x 10 ⁶ m ³	18,3 %
4. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 200 x 10 ⁶ m ³ y más Central Hidroeléctrica Collicura	16,5 %

Cabe hacer los siguientes comentarios :

- . Todos los valores obtenidos son superiores a 16% para todas las alternativas consideradas.
- . Siendo el T.I.R. superior en todos los casos a la tasa de interés que puede considerarse como normal para precios de mercado, puede elegirse como definitiva cualquiera de las alternativas consideradas.
- . La alternativa que presenta el T.I.R. más alto es la Nº2, con un valor del orden de 19,0%, seguida de la Nº 3 con un valor del orden de 18,3 %.

- . Si se considera el valor de 17,5% correspondiente al T.I.R. de la alternativa N^o 1, se obtiene el valor propio del proyecto Convento Viejo, lo que demuestra la conveniencia de este proyecto.
- . Haciendo la diferencia entre las alternativas N^o 2 y N^o 1 es posible obtener el T.I.R. correspondiente a la tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto para el resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo, resulta un valor del orden de 22%, lo que indica la bondad de la proposición.
- . Haciendo la diferencia entre las alternativas N^o 3 y N^o 2 es posible obtener el T.I.R. correspondiente al embalse Collicura destinado únicamente al regadío de la hoya del río Cachapoal. El valor resulta ser menor de un 8% lo que indicaría la improcedencia de ejecutar esta obra.
- . Haciendo la diferencia entre las alternativas N^o 4 y N^o 3 es posible obtener el T.I.R. correspondiente a la Central Hidroeléctrica Collicura. Resulta un valor del orden de 10%, inferior a la tasa real de descuento, por lo que esta obra no se justifica.

4.1.2 Evaluación a Costo Social

Los valores obtenidos para este indicador para cada una de las alternativas analizadas y para diferentes tasas de interés, se indican a continuación.

VALORES DE V.A.N.

(Millones de US\$)

ALTERNATIVAS	Tasa de Interés Anual			
	13%	15%	17%	26%
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	158	104	65	(-) 16
2. : Alternativa Nº 1 más tecnificación del resto de la hoya	612	451	335	86
3. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 150 x 10 ⁶ m ³	575	420	308	67
4. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 200 x 10 ⁶ m ³ y más Central Hidroeléctrica Collicura	596	431	310	52

Cabe hacer notar los siguientes comentarios:

- De las alternativas analizadas para todas las tasas de interés consideradas, la mejor es la Nº 2. Igual conclusión se obtuvo a precios de mercado.
- Si se estima que la tasa de interés a costo social debería ser 17%, para dicha tasa el V.A.N. de la alternativa Nº 2 sería de 335 x 10⁶ US\$. Para esta misma condición el V.A.N. de la alternativa Nº 4 es de 310 x 10⁶ US\$ bastante próximo al anterior.
- El V.A.N. propio del proyecto Convento Viejo para una tasa de 17% alcanza a 65 x 10⁶ US\$.

- . Según la metodología antes indicada el V.A.N. propio de la Tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto del resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo resulta ser mayor que cero para todas las tasas de interés consideradas. Para la tasa de 17% sería 270×10^6 US\$, lo que ratifica la bondad de la proposición.
 - . El V.A.N. propio del embalse Collicura de 150×10^6 m³ de capacidad, destinado únicamente a mejorar el regadio de la hoya del río Cachapoal, resulta ser siempre negativo, lo que ratifica la inconveniencia de este proyecto.
 - . El V.A.N. propio de la Central Hidroeléctrica Collicura resulta ser positivo hasta para tasas de interés de 17%. Las condiciones más adecuadas para este proyecto se obtendrían para una tasa de interés de 13% o menor.
- Razón Beneficios Costos (B/C) :

Los valores obtenidos son los siguientes :

VALORES DE B/C

ALTERNATIVAS	Tasa 13%	de 15%	Interés 17%	Anual 26%
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	2.09	1.80	1.55	0.81
2. : Alternativa Nº 1 más tecnifi- cación del resto de la hoya	1.95	1.82	1.70	1.29
3. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 150 x 10 ⁶ m ³	1.79	1.68	1.57	1.21
4. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 200 x 10 ⁶ m ³ y más Central Hidroeléctrica Collicura	1.82	1.68	1.56	1.15

Cabe hacer los siguientes comentarios :

- . Todas las alternativas consideradas presentan una B/C superior a la unidad, excepto en la alternativa Nº 1 para una tasa tan alta como 26%.
- . La conclusión anterior indica que puede adoptarse cualquiera de las alternativas consideradas.
- . Para la tasa de interés de 17% el mayor valor de B/C corresponde a la alternativa Nº 2 y es de 1,70.

- . El valor B/C de 1,55, corresponde al valor propio del proyecto Convento Viejo para la tasa de interés de 17%, indicando el grado de conveniencia de esta obra.
- . Por diferencia de alternativas es posible calcular el valor de B/C correspondiente solo a la tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto para el resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo. Resultan valores mayores que uno para todas las tasas consideradas. Para 17% de interés se tiene un valor de 1,75. Para una tasa tan alta como 26% se obtiene un valor de 1,49.
- . Por diferencia de alternativas se obtiene el valor B/C correspondiente al embalse Collicura de 150×10^6 m³ de capacidad. Resultan valores menores que la unidad para todas las tasas de interés consideradas, lo que indica la inconveniencia de esta obra.
- . Por diferencia de alternativas puede obtenerse el valor B/C correspondiente a la Central Hidroeléctrica Collicura. Resultan valores mayores que la unidad excepto para la tasa de interés 26%. Para la tasa de 17% se obtiene un valor de 1,16.

- Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) :

Los valores obtenidos son los siguientes :

=====	
ALTERNATIVAS	T.I.R.
1. : Situación actual más proyecto Convento Viejo	23,6%
2. : Alternativas Nº 1 más tecnifi cación del resto de la hoya	34,5%
3. : Alternativas Nº 2 más embalse Collicura de 150×10^6 m ³	29,7%
4. : Alternativa Nº 2 más embalse Collicura de 200×10^6 m ³ y más Central Hidroeléctrica Collicura	28,0%

Cabe hacer los siguientes comentarios :

- . Todos los valores obtenidos son superiores a 23% para todas las alternativas consideradas.
- . Siendo el T.I.R. superior en todos los casos a la tasa de interés que puede considerarse como normal para costo social, puede elegirse como definitiva cualquiera de las alternativas consideradas.
- . La alternativa que presenta el T.I.R. más alto es la Nº2 con un valor del orden de 34,5%, seguida de la Nº 3 con un valor del orden de 29,7%.

- . El T.I.R. de 23,6% corresponde al valor propio del proyecto Convento Viejo, e indica la conveniencia de esta obra.
- . Por diferencias de alternativas es posible obtener el valor de T.I.R. correspondiente a la tecnificación del riego y desarrollo agrícola propuesto para el resto de la hoya que no incluye el proyecto Convento Viejo, resulta un valor del orden de 40%, lo que indica la bondad de la proposición.
- . Para el embalse Collicura destinado únicamente a regadío, no es posible calcular un valor de T.I.R. dado que los costos actualizados de este sub-proyecto superan a los beneficios actualizados.
- . Por diferencia de alternativas es posible calcular el T.I.R. correspondiente a la Central Hidroeléctrica Collicura, resulta un valor del orden de 17,5%.

4.2 REGADIO ZONA YALI-ALHUE

Para el regadío Yali-Alhué se analizaron tres alternativas resultando de menor inversión aquella que consulta una aducción de 15 m³/seg de capacidad, por el valle del río Cachapoal, provista de regulaciones locales en los valles de Alhué y Yali, con una capacidad conjunta total de 166×10^6 m³. En vista que las tres alternativas tienen los mismos costos y beneficios anuales, difiriendo sólo en las inversiones, los indicadores económicos se han calculado solamente para esa alternativa cuyas obras de aducción y regulación son de menor costo.

Los valores correspondientes a las inversiones anuales en las obras principales y a puesta en riego y tecnificación de regadio se determinaron anteriormente en el informe denominado "Evaluación de Obras". Los beneficios y costos anuales de la producción agrícola, que no han sido calculados específicamente para esta área, se estimaron por simple comparación con el conjunto de la hoya del río Rapel haciendo la proporcionalidad de superficies.

Los indicadores económicos obtenidos son los siguientes :

- Valor Actual Neto (V.A.N.) :

=====		
VALORES DE V.A.N. (millones de US\$)		
	Precio de Mercado	Costo Social
8 %	23	
11 %	13	
13 %		67
14 %	(-) 9	
15 %		51
17 %		40
20 %	(-) 19	
26 %		13
=====		

- Razón Beneficio Costo (B/C) :

=====		
VALORES DE B/C		
	Precio de Mercado	Costo Social
8 %	1.11	
11 %	1.08	
13 %		1.64
14 %	0.93	
15 %		1.55
17 %		1.47
20 %	0.81	
26 %		1.24
=====		

- Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) :

Valores de T.I.R. :

- Precio de Mercado : 12%
- Costo Social : 30%

5.- C O N C L U S I O N E S

5.- C O N C L U S I O N E S

De todas las alternativas analizadas la mejor es la Nº 2, tanto a precio de mercado como a costo social, que consulta la tecnificación del regadío de toda la hoya, la aplicación del uso recomendado de los suelos, la construcción del embalse Convento Viejo y los canales de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo, Tinguiririca-Zamora no y Convento Viejo-Tinguiririca. La regulación necesaria para el proyecto Convento Viejo sería de 600×10^6 m³ que puede obtenerse totalmente en el embalse Convento Viejo, o bien, distribuida en otros embalses de la zona de nuevo riego de este proyecto.

Los indicadores económicos obtenidos para esta alternativa Nº 2 son los siguientes, tanto a precio de mercado como a costo social(para tasa de interés 11% a precio de mercado y 17% a costo social) :

=====		
Indicadores	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N. (millones US\$)	302	335
B/C	1.31	1.70
T.I.R.	19.0 %	34.5 %

Solo en el caso en que se consideren precios de mercado y tasa de interés del orden del 8%, la alternativa Nº 4 supera a la Nº 2. La alternativa Nº 4 incluye las mismas obras que la Nº 2, pero agrega el embalse Collicura de 200×10^6 m³ de capacidad y la Central Hidroeléctrica Collicura de 200.000 kw de potencia.

Debe descartarse la construcción del embalse Collicura destinado únicamente a mejorar el regadio de la hoya del río Cachapoal por cuanto desmejora todos los indicadores económicos de la alternativa Nº 2.

El proyecto Convento Viejo, evaluado se paradamente, se presenta como bastante favorable. Sus indicadores económicos para las mismas tasas de interés referidos anteriormente, son los siguientes :

=====		
Indicadores	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N. (millones US\$)	112	65
B/C	1.54	1.55
T.I.R.	17.5 %	23.6 %

El embalse Collicura sobre el río Cachapoal podrá justificarse más adelante cuando se evalúen los beneficios que podría significar un trasvase de recursos desde la hoya del río Cachapoal a la del río Maipo. La evaluación económica de esta alternativa no se ha efectuado por exceder los límites del presente trabajo.

El proyecto para el regadio Yali-Alhué basado en una aducción desarrollada por el valle del río Cachapoal y regulación local de las aguas en la zona de Yali-Alhué, presenta los siguientes indicadores económicos, a precios de mercado y costo social, para tasas de interés de 11% y 17% respectivamente.

=====		
Indicadores	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N. (millones US\$)	13	40
B/C	1.08	1.47
T.I.R.	12 %	30 %

De acuerdo con estos valores el regadio Yali-Alhué difícilmente se justifica a precios de mercado, pero se justificaría al considerar el criterio de costo social.

CUADRO N° 1 ; BASE DE COMPARACION, Precios de Mercado (Valores en miles de US\$)

[illegible]

CUADRO N° 2 : ALTERNATIVA N° 1. Precios de Mercado (Valores en miles de US \$)

Designación	INVERSION TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
COSTOS																										
1- Costo de producción de frutales y viña		29.210	29.210	29.210	29.210	29.210	29.990	30.770	31.550	32.330	33.110	33.890	34.670	35.450	36.230	37.010	37.790	38.570	38.570	38.570	38.570	38.570	38.570	38.570	38.570	38.570
2- Costo de producción de ganadería		6.448	6.448	6.448	6.448	6.448	6.798	7.128	7.468	7.858	8.198	8.538	8.878	9.228	9.568	9.908	10.258	10.598	10.598	10.598	10.598	10.598	10.598	10.598	10.598	10.598
3- Costo de producción de otros cultivos		53.995	53.995	53.995	53.995	53.995	55.185	56.395	57.595	58.945	60.165	61.385	62.605	63.825	65.035	66.255	67.465	68.685	68.685	68.685	68.685	68.685	68.685	68.685	68.685	68.685
4- Costo de operación y mantención de canales		2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950
5- Regulación Convento Viejo 600 x 10 ⁶	85.115	25.625	17.083	17.083	17.083	8.542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6- Canal Tinguiririca - Chimbarrongo	305	-	-	-	305	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7- Canal Tinguiririca - Zamorano	159	-	-	-	159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8- Canal Convento Viejo - Tinguiririca	1.224	-	-	734	490	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9- Tecnificación regadío y sectores CVI - TI3	66.769	6.677	10.015	13.354	13.354	10.015	6.677	3.338	3.339	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10- Regadío zona alta San Vicente Tagua-Tagua	2.459	-	1.111	741	617	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11- Inversión en plantación y formación de frutales		130	1.070	1.200	1.333	2.470	2.600	2.740	2.800	2.800	2.770	1.670	730	530	400	2.200	4.210	3.200	3.200	2.870	2.870	2.470	1.800	-	-	-
Total Costo en Moneda de Cada Año		125.035	121.882	125.715	125.944	113.630	104.200	103.321	105.702	104.883	107.193	108.433	109.833	111.983	114.183	118.323	122.673	124.003	124.003	123.673	123.673	123.273	122.603	120.803	120.803	120.803
INGRESOS																										
1- Ingreso de producción de frutales y viñas		47.260	47.260	47.260	47.260	47.260	51.200	55.140	59.070	63.010	66.940	70.880	74.820	78.760	82.700	86.630	90.570	94.510	94.510	94.510	94.510	94.510	94.510	94.510	94.510	94.510
2- Ingreso de producción de otros cultivos		70.179	70.179	70.179	70.179	70.179	74.469	78.769	83.059	87.759	92.109	96.449	100.799	105.139	109.479	113.819	118.159	122.509	122.509	122.509	122.509	122.509	122.509	122.509	122.509	122.509
3- Ingreso de producción de ganadería		14.888	14.888	14.888	14.888	14.888	16.808	18.738	20.668	22.778	24.728	26.678	28.628	30.578	32.538	34.488	36.438	38.388	38.388	38.388	38.388	38.388	38.388	38.388	38.388	38.388
Total Ingreso en Moneda de Cada Año		132.327	132.327	132.327	132.327	132.327	142.477	152.647	162.797	173.547	183.777	194.007	204.247	214.477	224.717	234.937	245.167	255.407	255.407	255.407	255.407	255.407	255.407	255.407	255.407	255.407

RESUMEN	VALORES	ACTUALIZADOS
---------	---------	--------------

Tasa	8%	11%	14%	20%
------	----	-----	-----	-----

Costo	2.282.318	1.763.579	1.386.339	950.351
-------	-----------	-----------	-----------	---------

Ingreso	3.272.840	2.403.686	1.795.894	1.136.02
---------	-----------	-----------	-----------	----------

CUADRO N° 4 : ALTERNATIVA N° 3, Precios de Mercado (Valores en miles de US \$)

RESUMEN	VALORES	ACTUALIZADOS
---------	---------	--------------

Tasa	8%	11%	14%	20%
------	----	-----	-----	-----

Costo	2.356.063	1.810.252	1.437.206	989.100
-------	-----------	-----------	-----------	---------

Interest	3,334.066	2,426.774	2,435.774	2,157.38
----------	-----------	-----------	-----------	----------

[illegible]

CUADRO N° 7 : ALTERNATIVA N° 1, Precios Sociales (Valores en miles de US \$)

Designación	INVERSION TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
C O S T O S																											
1- Costo de producción de frutales y viñas		21.615	21.615	21.615	21.615	21.615	22.193	22.770	23.347	23.924	24.501	25.079	25.656	26.233	26.810	27.387	27.965	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542	28.542
2- Costo de producción de ganadería		6.770	6.770	6.770	6.770	6.770	7.138	7.484	7.841	8.251	8.608	8.965	9.322	9.689	10.046	10.403	10.771	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128	11.128
3- Costo de producción de otros cultivos		28.617	28.617	28.617	28.617	28.617	29.248	29.889	30.525	31.241	31.887	32.534	33.181	33.827	34.469	35.115	35.756	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403	36.403
4- Costo de operación y mantención de canales		1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770
5- Regulación Convento Viejo 600 x 10 ⁶	75.920	22.776	15.184	15.184	15.184	7.592	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6- Interconexión Convento Viejo - Tinguiririca	879	-	-	527	352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7- Canal Tinguiririca - Zamorano	131	-	-	-	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8- Canal Tinguiririca - Chimbarongo	250	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9- Tecnificación regadío CVI - TI3	59.631	5.963	8.945	11.926	11.926	8.945	5.963	2.982	2.981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10- Regadío zona alta San Vicente Tagua - Tagua	1.830	-	824	549	457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11- Inversión en plantación y formación de frutales		96	792	888	986	1.828	1.924	2.028	2.072	2.072	2.050	1.236	540	392	296	1.628	3.115	2.368	2.368	2.124	2.124	1.828	1.332	-	-	-	-
Total Costo en Moneda de Cada Año		87.607	84.517	87.846	88.058	78.037	68.236	66.923	68.536	67.258	68.816	69.584	70.469	71.911	73.391	76.303	79.377	80.211	80.211	79.967	79.967	79.671	79.175	77.843	77.843	77.843	77.843
I N G R E S O S																											
1- Ingreso de producción de frutales y viñas		59.075	59.075	59.075	59.075	59.075	64.000	68.925	73.838	78.763	83.675	88.600	93.525	98.450	103.375	108.288	113.213	118.138	118.138	118.318	118.318	118.318	118.318	118.318	118.318	118.318	118.318
2- Ingreso de producción de otros cultivos		84.917	84.917	84.917	84.917	84.917	90.107	95.310	100.501	106.188	111.452	116.703	121.967	127.218	132.470	137.721	142.972	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236	148.236
3- Ingreso de producción de ganadería		20.397	20.397	20.397	20.397	20.397	23.027	25.692	28.315	31.206	33.877	36.549	39.220	41.892	44.577	47.219	49.920	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592	52.592
Total Ingresos en Moneda de Cada Año		164.389	164.389	164.389	164.389	164.389	177.134	189.906	202.654	216.157	229.004	241.852	254.712	267.560	280.422	293.258	306.105	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966	318.966

CUADRO N° 8 : ALTERNATIVA N° 2 , Precios Sociales (Valores en miles de US \$)

Designación	INVERSION TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
C O S T O S																										
1- Costo de producción de frutales y viñas		21.615	22.910	25.560	29.097	32.841	35.268	44.533	51.363	57.979	64.669	73.734	85.685	79.402	95.238	100.092	103.474	105.716	104.710	103.748	91.516	99.500	98.072	99.182	98.272	101.599
2- Costo de producción de ganadería		18.729	20.063	22.394	31.963	26.879	28.605	29.645	31.178	32.796	42.185	32.670	34.042	35.530	36.727	37.752	45.248	37.375	37.326	37.809	37.809	37.809	45.150	37.037	37.191	37.511
3- Costo de producción de otros cultivos		31.325	33.292	34.504	36.464	37.555	38.759	41.394	41.550	40.939	40.276	40.061	39.779	35.278	39.452	39.194	40.129	41.388	41.690	41.919	42.046	42.046	42.046	42.046	42.046	42.046
4- Costo de operación y mantención de canales		1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770
5- Regulación Convento Viejo 600 x 10 ⁶	75.920	22.776	15.184	15.184	15.184	7.592	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6- Canal Tinguiririca - Chimbarongo	250	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7- Canal Tinguiririca - Zamorano	131	-	-	-	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8- Canal Convento Viejo - Tinguiririca	879	-	-	527	352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9- Tecnificación regadío toda la cuenca	101.053	10.106	15.158	20.210	20.210	15.158	10.106	5.053	5.052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10- Captaciones subterráneas	102	20	21	20	20	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11- Regadío zona alta San Vicente Tagua-Tagua	1.830	-	824	549	457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12- Inversión en plantación y formación de frutales		2.235	6.172	8.044	7.985	10.353	12.869	14.341	14.112	38.584	34.284	25.389	22.666	21.364	20.084	20.661	5.905	2.923	2.842	2.775	3.138	3.130	2.997	925	673	507
Total Costo en Moneda de Cada Año		108.576	115.394	128.762	143.883	132.169	127.377	136.736	145.025	172.068	183.184	173.624	183.942	173.344	193.271	199.469	196.526	189.172	188.338	188.021	176.279	184.255	190.035	180.960	179.954	183.421
I N G R E S O S																										
1- Ingreso de producción de frutales y viñas		66.925	73.600	77.375	83.813	93.163	107.300	121.125	140.750	158.313	209.475	204.400	228.938	254.538	282.625	311.825	342.388	386.775	390.575	402.163	412.813	417.325	426.388	415.438	411.388	388.261
2- Ingreso de producción de otros cultivos		82.383	88.472	93.249	99.333	104.872	115.918	126.890	137.659	142.066	145.807	150.916	155.780	161.825	166.946	171.989	179.470	185.782	187.107	189.801	188.865	188.865	188.865	188.865	188.865	188.865
3- Ingreso de producción de ganadería		28.712	31.162	33.991	41.025	43.763	49.857	56.200	61.401	66.700	71.326	75.951	80.564	85.191	83.325	94.455	99.181	102.143	102.143	102.143	102.143	102.143	102.143	102.143	102.143	102.143
Total Ingresos en Moneda de Cada Año		178.020	193.234	204.615	224.171	241.798	273.075	304.215	339.810	367.079	426.608	431.265	465.282	501.554	532.896	578.269	621.039	674.700	679.825	694.107	703.821	708.333	717.396	706.446	702.396	679.271
																					</					

CUADRO N° 9 ; ALTERNATIVA N° 3. Precios Sociales (Valores en miles de US \$)

Designación	INVERSION TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
C O S T O S																											
1- Costo de producción de frutales y viñas		21.615	22.910	25.560	29.097	32.841	35.268	44.533	51.363	57.979	64.669	73.734	85.685	79.402	95.238	100.092	103.474	105.716	104.710	103.748	91.516	99.500	98.072	99.182	98.272	101.595	
2- Costo de producción de ganadería		18.955	20.300	22.915	33.066	28.101	29.890	30.962	32.549	34.222	44.019	34.090	35.521	37.074	38.324	39.393	47.214	38.999	38.949	39.453	39.453	39.453	47.114	38.646	38.808	39.141	
3- Costo de producción de otros cultivos		31.702	33.684	35.306	37.721	39.261	40.502	43.234	43.377	42.719	42.027	41.803	41.508	36.812	41.167	40.897	41.874	43.187	43.502	43.741	43.873	43.873	43.873	43.873	43.873	43.873	
4- Costo de operación y mantención de canales		1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	
5- Regulación Convento Viejo 600 x 10 ⁶	75.920	22.776	15.184	15.184	15.184	7.592	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6- Canal Tinguiririca - Chisbarongo	250	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7- Canal Tinguiririca - Zamorano	131	-	-	-	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8- Canal Convento Viejo - Tinguiririca	879	-	-	527	352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9- Tecnificación regadío toda la Cuenca	101.053	10.106	15.158	20.210	20.210	15.158	10.106	5.053	5.052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10- Captaciones subterráneas	102	20	21	20	20	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11- Embalse Collicura 150 x 10 ⁶	27.736	8.321	5.547	5.547	5.547	2.774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12- Menor generación hidroeléctrica 66 x 10 ⁶ Kw h.		-	-	-	-	-	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	
13- Regadío zona alta San Vicente Tagua - Tagua	1.830	-	824	549	457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14- Inversión en plantación y formación de frutales		2.235	6.172	8.044	7.985	10.353	12.869	14.341	14.112	38.584	34.284	25.389	22.666	21.764	20.084	20.661	5.905	2.923	2.842	2.775	3.138	3.130	2.997	925	673	503	
Total Costo en Moneda de Cada Año		117.500	121.570	135.632	151.790	137.871	131.065	140.553	148.883	175.934	187.429	177.446	365.256	177.082	197.243	203.473	200.897	193.255	192.433	192.147	180.410	188.386	194.486	185.056	184.056	187.542	
I N G R E S O S																											
1- Ingreso de producción de frutales y viñas		66.925	73.600	77.375	83.813	93.163	107.300	121.125	140.750	158.313	209.475	204.400	229.938	254.538	282.625	311.825	342.388	386.775	390.575	402.163	412.813	417.325	426.388	415.438	411.388	388.263	
2- Ingreso de producción de otros cultivos		83.375	89.512	95.417	102.758	109.639	121.127	132.530	143.740	148.243	152.147	157.478	162.554	168.862	174.205	179.467	187.273	195.069	195.242	198.053	197.078	197.078	197.078	197.078	197.078	197.078	
3- Ingreso de producción de ganadería		29.058	31.529	34.782	42.440	45.753	52.098	58.698	64.100	69.600	74.427	79.255	84.067	88.894	86.948	98.561	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	103.493	
Total Ingresos en Moneda de Cada Año		179.358	194.641	207.574	229.011	248.555	280.525	312.353	348.560	376.156	436.019	441.133	476.559	512.294	543.778	589.853	633.154	685.337	689.310	703.709	714.384	717.896	726.959	716.009	711.959	688.834	
RESUMEN VALORES ACTUALIZADOS																											

CUADRO N° 10 ; ALTERNATIVA N° 4 . Precios Sociales (Valores en miles de US \$)

Designación	INVERSION TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
C O S T O S																										
1- Costo de producción de frutales y viñas		21.615	22.910	25.560	29.097	32.841	35.268	44.533	51.363	57.979	64.669	73.734	85.685	79.402	95.238	100.092	103.474	105.716	104.710	103.748	91.516	99.500	98.072	99.182	98.272	101.595
2- Costo de producción de ganadería		18.955	20.300	22.915	33.066	28.101	29.890	30.962	32.549	34.222	44.019	34.090	35.521	37.074	38.324	39.393	47.214	38.999	38.949	39.453	39.453	39.453	47.114	38.616	38.808	39.141
3- Costo de producción de otros cultivos		31.702	33.684	35.306	37.721	39.261	40.502	43.234	43.377	42.719	42.027	41.803	41.508	36.812	41.167	40.897	41.874	43.187	43.502	44.741	43.873	43.873	43.873	43.873	43.873	43.873
4- Costo de operación y mantención de canales		1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770	1.770
5- Regulación Convento Viejo 600' x 10 ⁶	75.920	22.776	15.184	15.184	15.184	7.592	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6- Canal Tinguiririca - Chimbarongo	250	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7- Canal Tinguiririca - Zamorano	131	-	-	-	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8- Canal Convento Viejo - Tinguiririca	879	-	-	527	352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9- Tecnificación regadío toda la Cuenca	101.053	10.106	15.158	20.210	20.210	15.158	10.106	5.053	5.052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10- Captaciones subterráneas	102	20	21	20	20	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11- Embalse Collicura 200 x 10 ⁶	32.246	9.674	6.449	6.449	6.449	3.225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12- Central hidroeléctrica Collicura	67.062	-	20.118	16.766	16.766	13.412	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13- Regadío Zona alta San Vicente Tagua - Tagua	1.830	-	824	549	457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14- Inversión en plantación y formación de frutales		2.235	6.172	8.044	7.985	10.353	12.869	14.341	14.112	38.584	34.284	25.389	22.666	21.364	20.084	20.661	5.905	2.923	2.842	2.775	3.138	3.130	2.997	925	673	503
Total Costo en Moneda de Cada Año		118.853	142.590	153.300	169.458	151.734	130.405	139.893	148.223	175.274	186.769	176.786	187.150	176.422	196.583	202.813	200.237	192.595	191.773	162.487	179.750	187.726	193.826	184.396	183.396	186.882
I N G R E S O S																										
1- Ingreso en producción de frutales y viñas		66.9																								

RESUMEN	VALORES	ACTUALIZADOS
---------	---------	--------------

Tasa	8%	11%	14%	20%
Costo	206,288	153,823	134,653	98,284
Ingreso	229,054	166,783	125,712	79,519

CUADRO N° 12. REGADIO YALI - ALHUE. Precios Sociales (Valores en miles de US\$)

RESUMEN	VALORES	ACTUALIZADOS
---------	---------	--------------

Tasa	13%	15%	17%	26%
Costo	105.078	93.141	83.514	56.664
Ingreso.	172.089	144.508	123.278	70.150

-359-

A N E X O

BASE DE COMPARACION EVALUACION ECONOMICA

- 1.- Alcance: En este anexo se incluye una comparación de la función producción en un cierto desarrollo histórico sobre la base de información disponible, y la función producción tomada como comparación para el cálculo del aumento de la producción en la evaluación económica de este estudio de prefactibilidad.
- 2.- Función de producción histórica - Fuente de datos. La posibilidad de hacer una proyección de la producción dentro de una probabilidad razonable de confianza depende que se tenga una cantidad apropiada de datos y de que estos datos se agrupen de tal manera de poder identificar una tendencia.

Los datos disponibles son los siguientes:

- a) Cultivos: Serie histórica de superficie sembrada y producción desde 1954 a 1975 elaborado por ODEPA (*) de los principales cultivos de las provincias de Cachapoal y Colchagua.
- b) Frutales y Viñas: Estadística de frutales años 1962 - 1965 - 1974 provenientes de las siguientes fuentes:

(*): Fuente: Ministerio de Agricultura - ODEPA - SAG- "Producción Agropecuaria". Indicadores Agroeconómicos - 1970, e INE (período 1971-1975).

- 1962, SERCOTEC - CORFO. Producción y comercialización de frutas.
- 1968, Plan Nacional de Desarrollo Frutícola CORFO.
- 1974, Catastro Frutícola Nacional CORFO.

c) Ganadería: Se obtuvo información por antecedentes de ODEPA para los años 62 - 65 y 74 en base a número de novillos y vacas existentes.

3.- Cálculos de los valores de producción total. Como se disponía de una serie de datos de cultivos de 22 años y una serie de datos de frutales y ganadería de sólo tres años se procedió de la siguiente manera:

- a) Se calculó los valores en \$ de la producción de la suma total de 7 rubros principales de cultivos para cada uno de los 22 años en que se dispone estadística.
- b) Se multiplicó los valores resultantes por 0.84 que es el factor que corrige los valores respecto al área considerada en la estadística respecto del área del proyecto Rapel. El cálculo de este coeficiente se ilustra en el gráfico N°1 adjunto.
- c) Se ajustó una recta por el método de los mínimos cuadrados.

- d) Se determinó tres puntos de producción total en los tres años que se dispone estadística de frutales y ganado, y sumando estos valores a los valores que se obtienen de una recta ajustada representativa de los 7 cultivos mencionados, se obtuvo tres puntos (años 1962 - 1965 y 1974) en que hay un valor de la producción que considera los 7 cultivos, la mayor parte de las especies frutales y el ganado.
- e) Con los nuevos tres puntos obtenidos se ajustó una nueva recta por el método de los mínimos cuadrados la cual resulta ser la función histórica de la producción con la base de datos descrita.

Esa recta es $y = mx + n$

en que $m = 1.6 \times 10^6$

$n = - 26.6 \times 10^6 \text{ US\$}$

Todos los valores están referidos al año "0" del proyecto; asimismo los precios unitarios de la producción por rubro son los utilizados en ese mismo año "0" del proyecto.

Para el rubro ganadero se utilizó la estadística de novillos y vacas los cuales fueron reducidos a carne y leche para calcular su valor. Los rendimientos y los precios unitarios fueron los del proyecto.

- 4.- Modificación de la función utilizada en el proyecto para hacerla comparable con la función histórica. La función utilizada en el proyecto, para comparar el aumento de la producción fue una recta de la forma $y = a$ (constante).

Como en la recta descrita en 3.- se utilizó como base de datos los 7 cultivos principales de la estadística ODEPA, el 97% de la producción de frutales y la totalidad del ganado, se calculó el valor utilizado por AIESA considerando los mismos 7 cultivos, el 97% de frutales y la totalidad del ganado, con lo cual resultó la siguiente recta modificada para efectuar la comparación indicada.

$$y = 117.7 \times 10^6 \text{ US\$}$$

- 5.- Representación gráfica. En el gráfico N°2 se ha dibujado la variación del valor de la producción versus los años históricos considerados.

Se puede ver allí los puntos correspondientes al valor de la producción de los 7 cultivos y la recta ajustada a esta estadística.

En el gráfico N°3 se puede ver la recta $y = mx + n$ que resulta de agregar los datos de valor de producción de frutales y ganadería.

Se puede ver también la recta que representa los ingresos anuales constantes con el período del estudio y que equivale a la base de comparación de la evaluación económica.

$$(y = 117.7 \times 10^6 \text{US\$})$$

Esta recta se corta con la $y = mx + n$ ($m = 1.6 \times 10^6$; $n = -26.6 \times 10^6 \text{US\$}$) en el año 1992, que correspondería al año 15 del período del estudio.

- 6.- Consideraciones. Es fácil ver que la variabilidad de los valores utilizados da un ámbito importante para el trazado de la recta $y = mx + n$, indicada. Una probabilidad de confianza del 75% puede llevarnos del año 1984 al año 2000, como punto de corte de las dos rectas en estudio.

Los datos de frutales y ganadería corresponden sólo a tres puntos provenientes de CORFO, pero hechos por distintos equipos de trabajo y con diferentes propósitos, quedando cierta duda sobre el grado en que son comparables entre sí.

Los ingresos actualizados a precios de mercado que representan las dos rectas que deben compararse, para diferentes tasas de interés son los siguientes:

INGRESOS ACTUALIZADOS
(Valores en miles de US\$)

	8%	11%	14%	20%
RECTA $y=117.7 \times 10^6 \text{US\$}$ (ingresos constantes)	1.256.421	991.239	808.944	582.330
RECTA $y= mx + n$ ($m = 1.6 \times 10^6 \text{US\$}$) ($n = - 26.6 \times 10^6 \text{US\$}$) (ingresos históricos)	1.201.179	932.545	750.702	529.131

Del cuadro expuesto más arriba se desprende que las diferencias de ingresos actualizados entre considerar ingresos constantes o históricos para el período del estudio, no son significativas dentro de la precisión requerida por un estudio de prefactibilidad.

Además, dichas diferencias de ingresos actualizados serían las mismas que las de los valores netos actualizados (V.A.N.) al suponer costos equivalentes en una u otra alternativa, y para el caso de compararla por ejemplo con los ingresos actualizados de la Alternativa N°2 y a tasa de interés de un 11%, dicha diferencia no representa más de un 2,5% sobre el valor de esta última alternativa.

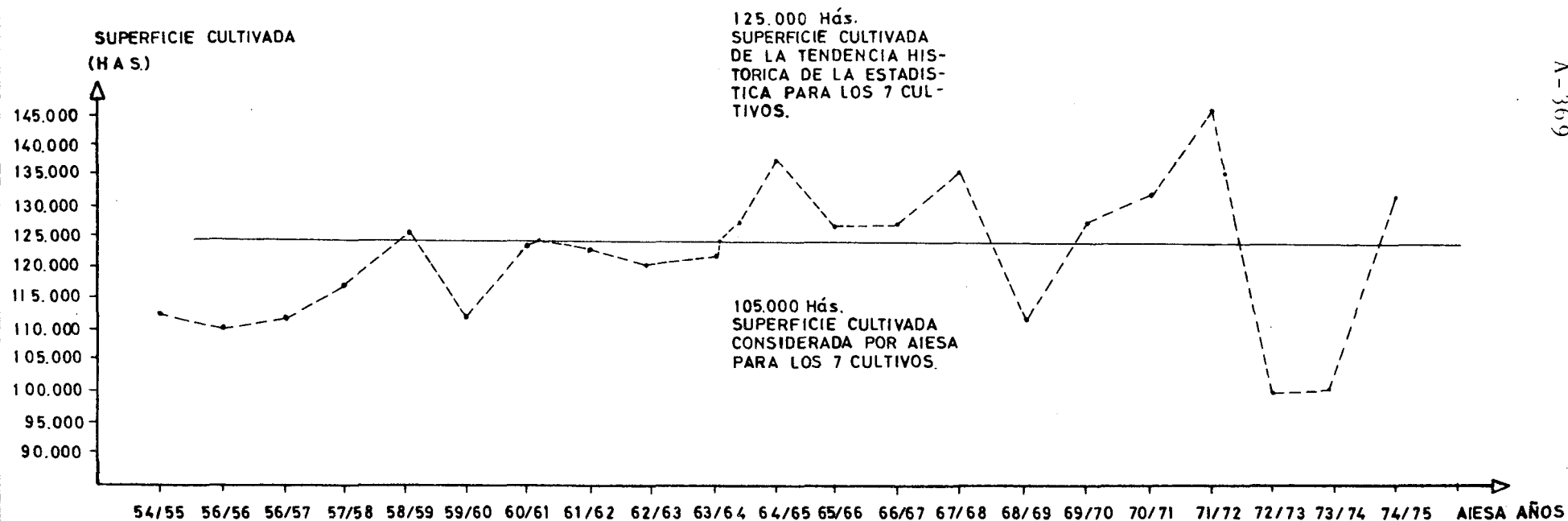
En todo caso, la suposición de ingresos constantes castiga los beneficios supuestos para las distintas alternativas consideradas en el estudio de prefactibilidad de la hoya Rapel y ofrece una seguridad adicional para las conclusiones obtenidas.

GRAFICO N° 1

HOYA RAPEL

SERIE HISTORICA DE SUPERFICIES CULTIVADAS : CACHAPOAL + COLCHAGÜA
"CULTIVOS ANUALES"

$$\text{COEFICIENTE} = \frac{105.000}{125.000} = 0.84$$



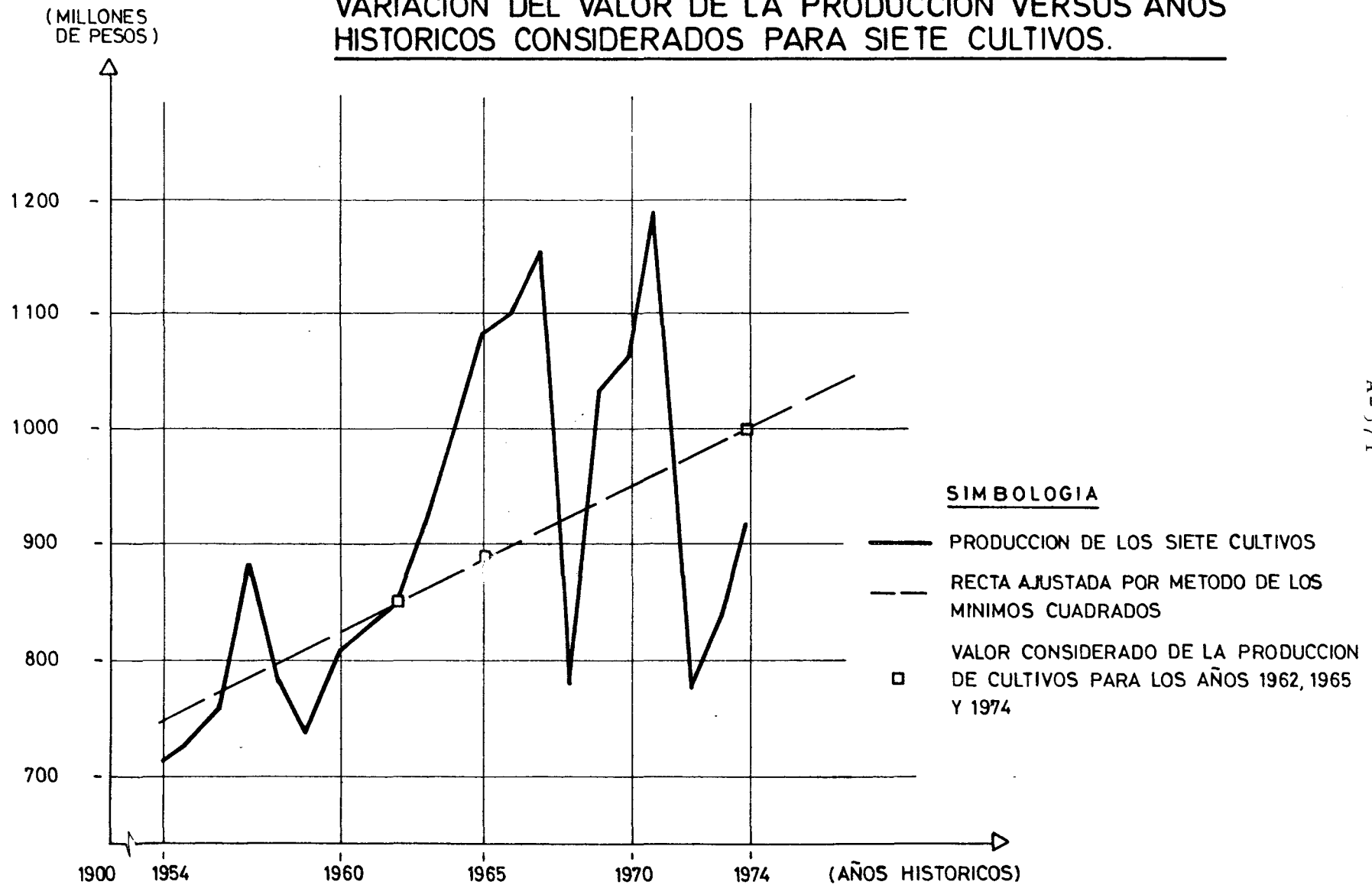
SIMBOLOGIA

- RECTA PROMEDIO DE VALORES
125.000 Hás.
- - - SUPERFICIE CULTIVADA ANUALMENTE EN
AÑOS HISTORICOS CONSIDERADOS

AIESA

GRAFICO Nº 2
HOYA RAPEL

VARIACION DEL VALOR DE LA PRODUCCION VERSUS AÑOS
HISTORICOS CONSIDERADOS PARA SIETE CULTIVOS.



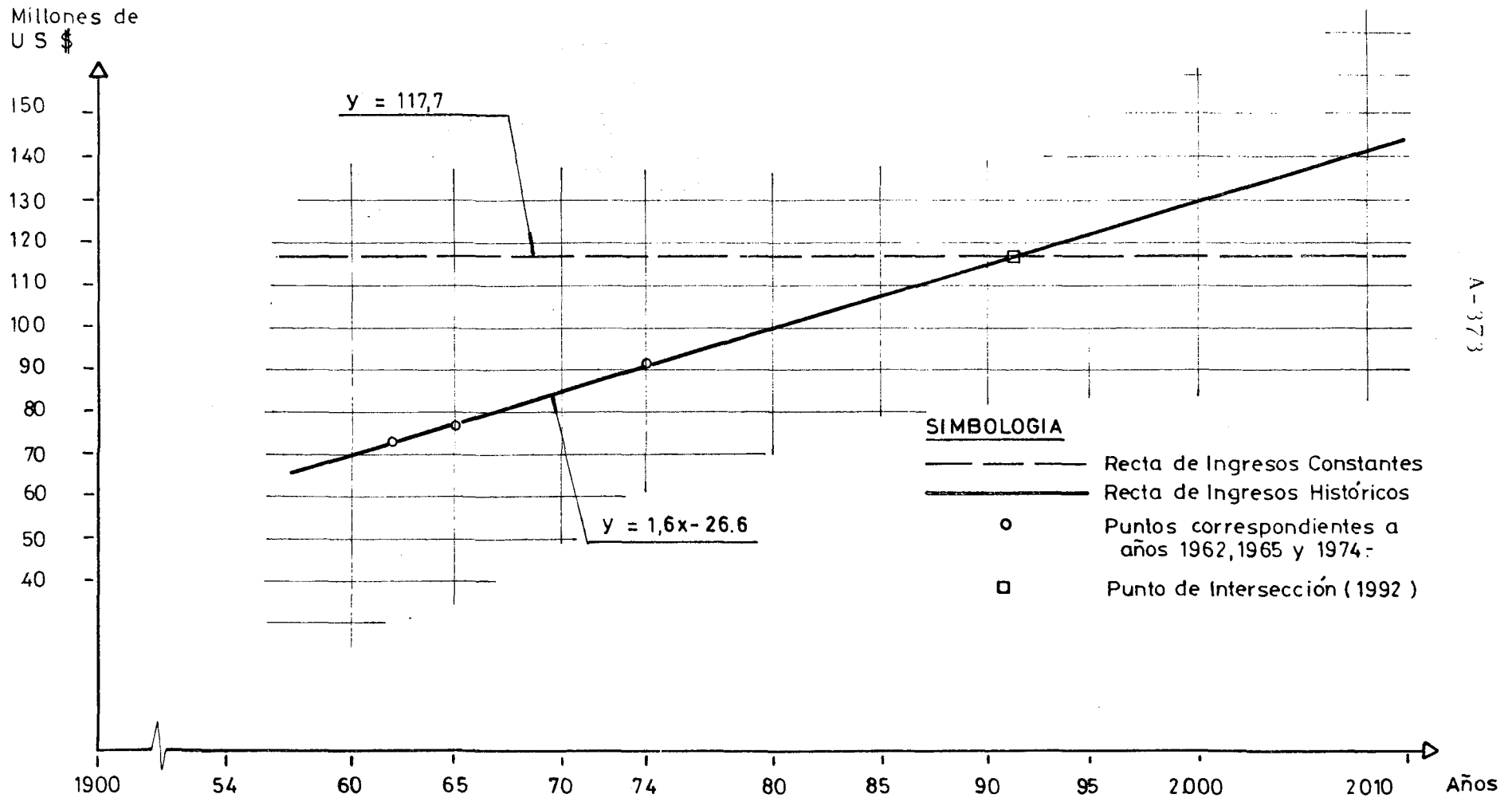
A-371

AIESA

GRAFICO N° 3

HOYA RAPEL

COMPARACION DE INGRESOS DE PRODUCCION CONSTANTES E HISTORICOS
PARA AÑOS HISTORICOS CONSIDERADOS Y PARA PERIODO DEL ESTUDIO



AIESA