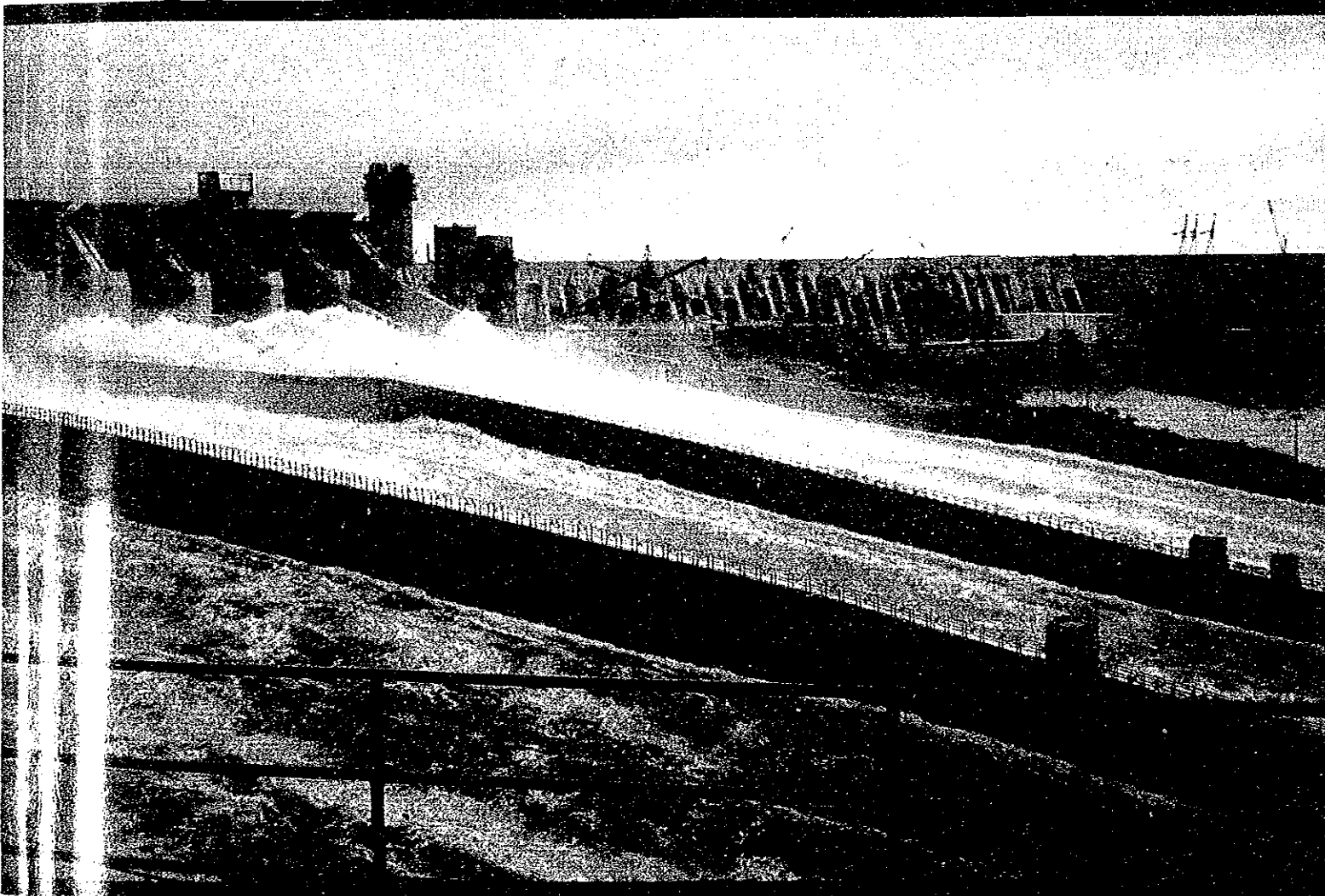


REPUBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

PLAN MAESTRO
DEL PROYECTO DE IRRIGACION Y DRENAJE
EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
DE YACYRETA

ANEXO-III : EQUIPOS BASICOS

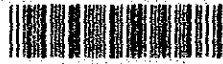


MARZO 1985

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

AFT
85-19

JICA LIBRARY



1030294E13

REPÚBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**PLAN MAESTRO
DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN Y DRENAJE
EN EL ÁREA ADYACENTE A LA REPRESA
DE YACYRETÁ**

ANEXO – III : EQUIPOS BÁSICOS

MARZO 1985

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

国際協力事業団	
受入 '85. 6. 13 月日	708
登録No. 11586	807 AFT

CONTENIDO

CAPITULO 1 ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS Y SU EXAMEN	1
1-1 Objetivo del establecimiento de alternativas	1
1-2 Alternativas para el plan de drenaje	1
1-2-1 Establecimiento de alternativas	2
1-2-2 Resultado del análisis	7
1-3 Alternativas para el plan de drenaje	10
1-3-1 Superficie capaz para la explotación como arrozal	10
1-3-2 Establecimiento de alternativas	12
1-3-3 Cantidad y costo de empresas	21
1-3-4 Efecto de empresa	36
CAPITULO 2 PROYECTO DE IRRIGACION	43
2-1 Proyecto y principio elemental	43
2-2 Investigación para el proyecto de irrigación	46
2-2-1 Lámina de riego del arrozal	47
2-2-2 Propiedades físicas del suelo	50
2-2-3 Relación de entrada	53
2-2-4 Calidad de agua	66
2-3 Decisión de las especificaciones del proyecto	72
2-3-1 Cantidad de agua para el producto	73
2-3-2 Inundación inicial	79
2-3-3 Método de irrigación	82
2-3-4 Cantidad de lluvia efectiva	82
2-3-5 Volumen neto de agua de riego	85
2-3-6 Eficiencia de riego	87
2-3-7 Demanda total de agua	90
2-4 Plan de apertura de arrozales	91
2-4-1 Extensión de arrozales abietos	91
2-4-2 Bloque de irrigación	92
2-5 Plan de instalaciones de irrigación	93
2-5-1 Canal de riego	93
2-5-2 Puente canal (conducto subterráneo)	109
2-5-3 Obra de derivación	111
2-5-4 Instalación reguladora del nivel de agua	114

2-5-5	Canal de descarga y vertedor de demasías	117
2-5-6	Planta de bombeo	118
CAPITULO 3 PLAN DE EVACUACION DEL AGUA		127
3-1	Método y orientación básica	129
3-2	Elección de los planes preliminares	132
3-2-1	Sinopsis	132
3-2-2	Precipitación pluvial modelo	133
3-2-3	Nivel de agua no programado	142
3-3	Análisis del flujo por precipitaciones pluviales	142
3-3-1	Sinopsis	142
3-3-2	Precipitación pluvial eficiente	143
3-3-3	Método analítico de la curva característica	147
3-3-4	Las condiciones analíticas del flujo	157
3-3-5	Resultado analítico del flujo	166
3-4	El método analítico de estado del flujo	170
3-4-1	Resumen	170
3-4-2	El método del modelo matemático	171
3-4-3	Hacer modelo a la zona del proyecto	178
3-5	El resultado analítico del estado de la corriente	228
3-5-1	Resumen	228
3-5-2	El nivel de agua de los ríos y canales principales de evacuación del agua	228
3-5-3	El flujo de los ríos y canales de evacuación	241
3-5-4	La distribución de estancamiento del agua de la zona del proyecto	254
3-5-5	Estudio de la dimensión seccional del canal	263
3-5-6	Estudio sobre el estanque (Vaso para el control de avenidas)	272
3-6	Plan de instalación para evacuación del agua	289
3-6-1	Resumen	289
3-6-2	El sistema de evacuación	289
3-6-3	Secciones de los canales	290
CAPITULO 4 PROYECTO DE DESARROLLO DE TIERRAS AGRICOLAS.....		299
4-1	Ideas básicas del proyecto de desarrollo de tierras agrícolas ...	299
4-2	Delimitación de las parcelas	301
4-3	Proyecto de infraestructuras en el campo	302

4-4	Colocación de las infraestructuras según cada forma de utilización del campo	315
4-5	Nivel de habilitación	318
4-6	Ideas básicas del proyecto de carretera	319
4-7	Previsión sobre el tráfico	320
4-8	Proyecto de ruta	328
4-8-1	Carreteras básicas	328
4-8-2	Carreteras principales	329
4-8-3	Carreteras secundarias y carreteras transversales	330
4-8-4	Carreteras de control	330
4-9	Proyecto de estructura	330
4-9-1	Carreteras básicas	330
4-9-2	Carreteras principales	334
4-9-3	Carreteras secundarias, carreteras transversales y carreteras de control	338
4-9-4	Puentes sobre carreteras	341
CAPITULO 5 PLAN DE EJECUCION Y COSTO DE PROYECTO		349
5-1	Conceptos básicos	349
5-2	Plan de ejecución	350
5-3	Costo del proyecto	358
5-3-1	Divisas y monedas nacionales	358
5-3-2	Tipo de cambio y medida de exención de impuestos	361
5-3-3	Composición del costo de proyecto	361
CAPITULO 6 SUBPROYECTO		377
6-1	Concepto básico	377
6-2	Establecimiento de los subproyectos	378
6-3	Problemas que acompañan al establecimiento de los subproyectos ..	384
6-4	Subproyecto 1	385
6-4-1	Rasgo general del subproyecto 1	386
6-4-2	Plan de ejecución y costos de obras	391
6-4-3	Evaluación económica	399
6-4-4	Plan financiero	402
6-5	Economía de la realización independiente del subproyecto 1	405
6-6	Finca piloto	414

CAPITULO 1

ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS Y SU EXAMEN

CAPÍTULO 1 ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS Y SU EXAMEN

1-1 Objetivo del establecimiento de alternativas

En caso de planear una empresa de gran escala que abarque el riego y el drenaje, existe más de una alternativa a seleccionar en el proceso de examen de la empresa. En este proyecto en particular, la obra principal es la construcción del sistema de riego y drenaje, y se preve que la mayoría del gasto de construcción será dedicada a estos dos elementos. Si, en el curso de la planeación de una empresa, la alternativa A y la alternativa B son igualmente probables o si la alternativa B puede adoptarse para con la alternativa A, se debe examinar las dos alternativas A y B para determinar una alternativa definitiva.

Como se ha dicho más arriba, la parte principal de este proyecto de desarrollo agrícola la forman el plan de riego y el plan de drenaje y, para estos dos planes, pueden prepararse algunas alternativas que deben examinarse en el curso de la planificación. Por consiguiente, decidimos establecer dos alternativas para el plan de drenaje y tres alternativas para el plan de riego y hacer un examen comparativo, para determinar una alternativa definitiva más eficiente.

1-2 Alternativas para el plan de drenaje

Como se menciona más abajo (Capítulo 3 "PLAN DE DRENAJE"), para el plan de drenaje se efectúa la simulación por análisis matemático. En esta simulación, examinamos varias alternativas relacionadas a la sección de instalaciones, cantidad de lluvias (diaria o sucesiva), etc. El problema más importante en esta simulación es cómo establecer la red de canales de drenaje, para minimizar las aguas inundadas contra la cantidad proyectada de lluvias. Una vez determinada la red de canales de drenaje, los demás factores pueden resolverse fácilmente por medio de la transformación en el computador electrónico. Por lo tanto, no se necesita establecer alternativas para ellos, y el computador puede calcular todos los casos y seleccionar el óptimo.

En consideración a lo anterior, preparamos dos alternativas para la red de canales de drenaje, para que la simulación seleccione una alternativa más apropiada.

1-2-1 Establecimiento de alternativas

Actualmente, en la región objeto del proyecto hay dos ríos de drenaje, a saber, el río Atinguy y el río Yabebyry. Se estima que, si la red de canales de drenaje se establece utilizando estos dos ríos, su obra de construcción será relativamente fácil.

Para drenar eficientemente la región objeto del proyecto que se prolonga en dirección de este a oeste, pueden considerarse dos métodos, a saber, establecimiento nuevo de dos canales de drenaje troncales que se extienden en dirección norte a sur y utilización principal de los dos ríos existentes.

Para determinar cuál es la más apropiada, la alternativa de construcción de la red de canales de drenaje por medio de la utilización principal de los dos ríos existentes o la alternativa de establecimiento nuevo de dos canales troncales, efectuamos una simulación por modelos matemáticos.

La técnica de la simulación por modelos matemáticos se detallará en el Capítulo 3 "PLAN DE EVACUACION DEL AGUA", y las condiciones de cálculo usadas en esta simulación son las siguientes.

(1) Red de canales de drenaje en la región objeto del proyecto

La alternativa 1 que consiste principalmente en la utilización de los dos ríos existentes y la alternativa 2 de establecimiento nuevo de dos canales de drenaje serán tal como se indican en la Fig. 1-1 y la Fig. 1-2, respectivamente. El método de modelado de la red de canales de drenaje se detallará en el Capítulo 3 "PLAN DE EVACUACION DEL AGUA," pero consiste en hacer una malla de 1.500 m y efectuar cálculos en un intervalo de 60 segundos.

(2) Inclinação de los canales de drenaje

Se determinará por el mapa topográfico de escala 1/50.000 y, en una parte, por los datos medidos.

(3) Coeficiente de rugosidad

Será de 0,05 para las secciones de los ríos existentes, es decir, el río Atinguy y el río Yabebyry, y de 0,04 para los canales de drenaje a construir.

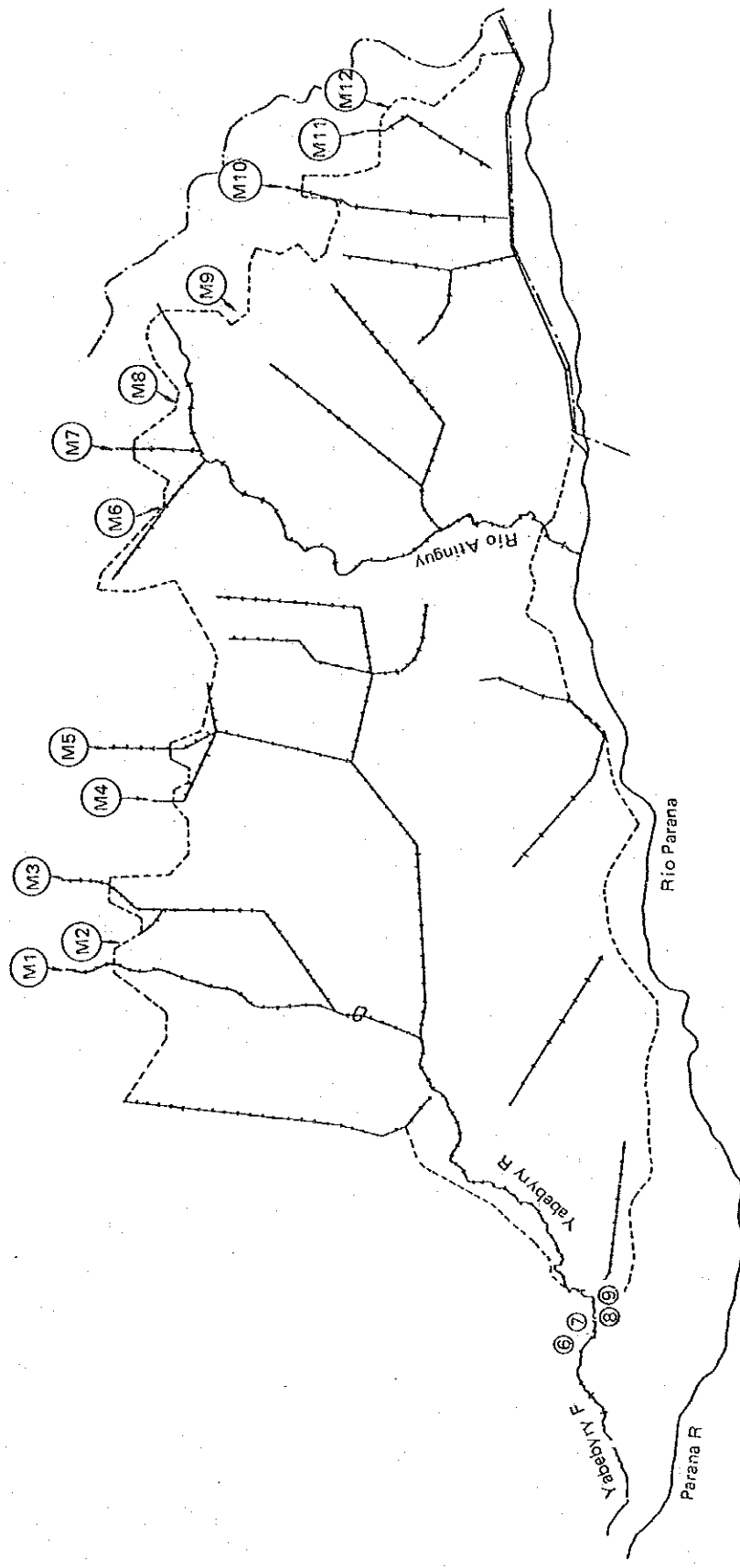
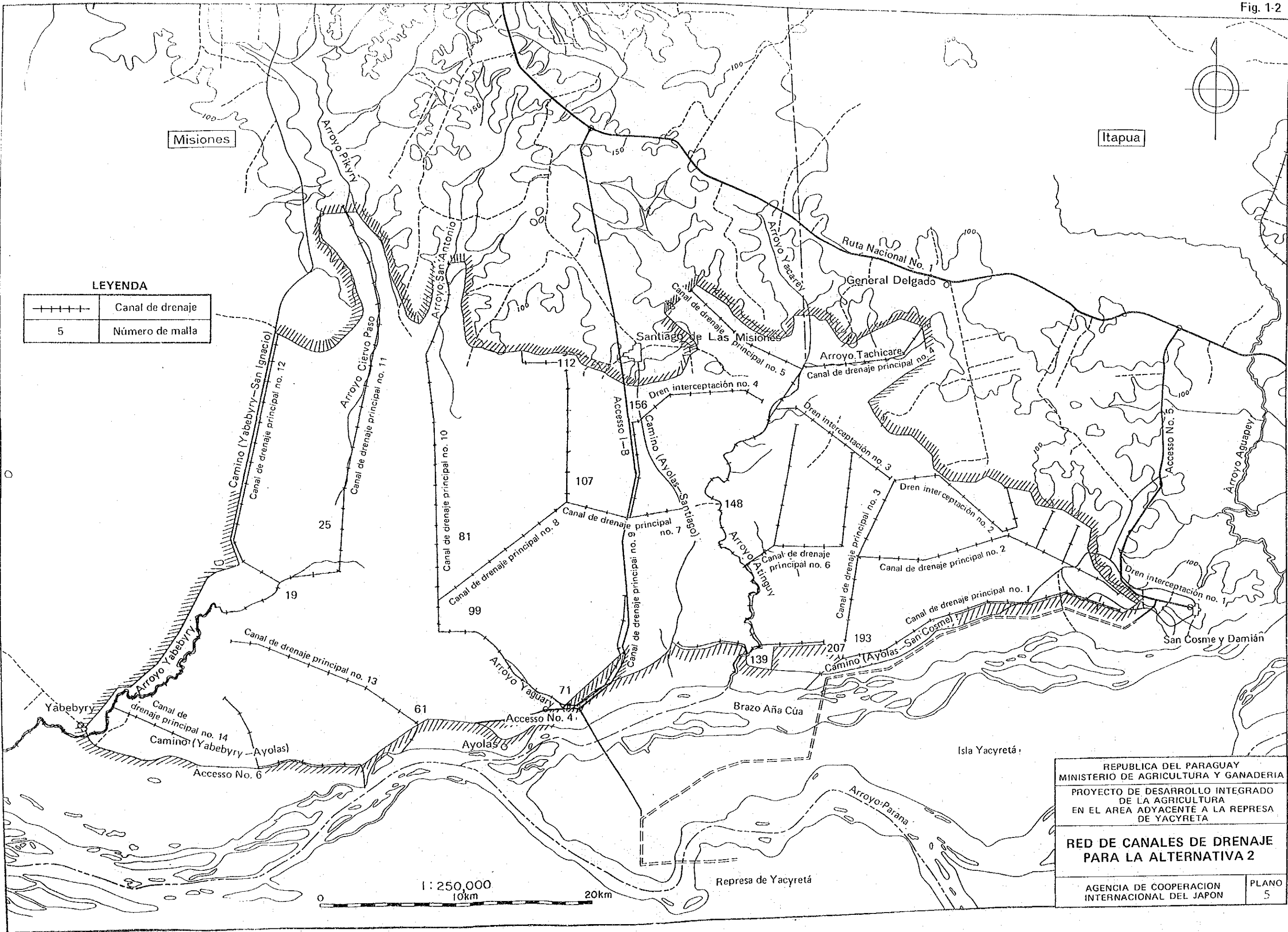


Fig. 1-1 Red de canales de drenaje para la alternativa 1

Fig. 1-2



Misiones

Itapua

LEYENDA

+++++	Canal de drenaje
5	Número de malla

REPUBLICA DEL PARAGUAY
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
 PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO
 DE LA AGRICULTURA
 EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
 DE YACYRETA

**RED DE CANALES DE DRENAGE
 PARA LA ALTERNATIVA 2**

AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

PLANO
 5

1 : 250,000
 10km 20km

(4) Nivel de agua del Río Paraná (nivel de agua exterior)

El nivel de agua del Río Paraná (nivel de agua exterior) será el que corresponde a la probabilidad de un caso de 10 años (caudal: $30.000 \text{ m}^3/\text{seg}$) del nivel de agua proyectado para la Represa de Itá Ibate.

(5) Caída de lluvia proyectada y cantidad de lluvia perdida

Como la caída de lluvia proyectada, se utilizará la probabilidad de un caso de 10 días (cantidad: $164,4 \text{ mm/día}$), con la cantidad de lluvia perdida de 50 mm .

(6) Salida de tierra montañosa

El método de cálculo es igual que lo detallado en el Capítulo 3 "PLAN DE EVACUACION DEL AGUA."

(7) Sección del canal de drenaje

Al canal de drenaje se le aplican las secciones: $0,25 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}^2$, $0,5 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}^2$, $1 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}^2$ y $2 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{km}^2$.

1-2-2 Resultado del análisis

En caso de llover en la región objeto del proyecto según las condiciones establecidas en el apartado anterior, la cantidad de agua que debe evacuar en el mismo tiempo es, tal vez, igual para las dos alternativas. También puede considerarse que la sección total de los canales de drenaje de la alternativa 1 y la de la alternativa 2 son iguales, si se aplica la misma sección a ambas alternativas con redes diferentes. (Estrictamente hablando, la sección total es un poco diferente de la alternativa 1 a la 2, pero puede considerarse que la suma del producto de cada sección y longitud es igual.) Es decir, la sección total de los canales de drenaje es la cantidad de excavación de ellos, y ésta tiene un peso considerable en el gasto total de construcción de los canales de drenaje. El hecho de que la sección total de los canales de drenaje de la alternativa 1 y la de la alternativa 2 son iguales, indica que entre los dos alternativas no hay diferencia sobre el gasto de construcción y que lo importante es seleccionar una red de drenaje que proporcione mejor rendimiento de drenaje.

Uno de los que pueden denominarse como índice de efecto de drenaje es el estancamiento dentro de una región en el momento de la caída de lluvia proyectada. Al planear un desarrollo agrícola, se procede a estudiar la

profundidad y el tiempo de estancamiento que sean permisibles para cada cultivo, ya que el estancamiento dentro de una región puede ejercer gran influencia sobre los cultivos. Sin embargo, el efecto de drenaje está relacionado no solamente a la profundidad y el tiempo de estancamiento sino también a la etapa de crecimiento de cultivos y, por consiguiente, es muy difícil determinarlo sencillamente.

Por esta razón, seleccionamos como índice de efecto de drenaje la tasa y la profundidad de estancamiento dentro de la región en el momento de la caída de lluvia proyectada (Fig. 1-3). Las tasas de estancamiento dentro de la región objeto del proyecto obtenidas en base a los resultados de la simulación y según las profundidades de estancamiento, se indican en la Fig. 1-4.

Esta figura indica, en todos los casos de sección, que las tasas de estancamiento de la alternativa 1 son más altas que la 2 y que, en el momento de efectuar el desarrollo agrícola será deseable construir dos canales troncales de drenaje y evacuar las aguas directamente en el Río Paraná, junto con las aguas de los ríos Atinguy y Yabebyry. Por lo tanto, en el plan de drenaje que se discutirá en el Capítulo 3, adoptamos el establecimiento nuevo de los canales de drenaje en base a la alternativa 2.

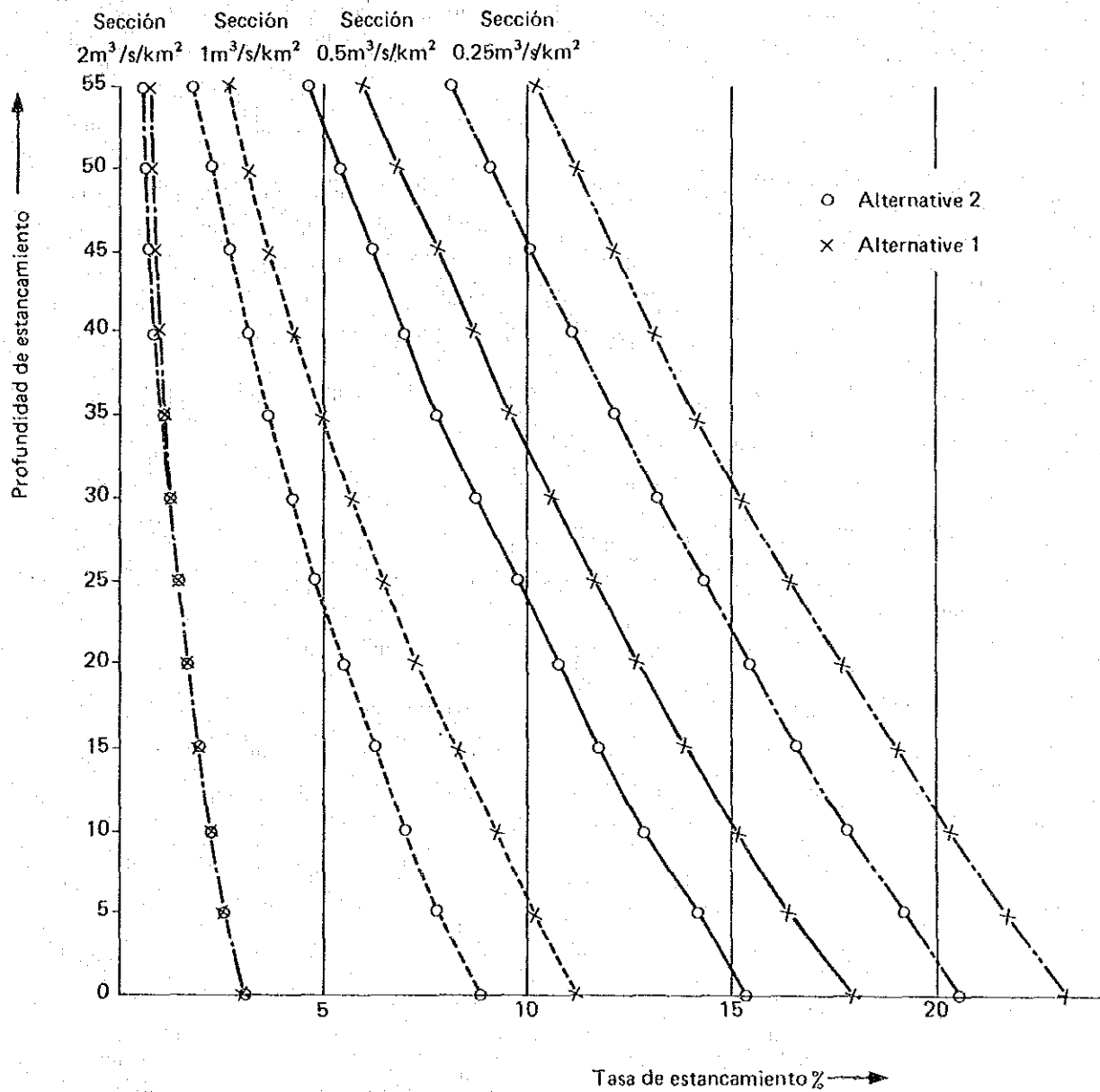


Fig. 1-3 Tasa y Profundidad de Estancamiento

1-3 Alternativas para el plan de drenaje

En el momento de establecer el plan de drenaje, es necesario determinar qué cantidad de agua de riego se obtiene en la región objeto del proyecto. Como se describirá más abajo (Capítulo 2 "PROYECTO DE IRRIGACION"), hemos llegado a la conclusión de que en la región objeto del proyecto no hay necesidad de realizar obra de riego para campos y, por consiguiente, debemos determinar la superficie capaz para la utilización como arrozal según la cantidad existente del agua de riego y, además, realizar estudios técnico y económico, para establecer un plan más apropiado.

Dentro de la cantidad existente del agua de riego, están incluidas no solamente las aguas procedentes de la Represa de Yacyretá, sino también las aguas salientes de la zona montañosa, aguas usadas repetidas veces, etc., y para utilizar estas aguas como agua de riego, son necesarias las instalaciones de fuente de agua, canales de agua y, según el caso, de bombeo mecánico. Además, en el caso de producir los cultivos para el mercado internacional como este proyecto, por existir restricciones del costo de producción, es menester efectuar bastante estudios sobre la economía del plan de riego. En fin, se procederá a establecer algunas alternativas y seleccionar una más apropiada, para determinar el plan de riego definitivo.

1-3-1 Superficie capaz para la explotación como arrozal

El suelo de la región objeto del proyecto no constituye ningún obstáculo para la explotación de arrozales y, por lo tanto, es posible utilizar todo el área de la región como arrozal, si se les aplica agua de riego.

Por otra parte, la cantidad absoluta del agua de riego en la región objeto del proyecto es de $108 \text{ m}^3/\text{seg}$ por el Tratado de Yacyretá, más las aguas utilizadas repetidas veces dentro de la región y las aguas procedentes de la zona de colinas del norte.

En lo que se refiere a las aguas de $108 \text{ m}^3/\text{seg}$ por el Tratado de Yacyretá, el punto de toma del agua no tiene bastante altitud con respecto a las áreas beneficiadas. Por lo tanto, se juzga que no todas las aguas tomadas pueden utilizarse por el riego de método de bajada natural y que, en algunas partes, se hace necesario el riego por bombeo. En cuanto a las aguas utilizadas repetidas veces, es inevitable que todas las aguas se sometan al riego por bombeo.

Para el riego por bombeo, se realizará un estudio comparativo con el caso de utilización como campo o herbazal sobre la economía incluyendo la inversión inicial para la maquinaria y el costo de administración y mantenimiento.

A continuación, se calculará la cantidad del agua de riego y la superficie capaz para la utilización como arrozal basada en aquélla.

(1) Aguas utilizadas repetidas veces

Entre la cantidad bruta de riego, $2,6 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}$, la cantidad perdida como evapotranspiración es de $9,1 \text{ mm}/\text{día} = 1,05 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}$, y la restante consiste de la cantidad filtrada y otra cantidad perdida. Puesto que en el sitio de investigación no pudimos obtener datos sobre la tasa de la cantidad de agua utilizada repetidas veces con respecto a la cantidad restante (tasa de utilización de repetición), aplicamos aquí una tasa de 30%.

De lo anterior, la cantidad de agua de repetición puede determinarse:

$$(2,6 - 1,05) \times 0,3 = 0,465 \text{ l}/\text{seg}/\text{Ha}$$

$$(0,465) \div 2,6 \times 108 = 19,3 \text{ m}^3/\text{seg}$$

En fin, es de $19,3 \text{ m}^3/\text{seg}$ la cantidad total de aguas de repetición que se obtiene de la cantidad de toma de aguas basada en el Tratado de Yacyretá, $108 \text{ m}^3/\text{seg}$.

(2) Cantidad de agua saliente de la zona de colinas del norte

Para obtener datos sobre el agua saliente de la zona de colinas del norte, hicimos un aforo en un lugar cerca de San Ignacio a lo largo de la Ruta Nacional No. 1 durante el período de noviembre de 1983 hasta marzo de 1984. Como resultado de este aforo, obtenemos una cuenca hidrográfica de 6.847 Ha y una cantidad media de agua saliente de $1,8 \text{ m}^3/\text{seg}/100 \text{ km}^2$. Puesto que la frecuencia del aforo es de más o menos una vez por mes, estos datos no pueden aplicarse como caudal básico tal como están.

Por lo tanto, consultando estos datos y teniendo en cuenta que la topografía es semejante a la del Japón, determinamos un caudal básico de $1,0 \text{ m}^3/\text{seg}/100 \text{ km}^2$. Por otra parte, el plan de drenaje establece que la cuenca hidrográfica es de 763 km^2 .

Por consiguiente, puede determinarse la cantidad de agua saliente de la zona de colinas del norte:

$$763 \text{ km}^2 \div 100 \times 1,0 = 7,6 \text{ m}^3/\text{seg}/100 \text{ km}^2$$

En fin, la cantidad total de agua saliente de la zona de colinas del norte es de $7,6 \text{ m}^3/\text{seg}/100 \text{ km}^2$.

(3) Superficie capaz para la explotación como arrozal

Como resultado del cálculo anterior y de la cantidad del agua de unidad proyectada antes dicha, la cantidad de agua utilizable y la superficie capaz para la explotación como arrozal serán las siguientes.

① Cantidad de agua utilizable

Cantidad de toma de agua por el Tratado de Yacyretá	108 m^3/seg
Cantidad de agua de utilización repetida	19,3 m^3/seg
Cantidad de agua saliente de la zona de colinas del norte	7,6 m^3/seg
Total	134,9 m^3/seg

② Superficie de arrozales capaces de regarse

De la cantidad del agua de unidad proyectada, $2,6 \text{ l}/\text{seg}/\text{Ha} = 0,0026 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}$, puede calcularse la siguiente superficie de arrozales capaces de regarse según la cantidad de agua utilizable.

$$134,9 \div 0,0026 = 51.885 \text{ Ha} \quad 51.900 \text{ Ha}$$

③ Superficie capaz para la explotación como arrozal

La superficie que debe regarse para el sistema de rotación de cultivos, es decir, uno año de soja - tres años de arroz, establecido en el plan de cultivo, será de tres cuartas partes de la superficie explotada como arrozal, es decir, 51.900 Ha.

Por consiguiente, la superficie capaz para la explotación como arrozal según la cantidad de agua utilizable será la siguiente.

$$51.900 \div (3/4) = 69.200 \text{ Ha}$$

1-3-2 Establecimiento de alternativas

El concepto básico para el establecimiento de alternativas para el plan de riego es que el efectuar la explotación de arrozales en esta región según, a lo sumo, la cantidad existente de agua no es necesariamente la óptima.

para utilizar agua de energía potencial baja, se necesita elevar el agua por medio de bombeo. Por otra parte, como se describe en el Capítulo "Plan de cultivo," el producto que puede cultivarse más eficientemente en esta región mediante la realización de riego es el arroz, y para elevar su eficiencia de explotación, es menester ampliar la superficie explotada para los arrozales.

Para establecer un plan óptimo armonizando estas dos condiciones contrarias, se introducirá el concepto de economía de empresa. Es decir, tenemos por regla realizar, para el área que puede regarse naturalmente, la explotación para arrozal, y para el área que debe regarse por medio de bombeo, se realizará la obra de riego, si se satisface la racionalidad económica.

En forma concreta, se procede a establecer tres alternativas basándose en las condiciones arriba dichas, y efectuar para cada alternativa el cálculo del costo de empresa y de rendimiento, y seleccionar una alternativa óptima, para determinar el plan de riego definitivo. A continuación, se establecerán tres alternativas.

(1) Alternativa 1

En la región objeto del proyecto, se explotarán como arrozales aquellas áreas que pueden regarse por gravedad, y las demás áreas se utilizarán como campos o praderas.

A continuación, se da la aproximación de la superficie beneficiada por la división de utilización de terreno.

Arrozales	52.000 Ha (cantidad de agua de riego 101,4 m ³ /seg)
Cultivos secanos	41.940 Ha
Praderas	13.420 Ha
<hr/>	
Total	107.360 Ha

Puesto que en la cuenca del río Yabebyry también se realiza la explotación de arrozales, se hace necesario efectuar el mejoramiento de drenaje de este río. (Fig. 1-4)

(2) Alternativa 2

En la región objeto del proyecto, al oeste del canal de drenaje troncal del centro, es decir, en la cuenca del río Yabebyry, no se realiza explotación de arrozales, pero al este de aquél, se realiza la explotación de arrozales, incluido el riego por bombeo. Las demás áreas, es decir,

cuenca del río Yabebyry, se limitará a recibir un mejoramiento de drenaje más simple, y se utilizará como cultivos secanos o praderas. (Fig. 1-5)

A continuación, se da la aproximación de la superficie beneficiada por la división de utilización de terreno.

Arrozales	53.760 Ha (cantidad de agua de riego 104,8 m ³ /seg)
Area de riego por gravedad	40.580 Ha (79,1 m ³ /seg)
Area de riego por bombeo	13.180 Ha (25,7 m ³ /seg)
Cultivos secanos	38.000 Ha
<hr/>	
Total	107.360 Ha


(3) Alternativa 3

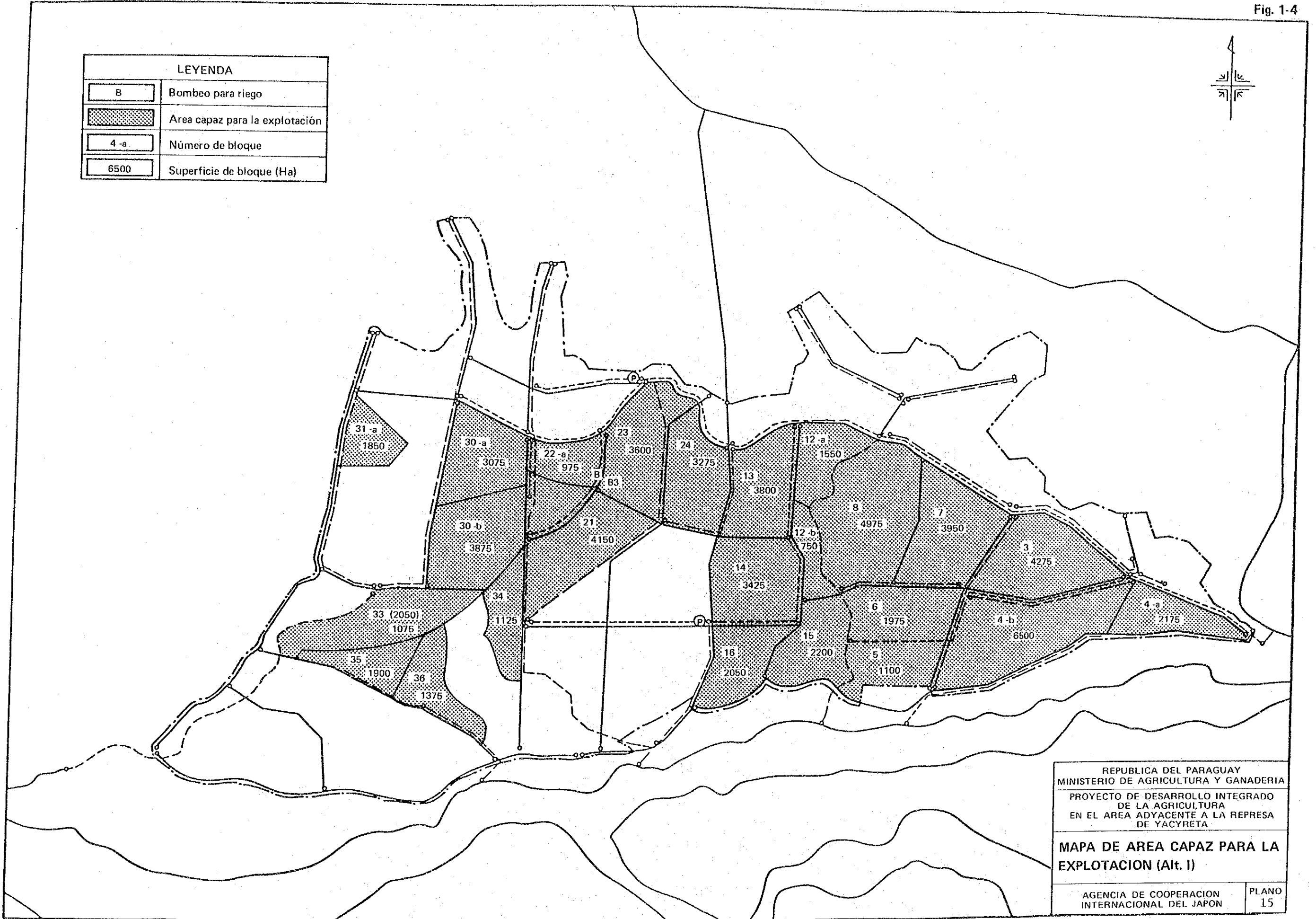
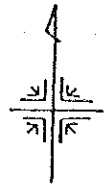
En la región objeto del proyecto, se realizará en lo posible la explotación de arrozales utilizando todas las aguas existentes, y el restante se utilizará como cultivos secanos o pradera.

A continuación, se resume la superficie beneficiada por la división de utilización de terreno. (Fig. 1-6)

Arrozales	69.200 Ha (cantidad de agua de riego 134,9 m ³ /seg)
Area de riego por gravedad	44.960 Ha (87,6 m ³ /seg)
Area de riego por bombeo	10.480 Ha (20,4 m ³ /seg)
Area de riego por aguas utilizadas repetidas veces	9.880 Ha (19,3 m ³ /seg)
Area de riego por agua saliente	3.880 Ha (7,6 m ³ /seg)
Cultivos secanos	33.380 Ha
Praderas	4.780 Ha
<hr/>	
Total	107.360 Ha

Fig. 1-4

LEYENDA	
B	Bombeo para riego
	Area capaz para la explotación
4 -a	Número de bloque
6500	Superficie de bloque (Ha)



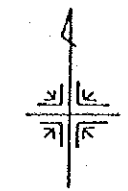
REPUBLICA DEL PARAGUAY
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
 PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO
 DE LA AGRICULTURA
 EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
 DE YACYRETA

**MAPA DE AREA CAPAZ PARA LA
 EXPLOTACION (Alt. I)**

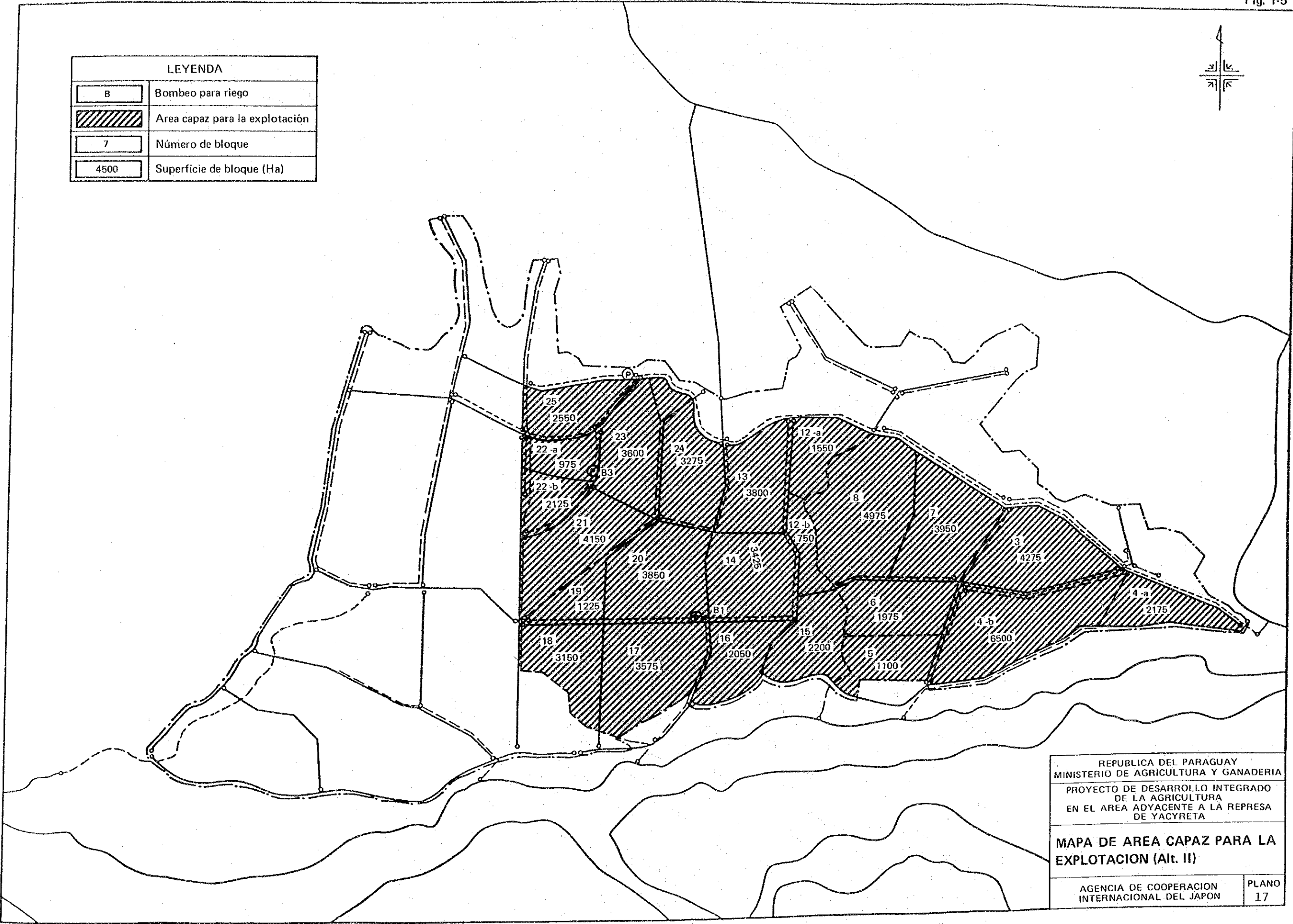
AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

PLANO
 15

Fig. 1-5



LEYENDA	
B	Bombeo para riego
	Area capaz para la explotación
7	Número de bloque
4500	Superficie de bloque (Ha)




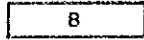
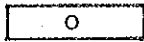
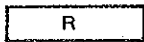
REPUBLICA DEL PARAGUAY
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
 PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO
 DE LA AGRICULTURA
 EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
 DE YACYRETA

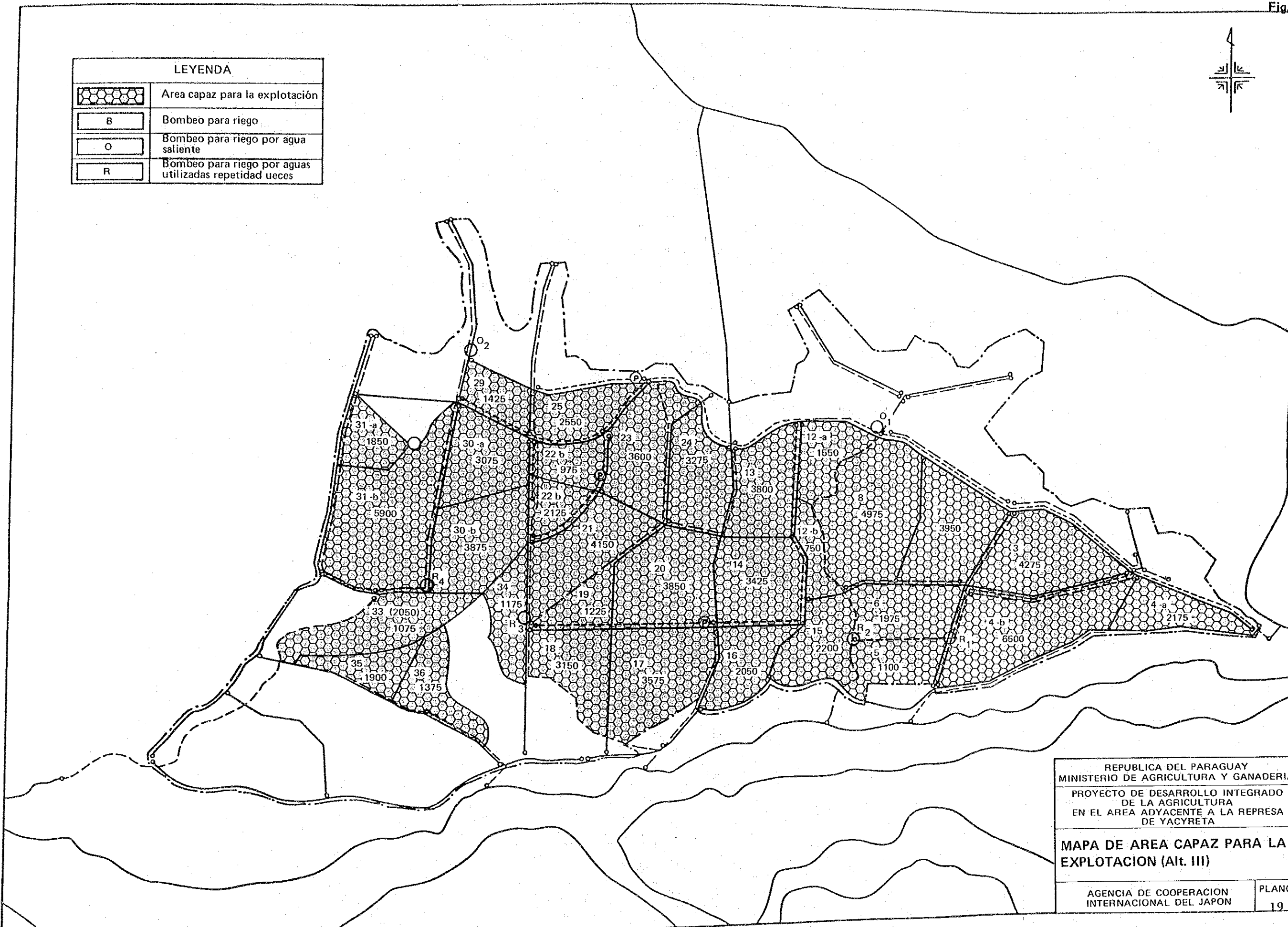
**MAPA DE AREA CAPAZ PARA LA
 EXPLOTACION (Alt. II)**

AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

PLANO
 17



LEYENDA	
	Area capaz para la explotación
	Bombeo para riego
	Bombeo para riego por agua saliente
	Bombeo para riego por aguas utilizadas repetidad ueces



REPUBLICA DEL PARAGUAY
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
 PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO
 DE LA AGRICULTURA
 EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
 DE YACYRETA

**MAPA DE AREA CAPAZ PARA LA
 EXPLOTACION (Alt. III)**

AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

PLANO
 19

1-3-3 Cantidad y costo de empresas

En la Cuadro 1-1, se indican la superficie explotada como arrozal, superficie de cultivo de arroz, la necesidad o no de riego por bombeo, etc., por el bloque de riego, de acuerdo con el plan de riego establecido para el segundo año.

Basándose en éstos, están calculados la cantidad y costo de empresas, tales como instalaciones de parcela, canales de riego y de drenaje, caminos, instalaciones de bombeo, etc., los que se indican en los Cuadros 1-2 a 1-12.

Cuadro 1-1 (1) Bloques que Están Relacionados a cada Alternativa

Subproyecto 1							
No. de bloque	Arrozales		Riego (N o P)	Alternativa			Observaciones
	Explotado	Arroz		1	2	3	
	ha	ha					
3	3.420	2.565	N	o	o	o	Canal de riego troncal
4-a	1.740	1.305	N	o	o	o	" "
4-b	5.200	3.900	N	o	o	o	Canal de riego principal 1
5	880	660	N	o	o	o	" "
6	1.580	1.185	N	o	o	o	" "
7	3.160	2.370	N	o	o	o	Canal de riego troncal
8	3.980	2.985	N	o	o	o	" "
Subtotal	(Explotado)			19.960	19.960	19.960	
	(N)			19.960	19.960	19.960	

Nota: 1. N y P en el ítem de riego significan que se puede regar por gravedad y por bombeo, respectivamente.

2. Los números de bloque y las superficies son aquéllos que fueron medidos y ajustados otra vez en el tercer año, y los demás ítems son iguales a los que fueron usados en el segundo año.

Cuadro 1-1 (2) Bloques que Están Relacionados a cada Alternativa

Subproyecto 2

No. de bloque	Arrozales		Riego (N o P)	Alternativa			Observaciones
	Explotado	Arroz		1	2	3	
	ha	ha					
12-a	1.240	930	N	o	o	o	Canal de riego troncal
12-b	600	450	N	o	o	o	Canal de riego principal 2
13	3.040	2.280	N	o	o	o	Canal de riego troncal
14	2.740	2.055	N	o	o	o	Canal de riego principal 2
15	1.760	1.320	N	o	o	o	" "
16	1.640	1.230	N	o	o	o	" "
17	2.860	2.145	P ₁	x	o	o	" "
18	2.520	1.890	P ₁	x	o	o	" "
19	980	735	P ₁	x	o	o	" "
20	3.080	2.310	P ₁	x	o	o	" "
21	3.320	2.490	N	o	o	o	Canal de riego troncal
22-a	780	585	N	o	o	o	Canal de riego principal 4
22-b	1.700	1.275	P ₃	x	o	o	Canal de riego troncal
23	2.880	2.160	N	o	o	o	" "
24	2.620	1.965	N	o	o	o	" "
25	2.040	1.530	P ₂	x	o	o	Canal de riego principal 3
Subtotal	(Explotado)			20.620	33.800	33.800	
	(N)			20.620	20.620	20.620	
	(P)			-	13.180	13.180	

Cuadro 1-1 (3) Bloques que Están Relacionados a cada Alternativa

Subproyecto 3							
No. de bloque	Arrozales		Riego (N o P)	Alternativa			Observaciones
	Explotado	Arroz		1	2	3	
	ha	ha					
29	1.140	855	P ₂	x	x	o	Canal de riego principal 3
30-a	2.460	1.845	N	o	x	o	Canal de riego principal 4
30-b	3.100	2.325	N	o	x	o	Canal de riego principal 5
31-a	1.480	1.110	N	o	x	o	Canal de riego principal 4
	(2.880)	(2.160)				(2.880)	
31-b	4.720	3.540	P ₅	x	x	Δ	" "
33	860	645	N	o	x	o	Canal de riego principal 6
34	900	675	N	o	x	o	Canal de riego troncal
35	1.520	1.140	N	o	x	o	" " "
36	1.100	825	N	o	x	o	Canal de riego principal 9
39	4.260	3.195	P ₄	x	x	x	Canal de riego principal 8
40	1.960	1.470	P ₄	x	x	x	" "
41	1.580	1.185	P ₄	x	x	x	" "
42	1.600	1.200	P ₄	x	x	x	" "
Subtotal	(Explotado)			11.420	-	15.440	
	(N)			11.420	-	11.420	
	(P)			-	-	4.020	
TOTAL	(Explotado)			52.000	53.760	69.200	
	(N)			52.000	40.580	52.000	
	(P)			-	13.180	17.200	

Cuadro 1-2 Resumen Numérico por Alternativa de las Instalaciones de Parcela

Unidad: Km, excepto para la superficie y la densidad

Nombre de instalación	Densidad (m/Ha)	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3		Observaciones
		Arrozales	Cultivos secanos	Arrozales	Cultivos secanos	Arrozales	Cultivos secanos	
Superficie de área (Ha)	-	65.000	52.425	67.200	47.500	86.500	41.725	
Camino ramal	9,3	604,5	487,6	625,0	441,8	804,5	388,0	
Camino de cruce (en parcela)	3,2	208,0	167,8	215,0	152,0	276,8	133,5	
Camino de cultivo (a lo largo del canal de drenaje pequeño)	18,9	1.228,5	(990,8)	1.270,1	(897,8)	1.634,9	(788,6)	
Camino de cultivo (a lo largo del canal de drenaje ramal)	18,4	1.196,0	964,6	1.236,5	874,0	1.591,6	767,7	
Canal de riego ramal	18,6	1.209,0	-	1.249,9	-	1.608,9	-	
Canal de riego pequeño	19,8	1.287,0	-	1.330,6	-	1.712,7	-	
Canal de drenaje ramal	9,5	617,5	498,0	638,4	451,3	821,8	396,4	
Canal de drenaje pequeño	20,8	1.352,0	1.090,4	1.397,8	988,0	1.799,2	867,9	
Bordo (a lo largo del canal de riego ramal)	18,2	1.183,0	-	1.223,0	-	1.574,3	-	
Bordo (a lo largo del canal de riego pequeño)	19,7	1.280,5	-	1.323,8	-	1.704,1	-	
Bordo (a lo largo del canal de drenaje pequeño)	20,5	1.332,5	-	1.377,6	-	1.773,3	-	

Cuadro 1-3 Resumen Numérico por Alternativa de las Instalaciones de Cruce en Parcela

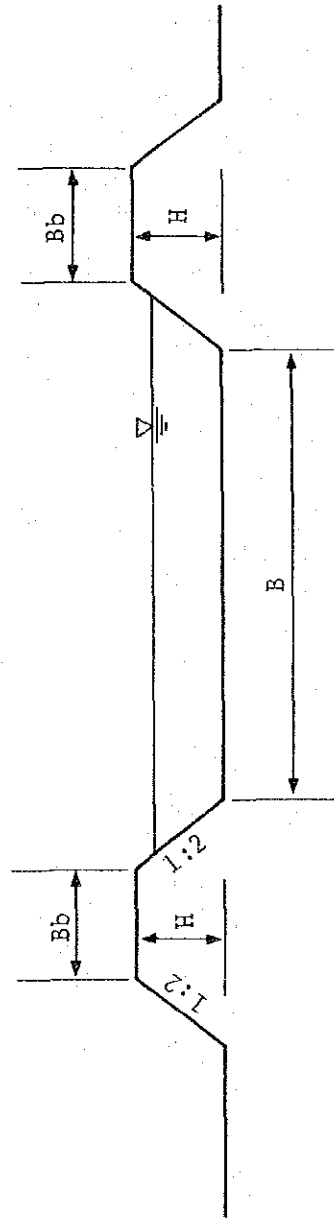
Nombre de instalación de cruce	Densidad /100Ha	Unidad: punto								
		Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3				
		Arrozales	Cultivos secanos	Total	Arrozales	Cultivos secanos	Total	Arrozales	Cultivos secanos	Total
Superficie de área (ha)	-	65.000	52.425	-	67.200	47.500	-	86.500	41.725	-
Canal de riego ramal x camino de cultivo	2,99	1.944	-	1.944	2.009	-	2.009	2.586	-	2.586
Canal de riego ramal x camino de cruce	0,59	384	-	384	396	-	396	510	-	510
Canal de drenaje ramal x camino de cruce	0,32	208	168	376	215	152	367	277	134	411
Canal de drenaje pequeño x camino de cultivo	3,77	2.451	1.976	4.427	2.533	1.791	4.324	3.261	1.573	4.834

Cuadro 1-4 Resumen Numérico por Alternativa de las Estructuras de Canal de Riego (1/2)

Nombre de canal	Inclinación	Alt. 1				Alt. 2				Alt. 3			
		Cantidad de agua de riego m ³ /s	H	B	Bb	Cantidad de agua de riego m ³ /s	H	B	Bb	Cantidad de agua de riego m ³ /3	H	B	Bb
Canal de riego troncal	1/20.000	50,7	2,0	60	10	52,5	2,0	60	10	57,8	2,0	65	10
Canal de riego principal No. 1	1/10.000	7,5	1,5	10	5	7,5	1,5	10	5	7,5	1,5	10	5
Canal de riego principal No. 2	1/15.000	6,6	1,5	10	5	15,8	1,5	25	10	13,9	1,5	25	10
Canal de riego principal No. 3	1/10.000	-	-	-	-	2,0	1,2	3	2	3,1	1,2	5	3
Canal de riego principal No. 4	1/20.000	7,6	1,5	15	5	0,8	1,1	2	2	10,5	1,5	20	10
Canal de riego principal No. 5	1/20.000	3,0	1,2	7	3	-	-	-	-	3,0	1,2	7	3
Canal de riego principal No. 6	1/7.000	0,9	0,9	2	2	-	-	-	-	0,9	0,9	2	2
Canal de riego principal No. 7	1/8.000	1,1	1,0	2	2	-	-	-	-	1,1	1,0	2	2
Canal de riego anexo a No. R ₂	1/20.000	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9	1,2	10	5
Canal de riego anexo a No. R ₃	1/20.000	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	1,5	12	5
Canal de riego anexo a No. R ₄	1/20.000	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	1,5	10	5

Cuadro 1-4 Resumen Numérico por Alternativa de las Estructuras de Canal de Riego (2/2)

- Nota: 1. La sección estándar media de un canal será la que puede pasar un medio de la cantidad de agua de riego necesaria para la superficie dominada.
2. La profundidad de agua será menos de un medio de fondo, con un límite superior de 2m.
3. El límite superior e inferior de cresta será 10m y 2m, respectivamente.



Cuadro 1-5 Resumen Numérico por Alternativa de Canales de Riego

Nombre de canal	Plan del segundo año	Alt. 1			Alt. 2			Alt. 3		
		Extensión	Superficie dominada	Cantidad de agua de riego	Extensión	Superficie dominada	Cantidad de agua de riego	Extensión	Superficie dominada	Cantidad de agua de riego
	km	km	Ha	m ³ /s	km	Ha	m ³ /s	km	Ha	m ³ /s
Canal de riego troncal	92,0	86,4	52.000	101,4	61,5	53.800	104,9	86,4	59.300	115,6
Canal de riego principal No. 1	22,0	22,0	7.660	14,9	22,0	7.660	14,9	22,0	7.660	14,9
Canal de riego principal No. 2	34,4	22,2	6.740	13,1	34,4	16.180	31,6	34,4	14.180	27,7
Canal de riego principal No. 3	13,7	-	-	-	8,6	2.040	4,0	13,7	3.180	6,2
Canal de riego principal No. 4	23,7	23,7	7.820	15,2	5,9	780	1,5	23,7	10.700	20,9
Canal de riego principal No. 5	6,0	6,0	3.100	6,0	-	-	-	6,0	3.100	6,0
Canal de riego principal No. 6	10,0	10,0	860	1,7	-	-	-	10,0	860	1,7
Canal de riego principal No. 7	9,0	9,0	1.100	2,1	-	-	-	9,0	1.100	2,1
Canal de riego principal No. 8	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canal de riego anexo a R ₂	-	-	-	-	-	-	-	9,0	2.000	3,9
Canal de riego anexo a R ₃	-	-	-	-	-	-	-	12,5	3.540	6,9
Canal de riego anexo a R ₄	-	-	-	-	-	-	-	4,5	2.760	5,4

Nota: 1. La superficie dominada será la superficie beneficiada, es decir, superficie explotada para arrozal.
 2. La cantidad de agua de riego se calcula por la superficie dominada.
 3. Si las aguas utilizadas repetidas veces o las aguas salientes de la zona de colinas del norte se dejan entrar en un canal de riego, estas aguas se consideraran como dedicadas a la superficie dominada por aquel canal de riego.

Cuadro 1-6 Resumen Numérico por Alternativa de Caminos Principales

Nombre de camino	Extensión en el segundo año	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Observaciones																								
	km	km	km	km	Cantidad de tierra de camino principal por metro																								
Camino principal No. 1	11,8				<p>$(10+13) \times 1/2 \times 1,0 = 11,5 \text{ m}^3 \text{ m}$</p>																								
" No. 2	10,4																												
" No. 3	13,6	13,6	8,0																										
" No. 4	23,5	23,5	23,5	23,5																									
" No. 5	14,8	14,8	14,8	14,8	División																								
" No. 6	19,6	19,6	19,6	6,0	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Montón de tierra</th> <th colspan="2">Gravas puestas</th> </tr> <tr> <th>Extensión</th> <th>Cantidad de tierra</th> <th>Extensión</th> <th>Cantidad</th> </tr> <tr> <th>km</th> <th>$\times 10^3 \text{ m}^3$</th> <th>km</th> <th>$\times 10^3 \text{ m}^2$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alt. 1</td> <td>241,3</td> <td>2.775</td> <td>257,2</td> </tr> <tr> <td>Alt. 2</td> <td>216,0</td> <td>2.484</td> <td>257,2</td> </tr> <tr> <td>Alt. 3</td> <td>210,5</td> <td>2.421</td> <td>257,2</td> </tr> </tbody> </table>	Montón de tierra		Gravas puestas		Extensión	Cantidad de tierra	Extensión	Cantidad	km	$\times 10^3 \text{ m}^3$	km	$\times 10^3 \text{ m}^2$	Alt. 1	241,3	2.775	257,2	Alt. 2	216,0	2.484	257,2	Alt. 3	210,5	2.421	257,2
Montón de tierra		Gravas puestas																											
Extensión	Cantidad de tierra	Extensión	Cantidad																										
km	$\times 10^3 \text{ m}^3$	km	$\times 10^3 \text{ m}^2$																										
Alt. 1	241,3	2.775	257,2																										
Alt. 2	216,0	2.484	257,2																										
Alt. 3	210,5	2.421	257,2																										
" No. 7	13,3	13,3		13,3																									
" No. 8	12,0	12,0		12,0																									
" No. 9	18,7	18,7		18,7																									
" No. 10	11,0																												
" No. 11	5,2																												
" No. 12	9,3	9,3	9,3	9,3																									
" No. 13	19,4	19,4	19,4	19,4																									
" No. 14	27,5	27,5	27,5	10,7	* En cada alternativa, no hay cambio básico sobre el plan de caminos del segundo año. El hecho de que en esta tabla se presentan cambios se debe a la reposición con los diques de canal de riego troncal o principal.																								
" No. 15	10,4	10,4	10,4	10,4																									
" No. 16	12,3	3,1	3,0																										
" No. 17	13,0	3,0																											
" No. 18	11,4	11,4		11,4																									
Total	257,2																												

Cuadro 1-7 Resumen Numérico por Alternativa de los Caminos Administrativos de Cruce

Nombre de camino	Segundo año	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	
	km	km	km	km	
Camino administrativo No. 1	5,6	5,6	5,6	5,6	
" " No. 2	6,9	6,9	6,9	6,9	
" " No. 3	15,0	15,0	15,0	15,0	
" " No. 4	9,5	9,5	-	9,5	
" " No. 5	17,5	11,9	-	11,9	
" " No. 6	14,0	-	-	-	
" " No. 7	9,0				
" " No. 8	1,0	1,0	1,0	1,0	
" " No. 9	34,5	34,5	34,5	34,5	Atinguy
" " No. 10	2,9	2,9	2,9	2,9	
" " No. 11	2,3	2,3		2,3	
" " No. 12	8,5	8,5	-	8,5	
" " No. 13	29,4	29,4		29,4	Yabebyry
" " No. 14	1,2	1,2	1,2	1,2	Toma de agua
Subtotal	157,3				
Camino de cruce (a lo largo de canal de riego)	461,3	374,9	309,7	346,3	
-	618,6	512,6	417,5	484,4	

Cuadro I-8 Resumen Numérico por Alternativa de la Especificación de Bomba

	Alternativa 2	Alternativa 3
P ₁	Superficie beneficiada 9.440 Ha Volumen de bombeo 18,4 m ³ /seg Altura de bombeo 2,5 m	Superficie beneficiada 5.900 Ha Volumen de bombeo 11,5 m ³ /seg Altura de bombeo 2,5 m
P ₂	Superficie beneficiada 2.040 Ha Volumen de bombeo 4,0 m ³ /seg Altura de bombeo 2,0 m	_____
P ₃	Superficie beneficiada 1.700 Ha Volumen de bombeo 3,3 m ³ /seg Altura de bombeo 2,5 m	Igual que la izquierda
P ₄	_____	Superficie beneficiada 2.880 Ha Volumen de bombeo 5,6 m ³ /seg Altura de bombeo 2,5 m
	Alternativa 3	
R ₁	Superficie beneficiada A = 1.580 Ha Volumen de bombeo Q = 3,1 m ³ /seg Altura de bombeo H = Profundidad de canal de drenaje + Pérdida + Altura de dique de canal de riego = 4,2 + 1,5 + 2,0 = 7,7 = 8 m * Se conduce al canal de riego principal No. 1.	
R ₂	A = 2.000 Ha Q = 3,9 m ³ /seg H = 5,0 + 1,5 + 0 = 6,5 m * Canal anexo a R ₂ 9 km Cruce del camino principal No. 13	
R ₃	A = 3.540 Ha Q = 6,9 m ³ /seg H = 5,5 + 1,5 + 0 = 7,0 m * Canal anexo a R ₃ 12,5 km Cruce del camino principal No. 14	
R ₄	A = 2.760 Ha Q = 5,4 m ³ /seg H = 4,5 + 1,5 + 0 = 6,0 m * Se conduce al canal troncal a través del canal anexo a R ₄	
O ₁	A = 1.120 Ha Q = 2,2 m ³ /seg H = 3,5 + 1,5 + 2,0 = 7,0 m * Se conduce al canal troncal.	
O ₂	A = 2.760 Ha Q = 5,4 m ³ /seg H = 4,5 + 1,5 + 0 = 6,0 m * (Enumeración separada como el canal de riego principal No. 3)	

Cuadro 1-9 Resumen Numérico por Alternativa de los Canales de Riego

Nombre de canal	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Dren de interceptación No. 1	7,5 km	7,5 km	7,5 km
" " No. 2	9,5	9,5	9,5
" " No. 3	10,5	10,5	10,5
" " No. 4	11,1	11,1	11,1
Canal de drenaje principal No. 1	21,7	21,7	21,7
" " " No. 2	12,0	12,0	12,0
" " " No. 3	13,3	13,3	13,3
" " " No. 4	-	-	-
" " " No. 5	-	-	-
" " " No. 6	8,8	8,8	8,8
" " " No. 7	11,5	11,5	11,5
" " " No. 8	24,9	24,9	24,9
" " " No. 9	3,2	3,2	3,2
" " " No.10	37,1	42,2	42,2
" " " No.11	17,0	-	23,5
" " " No.12	18,9	-	18,9
" " " No.13	13,3	-	13,3
" " " No.14	-	-	-
Atinguy	34,5	34,5	34,5
Yabebyry	24,6	-	24,6

Cuadro 1-10 Resumen Numérico por Alternativa de las Estructuras

Nombre	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Viaducto Anchura 15 m	20	17	22
" " 10 m	12	11	17
" " 8 m	104	73	124
Puente de canal	10	9	10
Cruce de camino de canal de drenaje ramal ℓ = 15 m	90	75	90
Cruce de camino de canal de drenaje ramal ℓ = 10 m	52	39	63
Cruce de camino de canal de drenaje ramal ℓ = 8 m	321	236	335
Cruce de camino de canal riego ramal de obras de derivación ℓ = 15 m	168	124	168
Cruce de camino de canal riego ramal de obras de derivación ℓ = 10 m	123	131	150
Cruce de camino de canal riego ramal de obras de derivación ℓ = 8 m	187	97	187
Cruce de camino de canal de riego principal de obras de derivación	8	6	8
Puerta de chequeo	16	16	16
Lugar de bombeo	-	3	8
Boca de salida	4	4	4
Obras de evacuación	12	12	12
Pavimentación por grava (camino troncal)	181 km	144 km	181 km
Pavimentación por grava (camino principal)	149,5	135,5	199,6

Cuadro 1-11 Resumen Numérico por Alternativa de los Caminos Troncales

Nombre de camino	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	
Camino troncal No. 1	43,0 km	43,0 km	43,0 km	43,0
" " No. 2	36,5	20,0	36,5	36,5
" " No. 3	43,0	43,0	43,0	43,0
" " No. 4	4,0	3,0	4,0	30,5
" " No. 5	13,3	13,3	13,3	13,3
" " No. 6	-	-	-	32,7
" " No. 7	21,7	21,7	21,7	21,7
" " No. 8	19,5	-	19,5	34,8
TOTAL	181,0	144,0	181,0	

Cuadro 1-12 Resumen Numérico por Alternativa del Costo Directo de Construcción

Unidad Mil Gs

División	Tipo de obras	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Observaciones	
Arreglo de parcela	Arrozal	2.020.000	2.088.000	2.688.000		
Movimiento de tierra	Camino troncal	439.016	349.272	439.016		
	Camino principal	223.503	202.573	298.402		
	Camino administrativo	44.326	20.677	44.326		
	Canal de riego troncal	671.674	478.101	671.674		
	Canal de riego principal	576.433	489.633	828.095		
	Dren de interceptación	817.922	817.922	817.922		
	Canal de drenaje principal	5.989.401	5.452.593	6.510.491		
Estructuras	Atinguy	2.317.676	2.317.676	2.317.676		
	Yabebyry	3.223.144	-	4.285.910		
	Viaducto	7.063.942	5.911.965	8.339.494		
	Puente de canal	3.094.000	3.021.113	3.094.000		
	Cruce de camino de canal de drenaje ramal	1.426.003	1.085.079	1.500		
	Cruce de camino de canal de riego ramal de obras de derivación	2.612.761	1.931.777	2.758.210		
	Cruce de camino de canal de riego principal de obras de derivación	430.910	233.173	430.910		
	Puerta de chequeo	946.667	946.667	946.667		
	Punto de bombeo	-	516.667	1.672.500		
	Boca de salida	193.553	193.553	193.553		
	Obras de evacuación	89.293	89.293	89.293		
	Pavimentación	Camino troncal	870.429	692.496	870.429	
		Camino principal	145.809	132.155	194.672	
TOTAL		33.196.462	26.970.385	38.991.564		
Modificación		33.196.000	26.970.000	38.992.000		

1-3-4 Efecto de empresa

Estrictamente hablando, al estimar el efecto de una empresa, se hace necesario calcular la tasa de rendimiento interior utilizando un precio económico. Aquí, sin embargo, se procederá a calcular la tasa de rendimiento interior utilizando el precio financiero, ya que el contenido de empresa de las tres alternativas no difiere considerablemente de una alternativa a otra y que, para estudiar el efecto de riego, se tiene en cuenta solamente el rendimiento del arroz. Las tasas de rendimiento interior obtenidas de esta manera no presentan necesariamente una cifra exacta, pero pueden usarse como índice comparativo entre las tres alternativas. Para obtener cada tasa de rendimiento interior, se toman los siguientes supuestos.

- ① El rendimiento de arroz por superficie unitaria será de 5 toneladas en términos de cáscara. Además, como el precio en el jardín de arroz se usará el de 1983, 55 Gs/kg.
- ② La inversión inicial para la explotación agrícola será de 1,5 veces más que el rendimiento bruto.
- ③ El costo de administración agrícola será de un 60% del rendimiento bruto.
- ④ La vida del proyecto será de 50 años.
- ⑤ El período de construcción será de 10 años y a cada año se le reparte costo de empresa en igual cantidad.
- ⑥ El costo de administración y mantenimiento será de un 2% del costo de empresa.
- ⑦ El rendimiento se producirá a los tres años después del inicio de las obras y aumentará cada año en 1/10 de la superficie beneficiada. A los doce años después del inicio de las obras, se obtendrá un rendimiento del 100%.

El Cash Flow de cada alternativa que se ha obtenido con los supuestos citados se indica en el Cuadro 1-13.

La tasa de rendimiento interior de cada alternativa es:

Alternativa 1	8,5%
Alternativa 2	10,1%
Alternativa 3	9,6%

Esto indica que la alternativa 2 tiene el efecto económico más alto.

A base de este resultado, decidimos establecer un plan de riego que pretende efectuar explotación de arrozales en el lado este del canal de drenaje del centro y, en algunas partes, introducir la elevación del agua por bombeo, ya que se aclaró que esto no perjudicaría la economía del proyecto. Por otra parte, en cuanto al lado oeste del canal de drenaje troncal del centro, decidimos establecer un plan de riego que utilizaría más eficientemente la situación actual, sin efectuar excavación para canales de gran escala.

Cuadro 1-13 Cash Flow de Cada Alternativa

División	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	~	50
(Alternativa 1)																
Costo de empresa (52.000 ha)	Costo de empresa	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320	3.320
	O & M	66	199	133	199	266	332	398	465	531	598	664	664	664	664	664
	Total	3.386	3.519	3.453	3.519	3.586	3.652	3.718	3.785	3.851	3.918	4.000	4.064	4.128	4.192	4.256
Balance de explotación agrícola	Inversión	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145	2.145
	Rendimiento bruto	1.430	2.860	4.290	5.720	7.150	8.580	10.010	11.440	12.870	14.300	15.730	17.160	18.590	20.020	21.450
	Costo de administración	858	1.716	2.574	3.432	4.290	5.148	6.006	6.864	7.722	8.580	9.438	10.296	11.154	12.012	12.870
	Total	(2.145)	(1.575)	(1.001)	(429)	143	715	1.287	1.859	2.431	3.003	3.575	4.147	4.719	5.291	5.863
Cash Flow neto		(3.320)	(5.531)	(5.026)	(4.520)	(4.015)	(3.509)	(3.003)	(2.498)	(1.992)	(1.487)	(982)	(477)	(22)	273	578
																Tasa de rendimiento interior = 8,5%
(Alternativa 2)																
Costo de empresa (53.760 ha)	Costo de empresa	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697	2.697
	O & M	54	162	108	162	216	270	324	378	432	485	539	593	647	701	755
	Total	2.751	2.859	2.805	2.859	2.913	2.967	3.021	3.075	3.129	3.182	3.236	3.290	3.344	3.398	3.452
Balance de explotación agrícola	Inversión	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218	2.218
	Rendimiento bruto	1.478	2.957	4.435	5.914	7.392	8.870	10.349	11.827	13.306	14.784	16.262	17.741	19.219	20.697	22.175
	Costo de administración	887	1.774	2.661	3.548	4.435	5.322	6.209	7.096	7.983	8.870	9.757	10.644	11.531	12.418	13.305
	Total	(2.218)	(1.627)	(1.035)	(444)	148	739	1.330	1.922	2.513	3.105	3.696	4.288	4.879	5.471	6.062
Cash Flow neto		(2.697)	(4.969)	(4.432)	(3.894)	(3.257)	(2.619)	(1.982)	(1.345)	(707)	(69)	530	1.061	1.592	2.123	2.654
																Tasa de rendimiento interior = 10,1%

Cuadro I-13 Cash Flow de Cada Alternativa (2)

División	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	~	50
(Alternativa 3)																
Costo de empresa (69.200 ha)	Costo de empresa	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899				
	O & M		78	156	234	312	390	468	546	624	702	780	780	780	780	780
	Total	3.899	3.977	4.055	4.133	4.211	4.289	4.367	4.445	4.523	4.601	4.679	4.757	4.835	4.913	4.991
Balance de explotación agrícola	Inversión		2.855	2.855	2.855	2.855	2.855	2.855	2.855	2.855	2.855					
	Rendimiento bruto		1.903	3.806	5.709	7.612	9.515	11.418	13.321	15.224	17.127	19.030	19.030	19.030	19.030	19.030
	Costo de administración			1.142	2.284	3.425	4.567	5.709	6.851	7.993	9.134	10.276	11.418	11.418	11.418	11.418
	Total	(3.899)	(2.855)	(2.094)	(1.333)	(571)	190	951	1.712	2.473	3.235	4.000	4.761	5.522	6.283	7.044
Cash Flow neto		(3.899)	(6.832)	(6.149)	(5.466)	(4.782)	(4.099)	(3.416)	(2.733)	(2.050)	(1.366)	(6.071)	6.832	6.832	6.832	6.832
																Tasa de redimimiento interior = 9,5% (9.552)

CAPITULO 2

PROYECTO DE IRRIGACION

CAPÍTULO 2 PROYECTO DE IRRIGACIÓN

2-1 Método de planeamiento y conceptos básicos

Antes de planear el presente proyecto de desarrollo agrícola, han comenzado las obras de la construcción de la Represa de Yacyretá. Conforme al Tratado de Yacyretá, concerniente a la construcción de dicha represa, los dos países Paraguay y Argentina, han llegado a un acuerdo con respecto a sus derechos de tomar un caudal de agua para riego de $108 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Este desarrollo agrícola se basa en la premisa de que el agua obtenida se utilice eficazmente para el presente proyecto, habiéndose propuesto la agricultura por irrigación destinada al cultivo de arroz con riego.

Generalmente, el plan de riego podrá clasificarse en tres: plan de conducción de agua, el cual constituye una base de los dos siguientes planes; plan de fuente de agua; y plan de canal de riego.

El plan de conducción de agua constituye un fundamento del plan de riego, y se hará el cálculo del caudal de agua requerido para el cultivo basándose en la situación actual del área de proyecto y en otros planes conexos.

Al hacer dicho cálculo también se deben tener en cuenta tanto las condiciones de suelo como las precipitaciones efectivas.

En el plan de fuente de agua, se hará el cálculo del caudal de agua a ser tomado en base al plan de conducción de agua considerando la superficie requerida de riego en el plan de uso de tierras.

Para calcular la capacidad de instalaciones de fuente de agua se determinará el caudal de agua para riego disponible basándose en los datos meteorológicos e hidrológicos así como en las condiciones socioeconómicas del lugar de la toma de agua.

En el plan de canal de riego, se determinará el sistema de riego conforme al plan de uso de tierras, y se fijarán los caudales de agua para riego y sus secciones de canal basándose en el plan de conducción de agua.

Asimismo se hará el planeamiento sobre las instalaciones necesarias para el control de los canales de riego tales como: estructura de derivación, compuerta de revisión, canal de descarga, etc.

En la Fig. 2-1 se señala el procedimiento de los trabajos relativos al plan de riego.

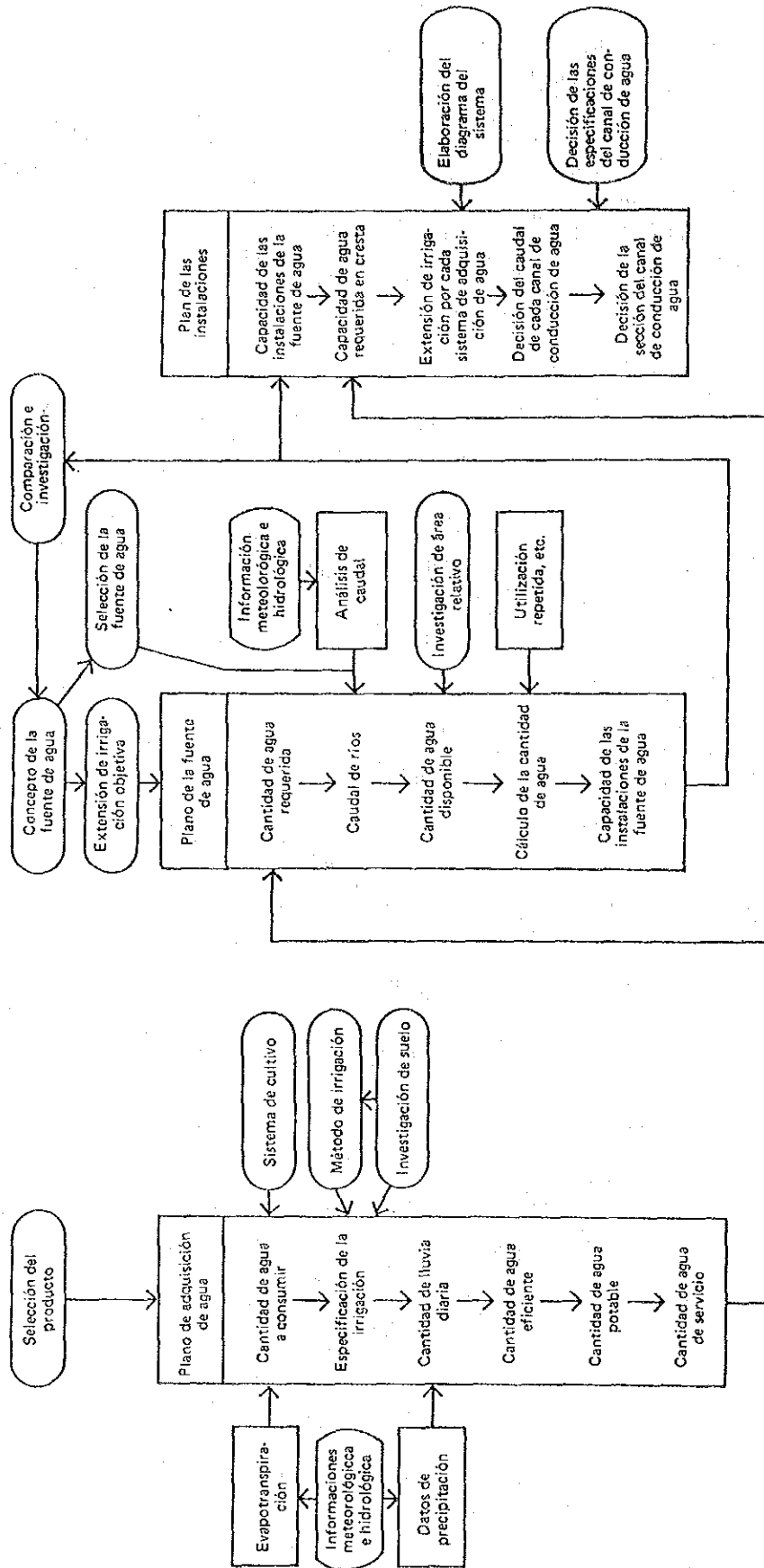


Fig. 2-1 Método de planeamiento de riego

Sin embargo, en el presente proyecto, la fuente de agua ha sido fijada por el Tratado de Yacyretá, existiendo la posibilidad de que este caudal de agua fijado pueda limitar la superficie objetiva de riego.

Además las instalaciones de toma de agua están incluidas en el proyecto de la Represa de Yacyretá.

Considerando lo anterior, en el presente proyecto se podrá omitir casi todo el plan de fuente de agua.

Como el principal propósito de este proyecto consiste en la obra de riego destinada al cultivo de arroz, es necesario establecer un plan de riego más eficiente.

Sin embargo, observando desde el punto de vista del caudal absoluto del agua para riego, será difícil preparar toda la tierra del área de proyecto como arrozales.

Por ello para establecer un plan de desarrollo de arrozal económicamente más eficaz, es necesario proponer tres alternativas del plan de riego, y sobre cada una de estas se harán estudios de carácter técnico y económico para determinar la propuesta definitiva.

En cuanto a las tres alternativas, ya se han expresado detalladamente en el Capítulo anterior, y en el presente Capítulo se describe un plan más económico.

El trigo y la soja son productos del tipo de utilización de tierra, que requieren una gran extensión de tierra, no pudiéndose por lo tanto adoptar un sistema de irrigación por surcos. Y debido a las características de precipitación, un sistema de irrigación costoso no puede ser eficaz.

En el cultivo de legumbres y algodón de pequeña escala, se requiere agua de riego cuando echan raíces y crecen. Pero en este caso, como la cantidad requerida es pequeña, la utilización del agua del pozo será más económica.

Además, en cuanto a la soja en el sistema de rotación de cultivos, como el período de florecimiento que requiere agua de riego no coincide con el período de cresta del cultivo de arroz, y como no existen problemas en que necesita el riego de surcos, la parcela podrá efectuarse un riego de superficie.

Frente a esta situación, no se efectúa el plan de irrigación concerniente a la huerta.

El proyecto de irrigación se establece en base a la siguiente política.

Al planificar este proyecto de irrigación, se prestará atención a los siguientes puntos, de acuerdo con la política básica antes mencionada.

- (1) La región objeto de la irrigación será la tierra destinada a la rotación de cultivos de arroz y soja.
- (2) Para decidir la extensión objetiva el vaso para el control de avenidas y la tierra con arbustos serán restados de la extensión destinada al desarrollo, y además, un 20% será destinado como el espacio para las instalaciones, tierra para viviendas y la tierra de altura.
- (3) El sistema de obtención de agua y el bloque de irrigación se decidirán considerando los caminos y ríos existentes y el sistema del canal de drenaje recientemente proyectado.
- (4) La ubicación de los canales de conducción de agua se planeará utilizando el mapa topográfico de 1/50000.
- (5) Como principio, el canal de conducción de agua será del tipo de canal abierto de tierra y se colocará en la posición lo más alta posible.
- (6) La irrigación será por riego por gravedad o por el sistema con bomba.

2-2 Investigación para el proyecto de irrigación

Tal como se ha explicado anteriormente, para establecer el proyecto, hay que decidir las especificaciones del mismo.

Dentro de las especificaciones del proyecto, está la precipitación eficaz y el plan de la fuente de agua que se deciden por los datos meteorológicos, y la cantidad de infiltración y la calidad del agua que se deciden por el resultado de la investigación local, además de algunos otros factores que se deciden por el valor lógico deducido de una observación de larga duración.

Se ha efectuado la investigación de la lámina de riego para determinar la cantidad de agua requerida para el arrozal de regadío, pero como el período de observación es corto, ésta ha sido decidida por los datos obtenidos de acuerdo al cálculo lógico. Además, para determinar la cantidad de agua para la inundación inicial, se han realizado la investigación de las propiedades físicas del suelo, el estudio de la relación de entrada y la investigación de la calidad de agua de riego.

Aunque el resultado de estos estudios e investigaciones no ha sido utilizado directamente para decidir todas las especificaciones del proyecto,

éste ha sido estudiado suficientemente junto con los valores lógicos y experimentales para decidir definitivamente las especificaciones del mismo.

2-2-1 Lámina de riego del arrozal

Para decidir la cantidad de agua para el proyecto del arrozal de regadío, la evapotranspiración es un factor indispensable.

Para decidir la evapotranspiración, hay dos métodos, uno es un método que utiliza los datos obtenidos de la lámina de riego y la cantidad de infiltración, y el otro es un método por el cual se efectúa el cálculo lógico con los datos meteorológicos.

En Paraguay, no se ha efectuado hasta la fecha la medición de la lámina de riego y además, como no se disponen de los datos medidos sobre la lámina de riego y la cantidad de infiltración, estos datos han sido obtenidos utilizando el arrozal de regadío donde se está cultivado el arroz dentro de la región proyectada. Los siguientes son el resultado de la observación y sus métodos utilizados.

(1) Método

- ① Lugar de observación: Arrozal dentro de la finca de Bolf (Parte este de la región proyectada)
- ② Período de observación: Período de inundación desde diciembre de 1983 hasta marzo de 1984.
- ③ Hora de observación: A las 9 de la mañana
- ④ Items de observación:
 - a. Gasto diario
 - b. Temperatura ambiente
 - c. Temperatura del agua
 - d. Temperatura de la tierra
 - e. Altura del arroz
 - f. Nivel del agua subterránea
 - g. Tiempo
- ⑤ Equipos de observación: Medidor de lámina de riego del tipo N.
- ⑥ Instalación de equipos
 - a) En caso del gasto diario

Los equipos se han instalado bajo la condición en la cual se cultiva el arroz.

b) En caso de la caudal de percolación

Los equipos se han instalado en condición sin arroz, cubriéndose la parte superior con la lona impermeable, a fin de impedir la evaporación del agua.

c) Pozo de observación

Se excavó un agujero de 10 cm de diámetro interior y de 2,4 m de profundidad, dentro del cual se instaló un tubo de acero de 5 cm de diámetro interior. Se llenó con grava hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie de la tierra y se llenó arcilla encima de la grava para impedir la penetración del agua superficial.

⑦ Método de observación

a) Lámina de riego y caudal de percolación:

Lectura por medio del Medidor de nivel.

b) Nivel del agua subterránea: Lectura por medio de la escala.

⑧ Registro: Los datos se han registrado sobre los ítems de observación mencionados en 4 .

⑨ Otros

Especie del arroz: Blue Belle

Siembra: 6 de noviembre de 1983

(2) Resultado de la observación y consideración

Según el resultado de la observación efectuada, la lámina de riego se encuentra dentro de 2,0 - 16,0 mm/día y el valor medio durante el período de observación era de 7,7 mm/día, siendo la cantidad de infiltración de 1,0 - 4,0 mm/día.

La evapotranspiración era de 1,0 - 15,0 mm/día, siendo el valor medio de 6,4 mm/día.

El valor medio de la evapotranspiración se ha medido por cada 5 días desde el comienzo de la medición, realizándose el mismo procedimiento para la temperatura ambiente. El resultado del período de medición está representado en la Fig. 2-2. Generalmente la evapotranspiración es considerablemente afectada por la temperatura ambiente, la humedad, la velocidad de viento y la duración de insolación.

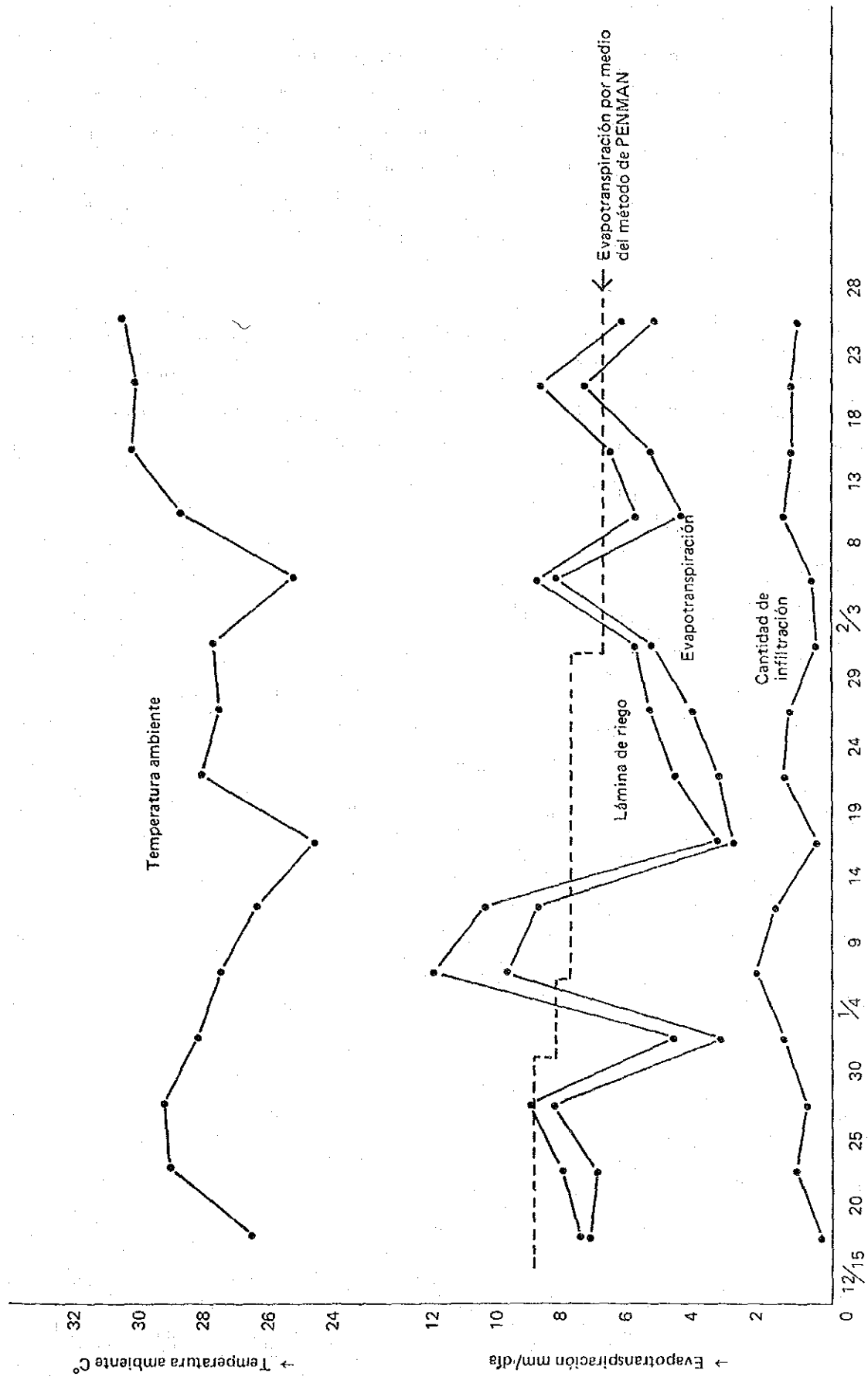


Fig. 2-2 Temperatura y evapotranspiración

2-2-2 Propiedades físicas del suelo

Con el fin de obtener los materiales para buscar la cantidad de agua requerida en el período inicial de la irrigación, dentro de la cantidad de agua requerida por cada etapa en el proyecto de irrigación, se han realizado la investigación y las pruebas sobre las propiedades físicas del suelo. A continuación se presenta el resultado de dicha prueba y los métodos utilizados.

(1) Método

Se tomó del suelo típico una muestra de 100 cc utilizando el cilindro dentro de la región proyectada, y fue medida por medio del dispositivo para medir las propiedades físicas del suelo. La cantidad de agua eficaz contenida se determinó utilizando dicho resultado.

(2) Resultado de la medición y consideración

En el Cuadro 2-1 se presenta el resultado concerniente de esta investigación.

En cuanto al resultado de cálculo sobre la cantidad del contenido del agua eficaz, era de 16 a 24% en Planosols, 12 a 27% en Regosols y de 20% en Acrisols, y el valor medio de cada caso era de 20% aproximadamente.

Al observar este valor, no hay mucha diferencia al comparar con el suelo típico del Japón.

Cuadro 2-1 Propiedades físicas del suelo (2)

Suelo	Profundidad cm	G	Ga	Relación de volumen (Saturación)		AM	Observaciones	
				Sv	Mv			
Planosols	7,5	2,6	1,49	57,1	42,9	21,5	Arrozal de regadío después de la siembra en la finca de Bolf	
	12,5	2,6	1,53	58,9	41,1	20,6		
	17,5	2,6	1,69	64,9	35,1	17,8		
	22,5	2,6	1,75	67,4	32,6	16,3		
Acrisols	7,5	2,6	1,47	56,7	43,3	21,7	Pradera a unos 22,5 km del camino de acceso	
	22,5	2,6	1,35	52,0	48,0	24,0		
	7,5	2,65	1,51	57,1	42,9	21,5		Tierra desnuda a unos 20,2 km del camino de acceso
	22,5	2,65	1,65	62,1	37,9	19,0		

G : Densidad real

Ga : Densidad provisional

Sv : Relación de volumen del sólido

Mv : Relación de volumen del líquido

AM : Contenido de agua eficaz
AM=1/2Mv (Estado saturado)

Cuadro 2-1 Propiedades físicas del suelo (1)

Suelo	Profundidad cm	G	Ga	Relación de volumen PF=1,5			Wp	AM	Observaciones
				Sv	Av	Mv			
				%	%	%	%	%	
Regosols (Re - f)	7,5	2,65	1,68	63,3	12,5	24,2	7,8	16,4	} Suelo arenoso rojo en la pradera en la finca de Bolf
	22,5	2,65	1,63	61,7	19,9	18,4	5,9	12,5	
Regosols (Re - c)	7,5	2,65	1,56	58,8	10,2	31,0	10,5	20,5	
	22,5	2,65	1,62	61,3	13,7	25,0	8,3	16,7	} Pradera de la finca de Rordon Ropez
Regosols (Re - c)	7,5	2,60	1,31	50,3	8,5	41,2	14,3	26,9	
	22,5	2,60	1,41	54,2	6,8	39,0	13,5	25,5	} Dique izquierdo del Río de Atinguy cerca de la carretera.

G: Densidad real Wp: Punto de marchitamiento permanente: $W_p=0,238F_c$ 1,102

Ga: Densidad provisional

AM: Contenido de agua eficaz: $A_M=F_c-W_p$

Sv: Relación de volumen del sólido

Fc: Cantidad de agua (PF=1,5)

Av: Relación de volumen de aire

Mv: Relación de volumen del líquido

Mv: Relación de volumen del líquido

2-2-3 Relación de entrada

Esta investigación es para buscar el grado de saturación del suelo y el resultado de la misma se utiliza para la decisión del método de irrigación.

(1) Método

Los dispositivos de medición son los siguientes: Cilindro de acero de 29 a 30 cm de diámetro y de 30 a 35 cm de altura, el medidor de nivel del líquido para medir el nivel de agua, y los accesorios para la instalación del cilindro.

En el sitio de medición, se instalaron los 3 cilindros por medio del metal especial para la instalación, en los cuales se suministró el agua y se midieron los niveles de agua por cada tiempo determinado.

El resultado obtenido que registrado en el papel cuadrangular que tiene la escala logarítmica en un lado, en la que el tiempo (t) se escribe en el lado de escala logarítmica y la cantidad de penetración acumulada (D) del otro lado, para representar gráficamente la relación de estos factores. Entonces, esta relación fue representada en la línea casi recta. Por lo tanto, se obtuvo la siguiente ecuación.

$$D = C.T^n, \text{ donde,}$$

D: Cantidad de penetración acumulada (mm)

C: Constante (Valor D, cuando T=1)

T: Tiempo transcurrido (min) desde el momento de suministro de agua

n: Constante (inclinación de la línea recta)

Aquí se realizó el análisis de regresión para buscar C y n arriba mencionados, cuyo resultado se utiliza para calcular la relación de entrada básica (I_B).

La relación de entrada básica (I_B) representa la infiltración de agua en el suelo no saturado, la cual se puede buscar por la siguiente ecuación

$$I_B = 60.C.n. \{600.(1-n)\}^{n-1}$$

(2) Resultado de la investigación y su consideración

En las Fig. 2-3 y 2-4, se presentan la ubicación de la investigación de la relación de entrada y sus resultados, y el resultado del cálculo de la relación de entrada básica se muestra en el Cuadro 2-2.

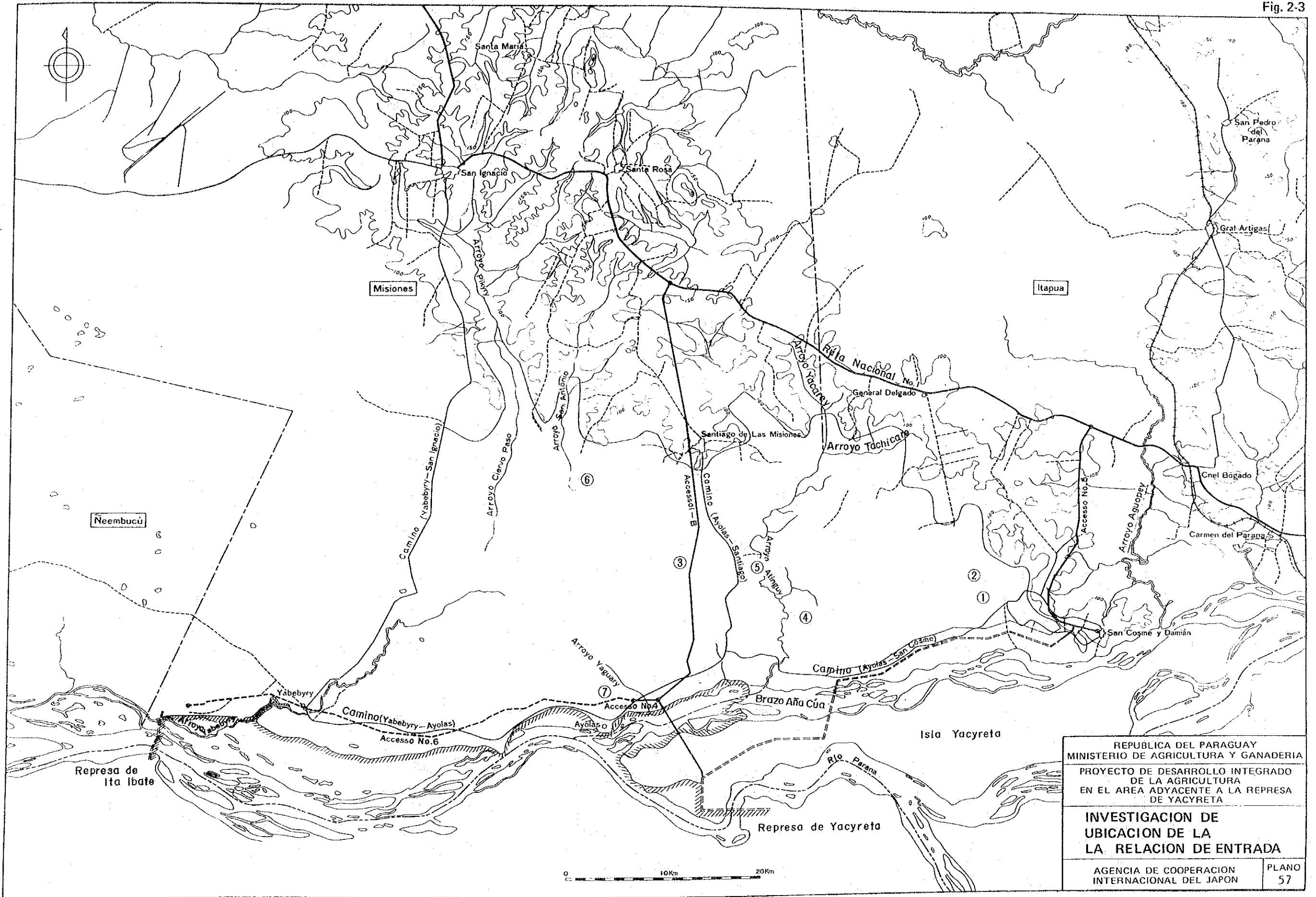
Según este resultado del cálculo, I_B que puede ser el índice de la penetración de agua es pequeña, salvo una parte de los datos de Regosols. Por lo tanto, puede ser necesario considerar la protección de erosión, dependiendo del método de irrigación.

Cuadro 2-2 Relación de entrada básica

Nº	Suelo	C	n	60C·n	n-1	I _B	Observaciones
① - 1	Planosols	1,30	0,50	39,0	-0,50	2,3	Arrozal de regadío antes de la siembra en la finca de Bolf
2		0,94	0,50	28,2	-0,50	1,6	
3		0,50	0,57	17,1	-0,43	1,6	
② - 1		1,60	0,56	53,8	-0,44	4,6	Vestigio del arrozal en la finca de Bolf
2		0,68	0,69	28,2	-0,31	5,8	
3		0,68	0,89	36,3	-0,11	22,9	
③ - 1		0,81	0,40	19,4	-0,60	0,6	Pantano de la finca de Sarandy
2		0,60	0,52	18,7	-0,48	1,2	
④ - 1	Regosols	0,26	0,37	5,8	-0,63	0,1	Tierra un poco alta del pantano de la finca de Pablo Mora
2		0,34	0,43	8,8	-0,57	0,3	
3		3,00	0,23	41,4	-0,77	0,4	
⑤ - 1		0,77	0,94	43,4	-0,06	35,0	Vestigio de arrozal de regadío
2		0,94	0,70	39,5	-0,30	8,3	
⑥ - 1		1,46	0,41	35,9	-0,59	1,1	Vestigios del arrozal
2		1,23	0,42	31,0	-0,58	1,0	
3		0,11	0,97	6,4	-0,03	5,9	
⑦ - 1		11,6	0,89	619,4	-0,11	390,7	Frutal de Ayolas (Naranja)
2		10,8	0,85	550,8	-0,15	280,5	

$$I_B = 60C \cdot n \cdot \{600 - (1-n)\}^{n-1} \text{ (mm/hr)}$$

Fig. 2-3



REPUBLICA DEL PARAGUAY MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA	
PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO DE LA AGRICULTURA EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA DE YACYRETA	
INVESTIGACION DE UBICACION DE LA LA RELACION DE ENTRADA	
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	PLANO 57

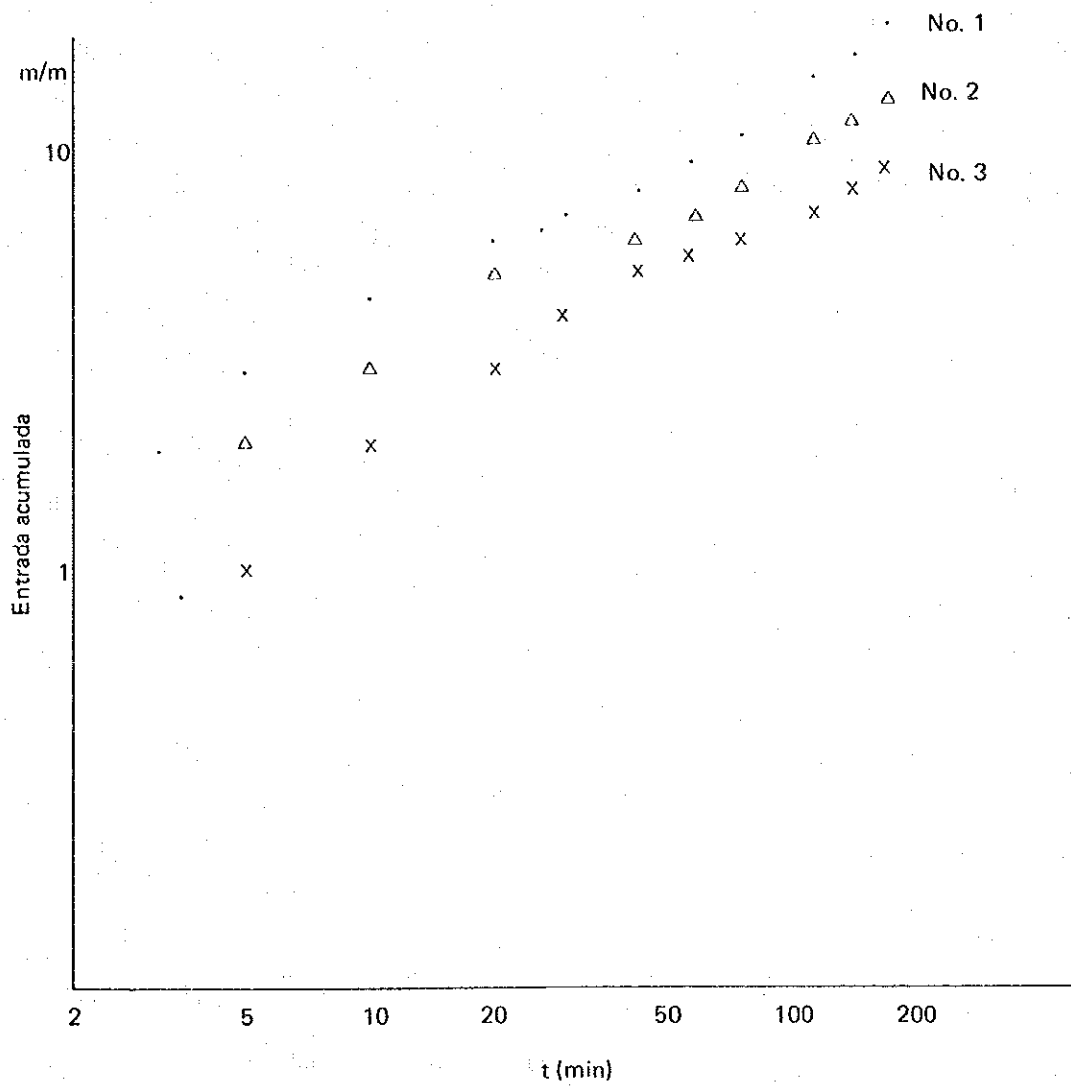
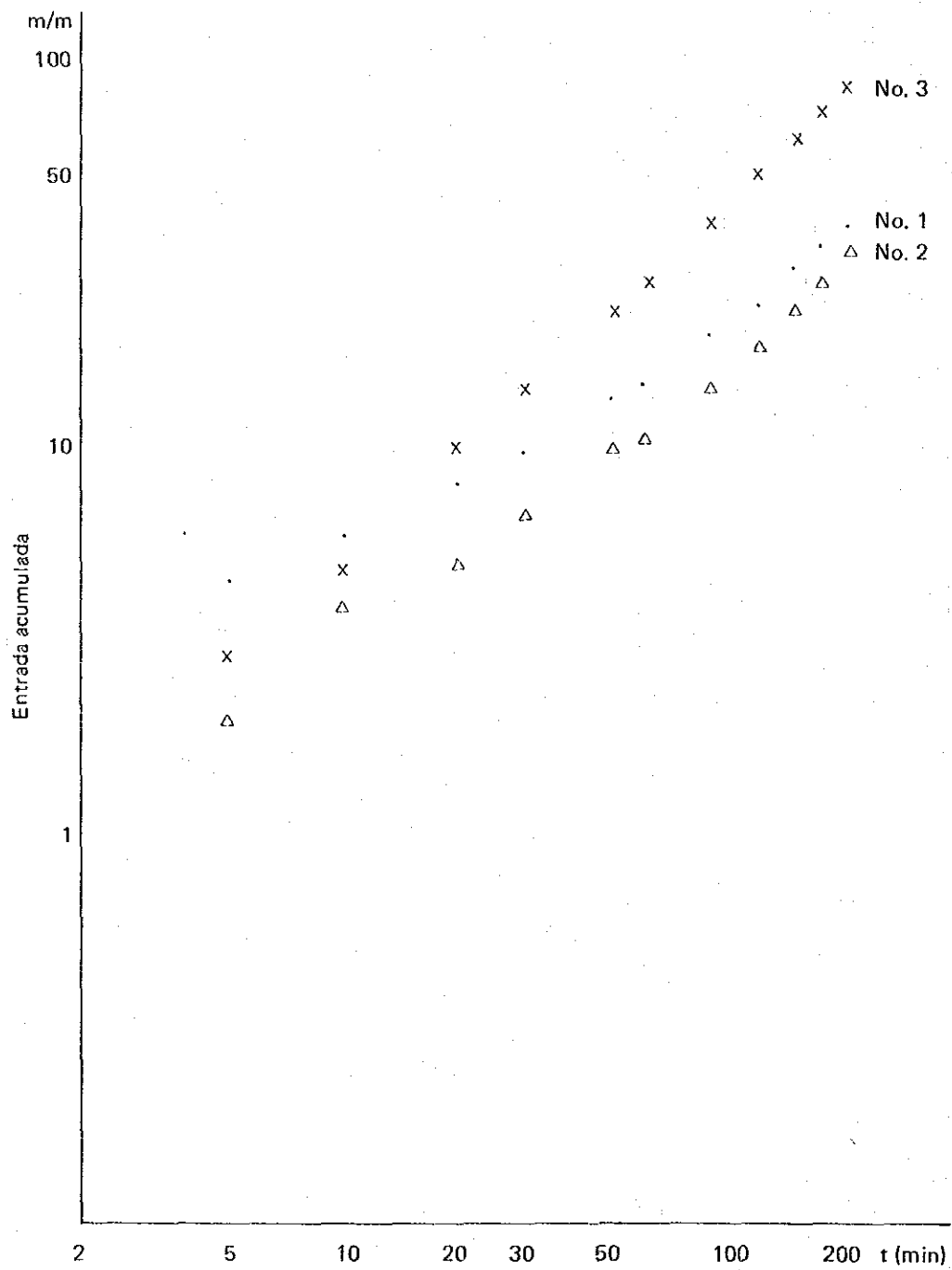


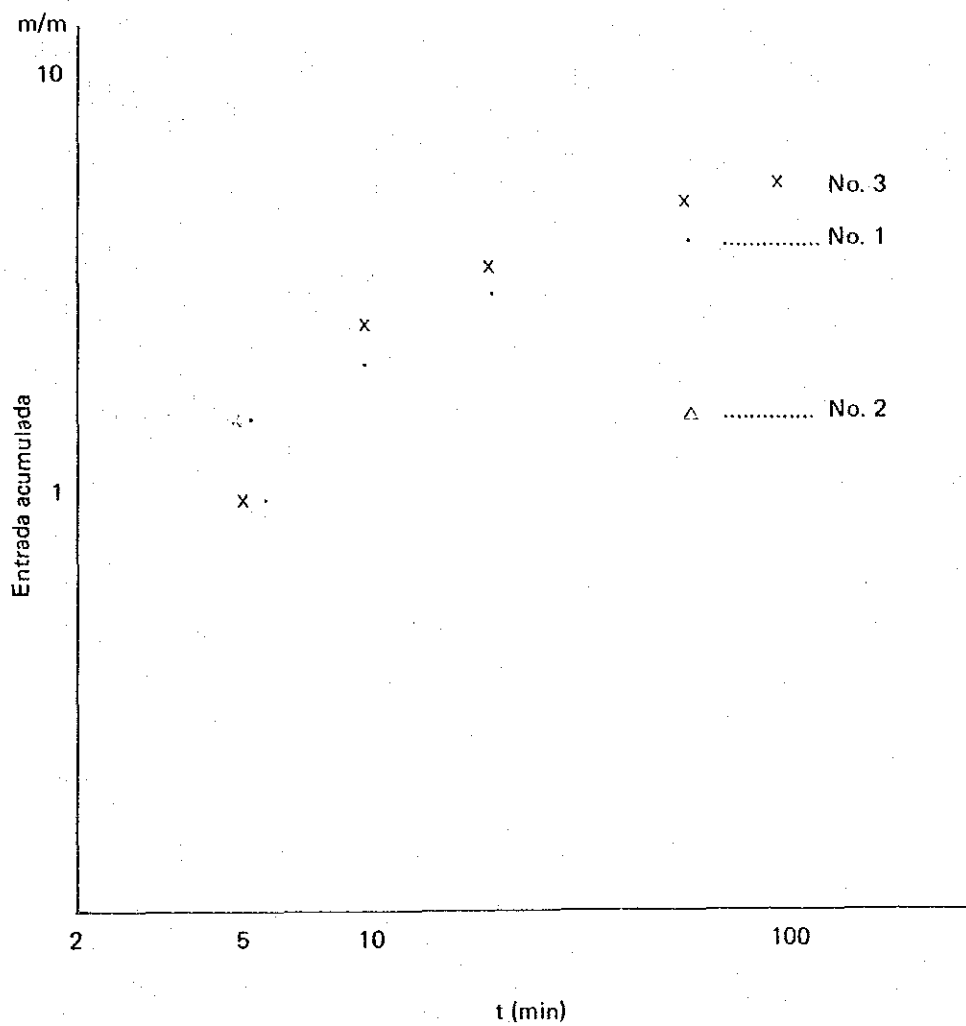
Fig. 2-4 Investigación de la relación de entrada (1)

Finca de Bolf — Arrozal antes de la siembra



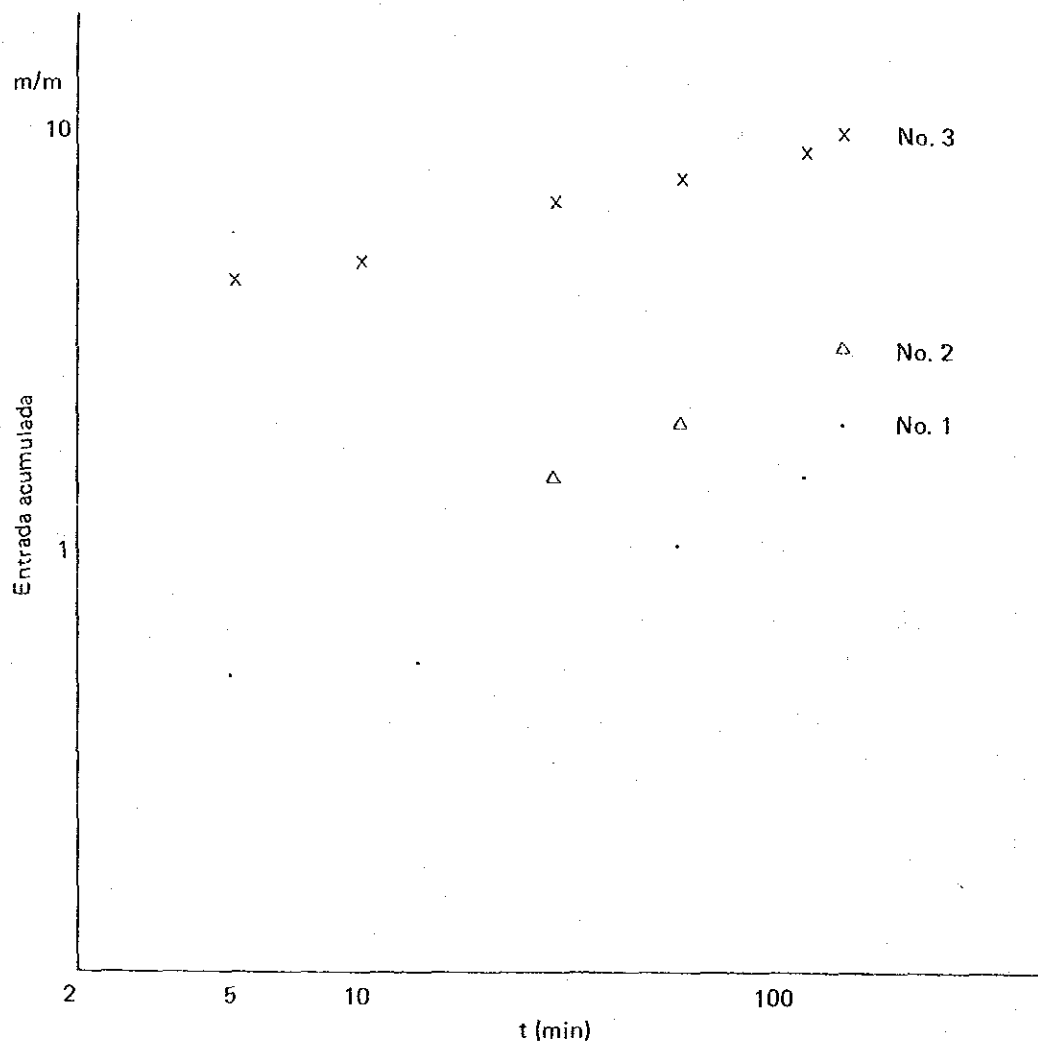
Investigación de la relación de entrada (2)

Finca de Bolf — Vestigio del arrozal de regadío

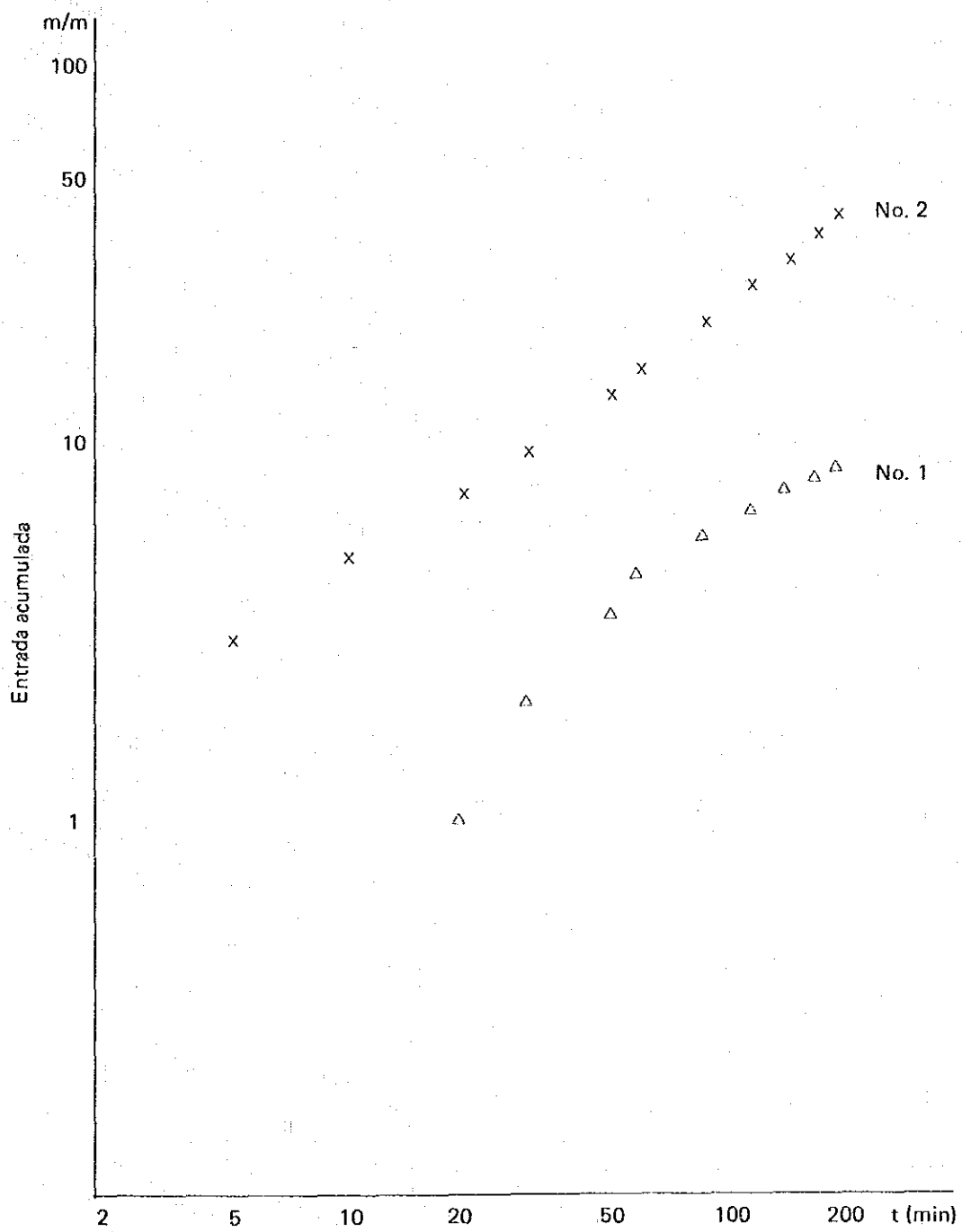


Investigación de la relación de entrada (3)

Pantano de Sarendy

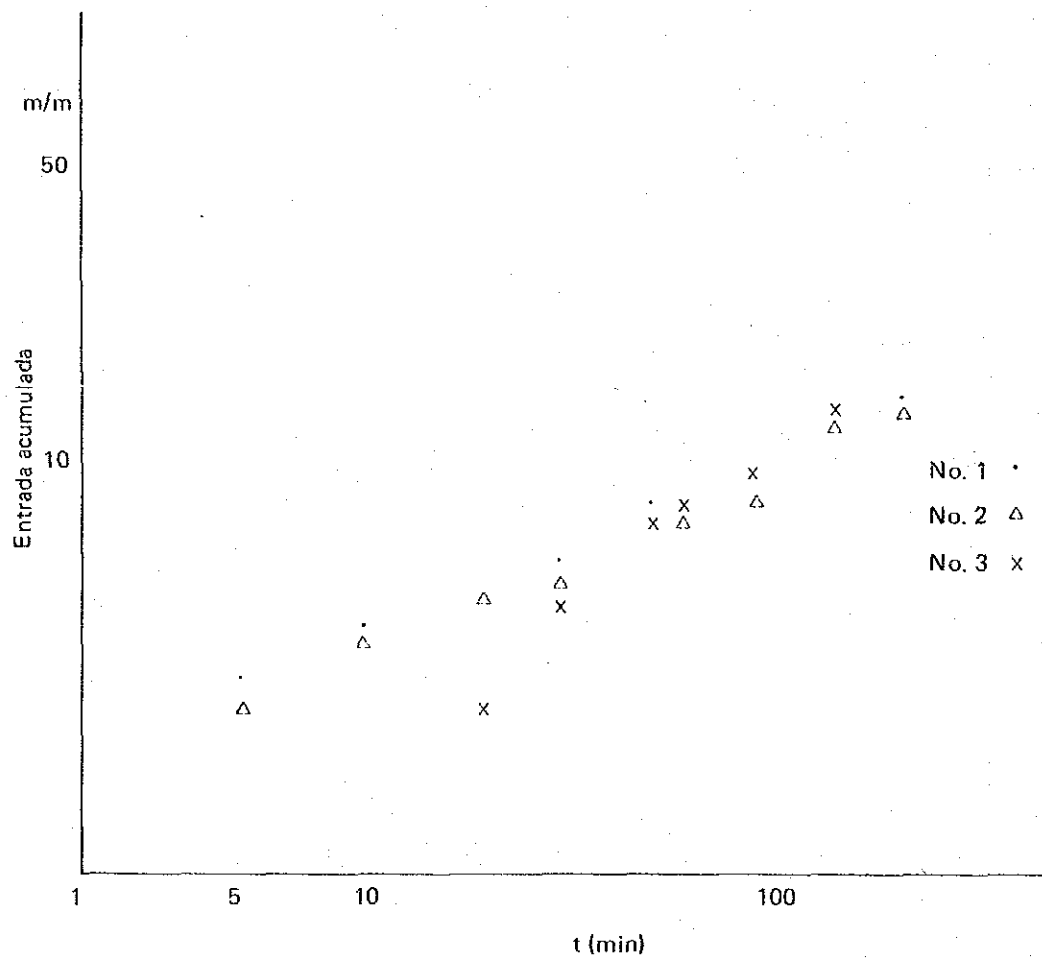


Investigación de la relación de entrada (4)
 Pantano de Pablo Mora



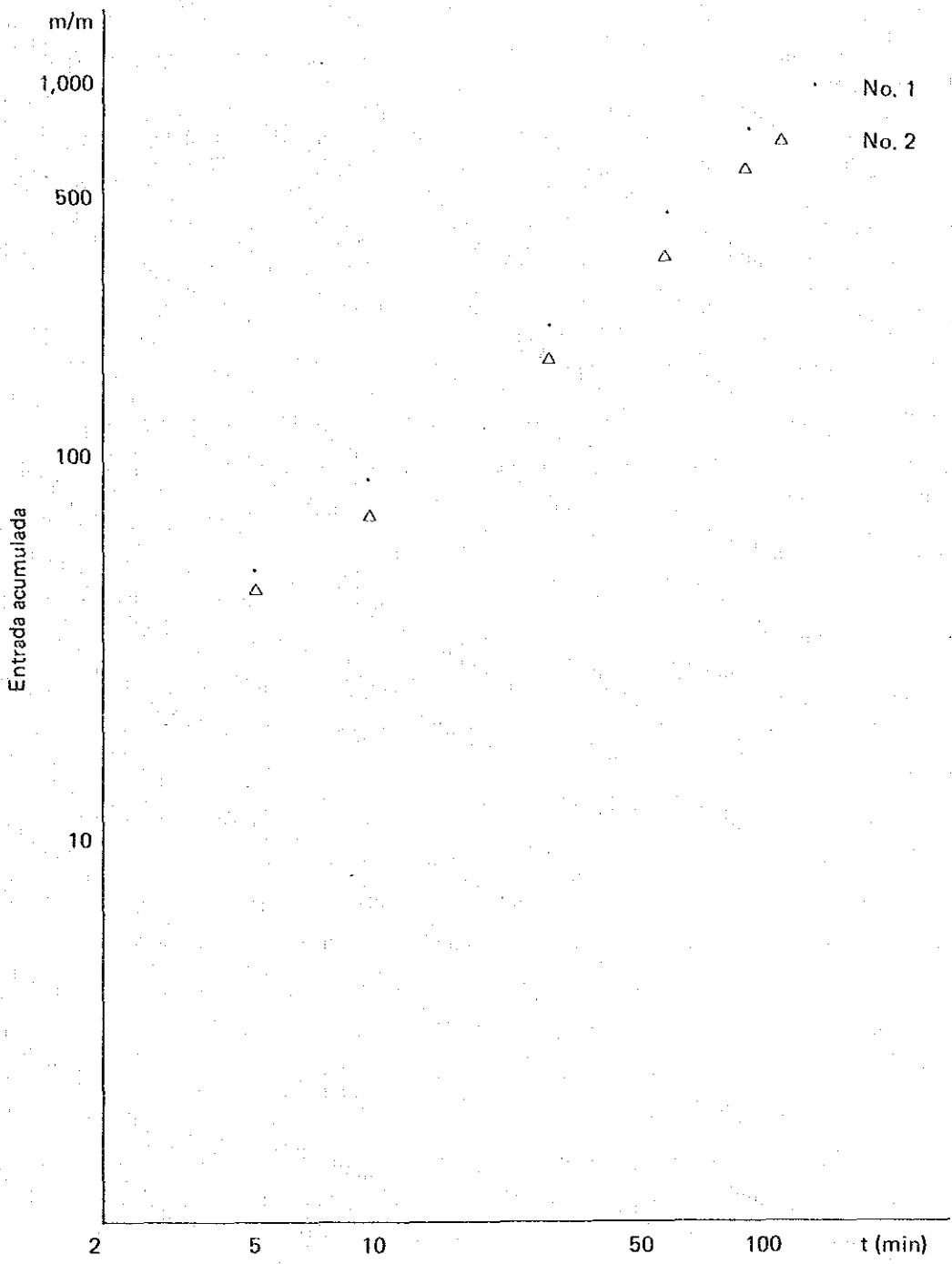
Investigación de la relación de entrada (5)

Arrozal no cultivado este año



Investigación de la relación de entrada (6)

Puesto Lomita -- Arrozal no cultivado este año



Investigación de la relación de entrada (7)
 Frutal de Ayolás (Naranja)

2-2-4 Calidad de agua

Esta investigación tiene por objeto juzgar la posibilidad de uso del agua de irrigación destinada a utilizarse en la región proyectada, en consideración a la calidad del agua.

(1) Método

En esta investigación, se tomaron el agua del río Paraná que se utiliza para la irrigación y el agua subterránea del pozo que se encuentra dentro de la región proyectada y se sometieron a la prueba de pH (acidez) por medio del método de electrodo de vidrio y a la prueba de EC (conductividad eléctrica).

(2) Resultado de medición y su consideración

En la Fig. 2-5 y Cuadro 2-3, se presenta respectivamente las ubicaciones de la prueba de la investigación y el resultado de la misma. En el Cuadro 2-4, se muestra el resultado de la investigación efectuada por el Organismo Público de Yacyretá.

Según estos resultados, el pH y la EC del Río Paraná no presentan problemas para ser utilizadas para la irrigación.

El pH del agua superficial es ligeramente mejor en la parte más baja del río que en la parte más alta, o sea, desde la parte norte de la región hacia el sur.

El pH del agua subterránea, salvo la de una parte de la región, presenta neutralidad o acidez débil, mostrando un valor más alto de pH logrado en la investigación del suelo. El agua subterránea que presenta acidez se encuentra relativamente en la parte interna y en la parte sudeste, lo cual puede ser por influencia de la roca madre. El agua subterránea que presenta neutralidad y alcalinidad débil se halla en los lugares relativamente altos que se supone son el vestigio del dique natural, presentando al mismo tiempo el EC un valor considerable.

Frente a estos resultados, en cuanto a la mayoría del suelo que se encuentra en la región proyectada, se puede esperar un efecto de ALCANCE por el agua de irrigación.

Cuadro 2-3(1) Investigación de la claidad del agua
(Agua superficial)

Ná	pH	Temperatura del agua en el momento de medición	EC	Temperatura del agua en el momento de medición	Observaciones
		°C	µs/cm	°C	
①	6,5	25,0	37	25,0	Agua de irrigación de Bolf desde M.
②	5,8	26,0	21	26,0	Canal de drenaje de Bordon L.
③	6,5	22,0	22	22,0	A" Antiguy en Listro
④	6,3	22,0	19	22,0	A" Atinguy cerca de Ea. Faustina
⑤	6,8	23,0	24	23,0	A" Atinguy en la puente
⑥	6,1	23,0	29	23,0	Canal en Marjal
⑦	5,3	25,0	21	25,0	Puesto Losi
⑧	5,6	23,0	24	23,0	Marja cerca de Sarandy
⑨	6,3	24,0	28	24,0	A" Ingua
⑩	6,6	20,0	26	20,0	Agua de irrigación del Puesto Limita
⑪	5,3	22,0	32	27,0	Puesto San R.
⑫	6,1	30,0	45	30,0	Marjal
⑬	6,7	22,0	55	22,0	A" Yaguary cerca de la ruta A
⑭	6,1	21,0	14	21,0	Marjal
⑮	7,3	20,0	116	20,0	Marjal
⑯	6,3	20,0	105	22,0	Marjal
⑰	6,2	24,0	26	24,0	Marjal
⑱	6,2	21,0	19	21,0	A" Yabebyry
⑲	5,7	25,0	20	22,0	Marjal
⑳	6,7	24,0	23	24,0	A" Yabebyry
㉑	7,1	22,0	43	22,0	Río Paraná en el puente

Método de medición: Método por electrodo de vidrio

Cuadro 2-3(2) Investigación de la calidad de agua
(Agua del Pozo)

Ná	pH	Temperatura del agua en el momento de medición	EC	Temperatura del agua en el momento de medición	Observaciones
		°C	µs/cm	°C	
①	6,7	25,0	37	25,0	Ea. Bolf
②	7,6	19,0	258	19,0	Puesto Cerrito
③	5,4	22,0	301	22,0	Ea. Caapucú (Listro)
④	5,3	23,0	19	23,0	Santiag
⑤	7,0	22,0	1.452	23,0	Casa que está cerca de Ruta
⑥	6,7	25,0	310	25,0	Cantera
⑦	6,8	22,0	380	22,0	Ea. Faustina
⑧	8,0	20,0	2.170	20,0	Puesto Lomita
⑨	7,3	24,0	784	24,0	Santa Tomasa
⑩	6,9	21,0	271	21,0	Ra lé
⑪	6,6	21,0	84	21,0	Colonia Coeyu
⑫	6,6	21,0	97	21,0	Colonia Coeyu (Escuela)
⑬	5,3	24,0	200	24,0	Casa que está cerca de Ruta
⑭	6,0	20,0	29	20,0	Agujero de barrena
⑮	6,0	22,0	19	22,0	"
⑯	5,4	20,0	52	20,0	"
⑰	4,3	20,0	2.520	20,0	"

Cuadro 2-4 Resultado de la prueba de la calidad de agua

Items	Posadas/Encarnacion	ITA-IBATE
Temperatura (°C)	25,0	26,0
Turbiedad (J.T.U)	26,1	40,0
Color (Unidades de APHA)	19,2	18,0
pH	7,5	7,4
Residuos totales (mg/l)	119,3	120,0
Calcio (mg/l)	5,9	6,0
Sulfato (mg/l)	3,6	2,0
Fosfato (mg/l)	< 0,03	< 0,03
Nitrato (mg/l)	0,24	0,24
Oxígeno disuelto (mg/l)	8,8	8,2
Saturación (%)	98,0	96,0
Demando de Oxígeno Bioquímico (mg/l)	1,3	1,2
Hierro	0,14	0,15
Bacterias coliformes (MPN/100 ml)	29 ~ 1.500	200 ~ 1.500

Fuente: Proyecto Yacyretá Ampliación De Los Informes A los Bancos Impacto Ambiental Del Proyecto Volumen 2 Enero 1978

2-3 Decisión de las Especificaciones del Proyecto

Tal como se ha explicado en el artículo de la metodología del proyecto (Refiérase a la Fig. 2-1), en este capítulo, se deciden las especificaciones del proyecto para establecer el plan de irrigación para el arroz. Lo que se tiene que decidir definitivamente en este proyecto es la envergadura de las instalaciones para irrigación y la extensión del campo, ya que la cantidad de agua disponible para la irrigación ya está decidida en base al proyecto de la Presa de Yacyretá.

El agua que se toma en la presa fluye por el canal de conducción de agua, durante lo cual se pierde una parte debido a la evaporación o la infiltración. No se puede utilizar necesariamente el 100% del agua que entra en la parcela para el cultivo, siendo necesario además suministrar más cantidad que la requerida para el cultivo. Además de las razones arriba mencionadas, será necesario descargar el agua según la condición de precipitación a fin de controlar el canal de conducción de agua, porque una parte del agua se convierte en agua estancada en la administración de las instalaciones y se produce la pérdida de agua sin ser usada eficazmente para el cultivo. Esto es un factor muy importante como la especificación del proyecto, que se denomina "Eficiencia de irrigación."

En el segundo lugar, hay otro factor importante: la cantidad de agua necesaria para el cultivo en la parcela. Esto se llama cantidad de agua requerida para el cultivo, siendo afectado por la evapotranspiración y la cantidad de infiltración. Esto es el más importante para el proyecto de irrigación y al mismo tiempo es la cantidad necesaria para el cultivo de productos en parcela.

No es necesario suministrar toda la cantidad requerida para el cultivo, pues hay precipitaciones durante el período de cultivo, las cuales se pueden utilizar para el mismo. Sin embargo, si la precipitación es demasiado pequeña o al contrario, si la precipitación es demasiado grande, no se puede destinar toda la cantidad para el cultivo.

Por lo tanto, el determinar la cantidad de agua efectiva que se puede utilizar para el cultivo de productos es un factor muy importante para el proyecto de irrigación. Considerando estas especificaciones del proyecto, se decide la cantidad de agua requerida por cada unidad del proyecto en el punto de toma de agua (pérdida en el canal de conducción de agua, precipitación eficaz, etc.) y en base a lo cual se decide la extensión

disponible para el campo a desarrollar. La disposición del arrozal de regadío y del canal de conducción del agua se decide por la investigación junto con el proyecto de utilización de terrenos, y después de que se decida la envergadura de cada instalación, se establece el conjunto del proyecto de irrigación.

2-3-1 Cantidad de agua para el producto

Para la decisión de la cantidad del agua para el producto, hay dos métodos: un método por la medición real y otro los datos meteorológicos. Especialmente en el caso del arrozal de regadío, hay un método por medición real que se representa por la medición de lámina de riego, que ha sido aplicado en esta investigación del proyecto desde diciembre de 1983 a febrero de 1984.

La evapotranspiración y la cantidad de agua requerida se calculan en base a los datos meteorológicos, las cuales se comparan con la lámina de riego medida y se someten a estudio para decidir la cantidad definitiva del agua para el cultivo.

Entre los métodos para buscar la evapotranspiración en base a los datos meteorológicos, hay varios métodos típicos: Método de Penman modificado, Método de Blaney-Criddle, Método de insolación y método de evaporación en el dispositivo. En este proyecto, se utiliza el método de Penman modificado por considerarse más fiel en FAO. Y por lo que se refiere al coeficiente del producto agrícola, se utilizaron los materiales de FAO.

(1) Método corregido de Penman

Este método corregido de Penman ha sido desarrollado en Gran Bretaña para buscar la evapotranspiración de la pradera, en base a la pérdida de evaporación (E_o) en la superficie abierta, considerando el coeficiente del producto agrícola obtenido experimentalmente. Por lo tanto, al aplicar este método en una región muy diferente de Gran Bretaña, con vientos fuertes y clima seco, se producirá un error significativo.

La ecuación del método de Penman se compone de los dos factores, o sea, la energía y la dinámica aérea, y la importancia relativa de cada factor varía según las condiciones meteorológicas. Por eso, se modificó una parte del método de Penman para poder aplicarse bajo condiciones más amplias, denominándose método corregido de Penman.

Este método es más complicado y requiere más datos meteorológicos al compararse con los demás métodos para calcular la evapotranspiración. Por consiguiente, este método no se puede aplicar en las regiones donde no sea posible la obtención de los datos meteorológicos.

La ecuación para obtener la evapotranspiración es la siguiente:

$$E_{To} = C [W.R_n + (1-W).f(u).(e_a - e_d)] \quad (1)$$

- E_{To} : Evapotranspiración (mm/día)
 W : Carga concerniente a la temperatura ambiente
 R_n : Cantidad de radiación real (mm/día)
 $f(u)$: Función concerniente a la velocidad del viento (km/día)
 e_a : Presión media del vapor saturado (mbar)
 e_d : Presión media del vapor (mbar)
 C : Coeficiente relacionado con la variación de las condiciones meteorológicas entre día y noche

* W : Este se busca en la tabla en base a la temperatura media mensual y la altitud (altura sobre el nivel del mar) en la región proyectada.

$$R_n : R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s$$

$$R_s = (0,25 + 0,5 n/N)R_a$$

$$R_{nl} = f(T).f(e_d)f(n/N)$$

- R_{ns} : Cantidad de radiación real de la onda corta (mm/día)
 R_{nl} : Cantidad de radiación real de la onda larga (mm/día)
 α : coeficiente de reflexión superficial del producto agrícola ($\alpha=0,25$ es aceptable)
 R_s : Cantidad de radiación del sol (mm/día)
 n : Duración de insolación (mm/día) (Datos meteorológicos)
 N : Duración máxima posible de insolación (Hra/día)
 Se logra en la tabla en base al mes y la latitud.
 R_a : Radiación fuera de la aerosfera (mm/día)
 Se toma desde la tabla en base al mes y la latitud
 $f(T)$: Efecto que la temperatura ambiente produce sobre R_{nl} .
 Se toma desde la tabla en base a la temperatura T .
 $f(e_d)$: Efecto que la presión del vapor produce sobre

$$f(ed) = 0,34 - 0,044 \sqrt{ed}$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9(n/N)$$

$$f(u):f(u) = 0,27(1 + U_2/100)$$

U_2 : Velocidad del viento en 24 horas a la altura de 2 m (km/día). Los datos observados se convierten en los de la altura de 2 m.

ea: Se busca en la tabla en base a la temperatura media mensual.

$$ed:ed = ea \times RmH/100$$

RH: Humedad media mensual (%) (Se buscan en los datos meteorológicos)

C: Se buscan en la tabla en base a RHmáx., Rs, Udía, Udía/Unoché

RH máx: Humedad máxima del día (%)

Udía: Velocidad del viento del día (m/Seg)

Udía/Unoché: Relación de la velocidad del viento del día y de la noche

2) Datos Meteorológicos

Para el cálculo de la evapotranspiración por medio del Método corregido de Penman, se requieren como factores, la temperatura ambiente, la humedad relativa, la velocidad del viento y la duración de insolación. Alrededor de la región proyectada, existen 9 observatorios de los cuales, se adoptaron los datos del Observatorio de Yacyreta administrado por el Ministerio de Defensa Nacional, dado que el plazo de observación es relativamente largo, y que el punto de observación está cerca de la región proyectada. Sin embargo, en cuanto a la duración de insolación, ésta no ha sido observada en el Observatorio de Yacyretá.

Por otra parte, en esta investigación, también se han instalado dispositivos de medición en la región proyectada para la observación, obteniéndose los datos relacionados con la duración de insolación disponibles para el cálculo de la evapotranspiración. Dicho resultado ha sido similar a los datos de Encarnación. Como la duración de la

observación ha sido sólo de 1 año, pensamos que es problemático utilizar en este momento los datos obtenidos tal como están.

En cuanto a los datos de observación concernientes a la duración de insolación, existen por el momento los datos de los observatorios de Encarnación y de San Juan Bautista. Como consecuencia de haber comparado los datos de precipitación, número de días de lluvia y de la humedad relativa que parecen enlazados con el ambiente topográfico y de la duración de insolación de los dos observatorios, nos pareció que los datos de Encarnación son más aptos para la situación actual de Yacyretá. Frente a estas condiciones, con respecto a la duración de insolación que falta en los datos meteorológicos de Yacyretá, se complementarán con los datos de Encarnación.

En el Cuadro 2-5, se presentan los datos meteorológicos que se usan para el cálculo de la evapotranspiración.

Cuadro 2-5 Datos meteorológicos relacionados con el cálculo de la evapotranspiración

Items	Mes.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura media diaria (°C)	26,3	25,9	24,5	20,8	18,0	15,9	16,2	16,6	18,7	21,2	22,9	25,4
Humedad media diaria (%)	74	75	77	76	80	80	77	77	72	73	71	72
Velocidad del viento medio diaria (Knudo)	6	6	5	5	6	6	7	7	7	7	7	6
Duración de insolación media diaria (hora/día)	7,9	8,6	5,9	7,1	5,5	5,6	5,5	5,8	7,0	5,8	7,3	8,6
Humedad máxima diaria	Más de 90%						Ua/Un			2,0		

* Para la duración de insolación media diaria, se aplicaron los datos de observación en el Observatorio de Encarnación de 1975 a 1977, y de 1980. Para las demás datos de observación, se aplicaron los datos obtenidos en el Observatorio de Yacyreta durante 1971 y 1980.

(2) Evapotranspiración

En el Cuadro 2-6, se muestran los datos de evapotranspiración (ET_o mm/día) calculado por medio del método de Penman modificado, en base a los datos meteorológicos y al factor concerniente al ambiente topográfico. Pero estos valores incluyen un error de +10%.

Cuadro 2-6 Evapotranspiración de referencia

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ET _o	7,6	7,4	5,2	4,9	3,0	2,5	3,0	3,3	5,0	6,1	7,5	8,3

(3) Cantidad de agua requerida para el producto agrícola (ET_{crop})

La cantidad de agua requerida para el producto agrícola (ET_{crop}) en el cálculo se buscan multiplicando la evapotranspiración de referencia (ET_o) por el coeficiente del producto agrícola (K_c). El coeficiente del producto agrícola (K_c) se ajusta basándose en el Informe de FAO, "Informe No. 24 acerca del drenaje de irrigación - Cantidad de agua requerida para el producto agrícola." Las especies de cultivo son de CICA, y la cantidad de agua (ET_{crop}) se calcula bajo la premisa de que la duración de la siembra es de 40 días a partir del 20 de octubre y que el plazo de cultivo es de 140 a 150 días. Durante el plazo, el coeficiente del producto agrícola (K_c) se reducirá en un 20%.

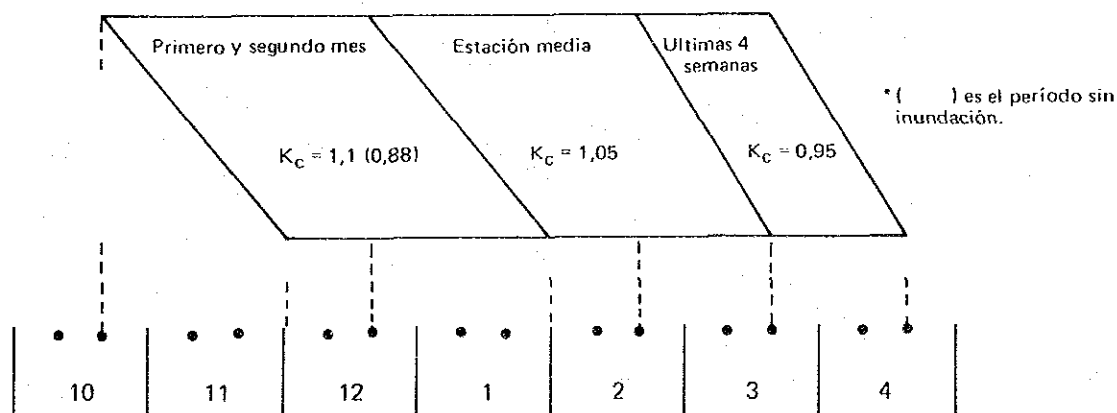


Fig. 2-6 Coeficiente del producto del arroz

En base a la evapotranspiración y la cantidad de agua requerida para el producto agrícola (ETcrop), el resultado es como se muestra en el Cuadro 2-7. Sin embargo, este resultado es del arrozal sembrado el día 20 de octubre.

Cuadro 2-7 Cantidad del agua requerida para el producto agrícola (ETcrop)

Mes	10	11	12	1	2	3		
Clasificación								
ETo mm/day	6,1	7,5	8,3	7,6	7,4	5,2		
Kc (día)	20	1,1(0,88)	20	1,05	20	0,95		
ETcrop mm/día	6,7 (5;4)	8,3 (6,6)	9,1 (7,3)	8,7	8,0	7,8	7,0	4,9

(4) Estudio sobre la cantidad del agua para el producto agrícola

En el Cuadro 2-8, se muestra la cantidad de agua para el producto agrícola del arrozal de regadío de la finca de Bolf, que es el objetivo de la investigación de la lámina de riego que se ha efectuado en esta investigación del proyecto. La especie de este arrozal es Blue Belle y el período del cultivo es de aproximadamente 120 días. Sin embargo, el cálculo ha sido efectuado considerando que el arroz se sembró el día 6 de noviembre y que fue cosechado el día 29 de febrero.

Cuadro 2-8 Cantidad de agua requerida para producto agrícola en el arrozal de la finca de bolf

Mes	11	12	1	2	Observaciones	
Clasificación						
ET _o mm/día	7,5	8,3	7,6	7,4		
Kc (día)	6	1,1(0,88)		6	1	
			1,05	0,95	29	
ET _{crop} mm/día	8,3 (6,6)	9,1 (7,3)	8,4 (6,7)	8,0	7,0	La inundación empezó a primeros de diciembre.

Al observar este resultado, el valor máximo es de 9,1 mm/día después de la inundación de diciembre.

Por otra parte, la evapotranspiración en la investigación de la lámia de riego es de 7,5 mm/día como máximo, o sea, aproximadamente un 82%. Pero el valor máximo promedio de 5 días es de 10,0 mm/día en los primeros días de enero como se puede observar en la Fig. 2-2, excediendo ligeramente el valor máximo del cálculo.

Aunque se considera riesgoso juzgar con los datos de investigación obtenidos en un solo semestre, al observar la cresta en dicho gráfico, se encuentran algunos datos que exceden de 7,0 mm/día. Frente a esta realidad, aunque el valor de 9,1 mm/día parece considerable como promedio, no es un valor excesivo si se considera la cresta.

Bajo esta situación, hemos adoptado el valor calculado para la cantidad de agua requerida para el producto agrícola.

2-3-2 Inundación inicial

Tal como se ha decidido en el proyecto del cultivo, el método que se usa en este proyecto es la siembra directa de inundación.

La administración del agua en la siembra del arrozal bien drenado se divide en las siguientes 3 etapas.

1. Primera etapa: Período inmediatamente después de la siembra hasta comienzo del espigamiento. El agua contenida en el suelo se controla considerando el punto de

marchitamiento permanente como límite inferior. Se utilizan principalmente el agua de lluvia, complementándose con el de irrigación.

- ii. Segunda etapa: Período inmediatamente antes del comienzo de espigamiento, en el cual el agua se suministra hasta la profundidad de inundación predeterminada hasta el límite de no impedir el espigamiento.
- iii. Tercera etapa: Período durante el cual se mantiene la profundidad de inundación predeterminada.

En la Fig. 2-7, se muestra el diagrama de simulación.

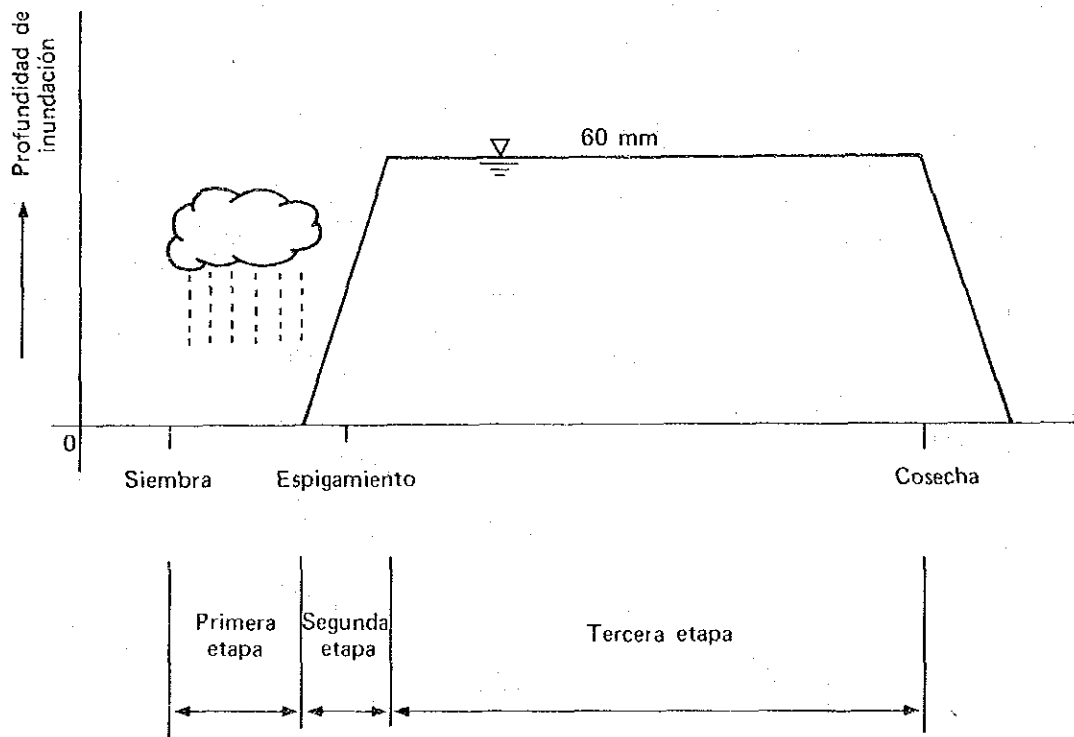


Fig. 2-7 Diagrama de simulación de la administración de agua

Según el resultado de la investigación de las propiedades físicas del suelo, la cantidad de agua requerida en el campo en la primera etapa es la siguiente:

- | | |
|---|-------------|
| ① Nivel del agua subterránea en el arrozal bien drenado | GL - 700 mm |
| ② Area de raíz eficaz en el arrozal bien drenado | 400 mm |
| ③ Coeficiente de sólido | 60% |
| ④ Relación del agua contenido eficaz total (Arrozal bien drenado) (AM) | 20% |
| ⑤ Contenido de agua eficaz total (TAM) | 80 mm |
| ⑥ Contenido de agua eficaz total (TRAM) (50% DEL TAM) | 40 mm |
| ⑦ Relación del agua contenido nula (Lado de secado) (Lado de saturación) | 10%
10% |
| ⑧ Agua contenida necesaria para saturar desde el estado de la parcela (R_1) | |

$$R_1 = 400 \times 0,1 + 300 \times 0,1 \times 1/2 = 55 \text{ mm}$$

- ⑨ Cantidad de agua necesaria (R_2) para poner este el estado del punto de marchitamiento hasta la profundidad de inundación predeterminada (60 mm).

$$R_2 = \text{TRAM} + R_1 + \text{Profundidad de inundación} = 40 + 55 + 60 \\ = 155 \text{ mm}$$

La administración del agua en cada etapa se deciden como sigue según la cantidad necesaria del agua que se ha buscado para cada etapa.

- ① Primera etapa: Efectuar la irrigación intermitente utilizando la cantidad de agua requerida para la cresta.
- | | |
|--|--------------|
| Cantidad del agua diaria para irrigación | 40 mm (TRAM) |
| Número del intervalo de tiempo | unos 5 días |
- ② Segunda etapa: Terminar la inundación en 6 días desde el 25^o día después de la siembra. Inmediatamente antes del comienzo de la inundación, el suelo debe estar saturado con agua.
- | | |
|--------------------------------------|-------|
| Profundidad de inundación (promedio) | 60 mm |
|--------------------------------------|-------|

Cantidad de agua diaria que es
necesaria para inundación 10 mm/día

③ Tercera etapa: Reponer agua en cantidad necesaria para el cultivo.

2-3-3 Método de irrigación

El método de irrigación a ser aplicado debe ser adecuado para la administración del agua en cada etapa del cultivo. Y en consideración a la administración del cultivo de arroz de gran escala, es preferible que sea pequeña la fuerza del labor que se requiere para la administración del agua.

Según la investigación por encuesta en la región proyectada, la siembra del arroz es del tipo directo en el arrozal bien drenado, y un mes después de la siembra, se deja la tierra en estado de arrozal bien drenado, y después, se suministra agua en el arrozal donde el arroz ha crecido hasta 20 ~ 30 cm, continuando la inundación hasta el momento de la cosecha.

Por otra parte, el suelo que se encuentra dentro de la región proyectada tiene una relación de entrada pequeña siendo reducida la pérdida inferior en la irrigación superficial; por lo tanto es muy adecuada para la irrigación de almacenamiento. Y como la precipitación es uniforme durante el período de cultivo, el agua de lluvia podrá ser utilizado eficazmente, depositando el agua. Además, como la región proyectada presenta una topografía plana, con poca inclinación, se puede colocar ampliamente el espacio entre bordo y se podrá disminuir la fuerza de labor que se requiere para la administración del agua.

Frente a esta situación, se decide el sistema de irrigación por almacenamiento por bordo.

2-3-4 Cantidad de lluvia efectiva

La cantidad de lluvia efectiva en este proyecto se define de la siguiente manera.

a) Principio de la primera etapa:

En la primera etapa de la siembra en el arrozal bien drenado, la cantidad de lluvia efectiva es igual a la de irrigación de la huerta. El límite superior se decide restando el agua contenida en el suelo inmediatamente antes de la precipitación desde el TRAM. La cantidad de lluvia diaria menor de 5 mm se anula y se considera que se utiliza un 80% de la cantidad de lluvia diaria más de 5 mm.

b) Después del período posterior de la primera etapa:

Como el arroz está crecido y hay poco riesgo de inundación, se define de la siguiente manera. Se anula la cantidad de lluvia diaria menor de 5 mm y se considera que un 80% de la cantidad de lluvia diaria más de 5 mm y menor de 80 mm, siendo de 80 mm como su límite superior.

Pero la profundidad de inundación permisible debe ser, en consideración a la etapa de crecimiento del producto agrícola, tal que no se produzca la disminución de producción y que no se estropee la estabilización de bordo. Por lo tanto hemos tomado una tolerancia de 80 mm para la inundación.

En el informe del FAO se muestran varios métodos para calcular la precipitación efectiva, y estos métodos están destinados a la capacidad de almacenamiento (TRAM) del suelo, no incluyéndose el concepto de almacenamiento del campo. Este proyecto está establecido en base 2 una quincena como unidad de cálculo, pero el de FAO está basado en un mes.

Por consiguiente, los cálculos de la precipitación efectiva se realizarán basándose en la definición arriba mencionada.

(1) Establecimiento del año de referencia

En el Cuadro 2-9 se muestra la precipitación efectiva durante el período del cultivo proyectado concerniente al arroz, basado en los datos de precipitación obtenidos desde 1969 a 1979 en el Observatorio de Yacyretá.

El período desde octubre de 1977 hasta abril de 1978, la precipitación eficiente ocupa la penúltima posición según los datos meteorológicos y del Cuadro 2-9, y el número de días con buen tiempo continuo dentro del período del cultivo proyectado corresponde a una probabilidad de 5 años. Por lo tanto hemos decidido este año como año de referencia relacionado con la cantidad de lluvia efectiva.

Cuadro 2-9 Precipitación y la cantidad de lluvia eficaz

Año del cultivo	Período de cultivo										Total	Orden
	10	11	12	1	2	3	4					
1969 ~ 70	(213,2) 122,1	(173,0) 128,4	(74,3) 59,5	(73,0) 58,4	(172,4) 133,2	(314,0) 240,8	(3,2) 0	(1.023,1) 742,4	9			
1970 ~ 71	(96,1) 76,8	(20,8) 13,2	(148,0) 116,0	(41,4) 30,5	(211,3) 76,2	(228,7) 174,4	(61,1) 46,0	(807,4) 533,1	4			
1971 ~ 72	(9,0) 7,2	(42,8) 27,4	(98,9) 74,2	(80,0) 53,2	(63,8) 49,1	(121,2) 96,6	(80,3) 64,3	(496,0) 372,0	1			
1972 ~ 73	(179,2) 133,8	(170,8) 130,0	(196,2) 151,8	(165,8) 119,8	(82,6) 59,3	(268,9) 177,4	(224,0) 177,9	(1.287,5) 950,0	10			
1973 ~ 74	(34,9) 27,9	(58,5) 44,5	(195,9) 152,5	(149,8) 118,3	(125,3) 95,0	(99,7) 75,1	(56,2) 45,0	(720,3) 558,3	5			
1974 ~ 75	(52,6) 40,2	(100,8) 75,7	(204,9) 159,6	(109,8) 87,8	(87,7) 68,2	(188,9) 150,7	(139,8) 107,0	(884,5) 689,2	8			
1975 ~ 76	(228,2) 138,5	(130,2) 101,7	(61,6) 38,4	(189,8) 145,2	(106,8) 83,9	(150,0) 111,0	(44,2) 30,2	(910,8) 648,9	6			
1976 ~ 77	(79,4) 61,8	(104,6) 79,0	(74,6) 55,6	(262,5) 187,8	(44,2) 30,1	(26,8) 11,0	(84,2) 64,0	(676,3) 489,3	3			
1977 ~ 78	(34,0) 27,2	(191,6) 144,0	(145,8) 109,9	(71,2) 51,6	(123,7) 87,3	(51,8) 37,2	(19,0) 15,2	(637,1) 472,4	2			
1978 ~ 79	(111,4) 89,1	(180,8) 143,4	(232,7) 186,2	(25,0) 17,2	(183,5) 140,2	(54,2) 41,1	(80,5) 59,9	(868,1) 677,1	7			
Promedio	(103,8) 72,5	(117,4) 88,7	(143,3) 110,4	(116,8) 87,0	(120,1) 82,3	(150,4) 111,5	(79,3) 60,9	(831,1) 613,3				

Nota: Las cifras que se encuentran en () significan la cantidad de lluvia.

2-3-5 Volumen neto de agua de riego

Las condiciones elementales para buscar el volumen neto de agua de riego dentro del período de cultivo son las siguientes, al considerar las especificaciones del proyecto que están decididas para el proyecto del cultivo y de irrigación.

- a) Período de cultivo: Por 140 ~ 150 días desde el día 20 de octubre
- b) Período de siembra: Por 40 días desde el 20 de octubre
- c) Período necesario para la inundación determinada:
Por 6 días desde el 25^o día después de la siembra
- d) Año de referencia: Desde 20 de octubre de 1977 a 20 de abril de 1978
- e) Unidad de cálculo: Por cada 5 días
- f) Relación del cultivo: El plazo de la siembra de 40 días se divide en 40 bloques.

En los Cuadros 2-11 y 2-12, se presenta el volumen del agua de riego calculado en base a la cantidad agua requerida para el cultivo (ETcrop), la cantidad de lluvia eficaz y demás condiciones elementales.

En base al resultado del cálculo del volumen de agua medio/día por cada período, los valores básicos relacionados con el proyecto de la cantidad de agua requerida se deciden como sigue:

Volumen neto de agua de riego en la cresta:	13,3 mm/día \approx 13 mm/día
Volumen neto del agua de riego:	1.100 mm
Cantidad eficiente de la lluvia total:	462,7 mm

Cuadro 2-10 Volumen de agua requerida en cada etapa

Etapa de control de agua	Nº	Evapotranspiración ETo mm/día	Coefficiente del producto agrícola Kc	Volumen de agua para producto agrícola Et crop mm/día	Cantidad de infiltración P mm/día	Volumen de agua para inundación PUD mm/día	TOTAL mm/día
Primera etapa	1*	6,1	0,88	5,4	-	-	5,4
	2	7,5	0,88	6,6	-	-	6,6
	3	8,3	0,88	7,3	-	-	7,3
Segunda etapa	4	7,5	1,1	8,3	3,0	10,0	21,3
	5	8,3	1,1	9,1	3,0	10,0	22,1
Tercera etapa	6	7,5	1,1	8,3	3,0	-	11,3
	7	8,3	1,1	9,1	3,0	-	12,1
	8	7,6	1,1	8,4	3,0	-	11,4
	9	8,3	1,05	8,7	3,0	-	11,7
	10	7,6	1,05	8,0	3,0	-	11,0
	11	7,4	1,05	7,8	3,0	-	10,8
	12	5,2	1,05	5,5	3,0	-	8,5
	13	7,4	0,95	7,0	3,0	-	10,0
	14	5,2	0,95	4,9	3,0	-	7,9
	15	4,9	0,95	4,7	3,0	-	7,7

* Cada número corresponde a los que se encuentran en la Cuadro 2-12.

2-3-6 Eficiencia de Riego

La evaluación del volumen de agua de toma planificada se calcula en consideración a la pérdida del volumen neto de agua. Esta pérdida se expresa por el coeficiente relacionado con el volumen total del agua tomada, de lo cual se resta el coeficiente de pérdida para establecer la eficiencia de riego.

La eficiencia de riego se decide por muchos factores, tales como envergadura de las parcelas, configuración de la misma, estado de las instalaciones de riego y régimen de control de agua.

En este proyecto, la eficiencia de riego se decide multiplicando cada eficiencia, o sea la de Bordo, la de envío de agua y la eficiencia de administración.

(1) Eficiencia de bordo

Esta es la eficiencia que toma en consideración la desigualdad de irrigación en bordo. En caso de la región proyectada, como la tierra es relativamente plana y las máquinas para trabajar la tierra están introducidas para la explotación agrícola, es de suponer que hay poca desigualdad en la irrigación. Por otra parte, la inundación continúa hasta el momento de la cosecha y la infiltración en la tierra está considerada separadamente.

Frente a esta situación, la eficiencia de las parcelas se decide a un 80% tomando en cuenta los ejemplos de otras regiones.

(2) Eficiencia de envío de agua

Es la eficiencia relacionada con el envío de agua por el canal de conducción de agua desde su fuente hasta bordo.

El canal de conducción de agua en este proyecto es del tipo de tierra y todavía no se ha efectuado la investigación de fuga de agua en el canal existente, por lo tanto, se tomarán las medidas necesarias por medio del forro de tierra para la pérdida de agua en las partes donde existen las fugas.

Además en cuanto a la administración del canal de conducción de agua, se investigan la distribución de las instalaciones y el método de operación, para habilitar un control adecuado para la demanda de agua. Por otra parte, todos los beneficiados del agua forman una organización para la dirección y el control a fin de facilitar la irrigación de rotación adecuada.

Cuadro 2-12 Cantidad de lluvia eficaz por la mitad del semestre

Día	Oct.		Nov.		Dic.		Ene.		Feb.		Mar.		Abr.	
	R	Re	R	Re	R	Re	R	Re	R	Re	R	Re	R	Re
1			4,4		23,0			22,4	0,8		26,2			0
2			9,4	19,5	6,4	23,5			88,4	105		21,0		
3	16,6		1,2					75	15,4					165
4				15		45					135			
5					1,8					12,3				
6				46,6	80,2			11,4						0
7						64,2				110		0		
8	3,4		60,2				14,2	80						170
9	6,8		10,2	20	3,8	50			0,6			140		
10	16,4		3,4							0				
11								19,0			8,0			0
12	4,4			0		0					115		6,4	
13							23,8	85						175
14				25		55						145		
15									7,5	6,0				
16								0						15,2
17				17,1		0				120		0		
18								90					19,0	180
19			21,4	30		60			4,8		1,4	150		
20		0			2,6		19,8			0				
21			32,8					15,8						
22				31,4		0				125		0		
23		15,2	6,4					95						
24	19,0			35		65	3,2					155		
25		5					6,8			5,0				
26			39,6				3,4	5,4			4,0			
27			2,6	31,7		0			6,2	130		9,8		
28		0						100			12,2		13,4	
29				40		70						160	5,8	
30		10			28,0									
31	15,0							64,0						

Bajo esta situación, al considerar la evaporación superficial y los ejemplos de las demás obras, la eficiencia de envío de agua se decide a un 80%.

(3) Eficiencia de administración

Esta es la eficiencia concerniente a la administración de derivación. En el caso de este proyecto, se planea la colocación de las instalaciones de administración y el organismo de control de las mismas, teniendo por objeto utilizar eficazmente el agua de irrigación, pudiéndose esperar una administración apropiada.

Pero como el canal de conducción es largo, además de la existencia de varias instalaciones de derivación, la eficiencia se evalúa a un 90% en consideración a los ejemplos en las demás obras.

(4) Eficiencia de irrigación

En base a la 3 eficiencias anteriormente divididas, la eficiencia de irrigación se ajustará de la siguiente manera.

$$80 \times 80 \times 90 = 57,6 (\%)$$

2-3-7 Demanda Total de Agua

El volumen de agua requerida por unidad proyectada y la demanda total de agua se deciden de la siguiente manera, en consideración del volumen neto de agua en cresta y la eficiencia de irrigación, los cuales ya se han obtenido en el Proyecto de demanda de agua.

$$13 \text{ mm/día} = 1,5 \text{ l/seg/Ha} = 0,0026 \text{ m}^3/\text{seg/Ha}$$

2) Cálculo de la lluvia efectiva

En el Cuadro 2-10 se muestran la cantidad de lluvia eficaz por la mitad del semestre, calculada en base a los datos de precipitación en el año de referencia.

2-4 Plan de apertura de arrozales

2-4-1 Extensión de arrozales abietos

En base al resultado de la cantidad de agua requerida unitaria $0,0026 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}$ que se ha decidido anteriormente y las alternativas estudiadas en el capítulo anterior, ha de establecerse un plan de apertura de arrozales adecuado para esta región. Y se ha llegado a la conclusión, en base a las 2 alternativas estudiadas, de que el arrozal en el lado este del canal de drenaje principal es económicamente más ventajoso. En esta alternativa de la demanda de agua de $104,8 \text{ m}^3/\text{seg}$, aproximadamente un 75% del agua se riega por gravedad y el resto de 25% se obtiene por medio de una bomba de baja carga. Los siguientes son los que se han aclarado en el proceso del estudio de las alternativas:

- ① En caso en que se dispersen los campos de arroz en el desarrollo de arrozales, la longitud del canal de conducción de agua se alarga con respecto a la extensión destinada al desarrollo, siendo disminuido el efecto económico.
- ② En caso de que el agua de uso repetido y agua que fluye al área de las cuencas de serranías la carga de la bomba se vuelve grande, disminuyendo el efecto económico debido al costo de construcción de las instalaciones para toma de agua.
- ③ El aumento de la extensión de arrozales incrementa el efecto económico.

Así que para establecer definitivamente el plano de apertura de arrozales, es necesario tomar en consideración los puntos antes mencionados.

En cuanto al proyecto de drenaje, se decidió que el vaso de control de avenidas se introducido nuevamente como resultado del estudio de la alternativa.

En el plan de drenaje en el cual se introduce el vaso de control de avenidas, dentro de las áreas en las cuales se planifica el desarrollo de arrozales en la segunda alternativa, la extensión de $5,150 \text{ Ha}$ se utiliza como vaso de control de avenidas. Esta extensión incluye el terreno para las instalaciones, y la extensión destinada a los arrozales ocupa un 80% de la misma y la extensión cultivable para el arroz es de 75%. La cantidad requerida de agua para regar dicha extensión es de $8,0 \text{ m}^3/\text{seg}$. Si se establece un plan final de apertura de arrozales, introduciendo el plan del vaso de control de avenidas en la segunda alternativa, la demanda de agua

queda en $96,8 \text{ m}^3/\text{seg}$, produciendo una sobra de aproximadamente $11 \text{ m}^3/\text{seg}$. con respecto al derecho de utilización de agua.

En cuanto al resultado del estudio de la alternativa antes mencionada, al considerar la utilización eficaz del agua sobrante con miras al aumento del efecto económico, el área este a lo largo del canal de drenaje principal puede regarse por gravedad y además, el desarrollo de los arrozales es facilitado debido a su posición cercana a la región proyectada en la segunda alternativa.

Por consiguiente, la apertura de arrozales en esta área se realizará dentro del derecho de utilización de agua de $108 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Aquí la expansión posible del desarrollo por el agua de $108 \text{ m}^3/\text{seg}$ es:

$$\frac{108 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,0026 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}} \times \frac{*4}{3} = 55,384 \text{ Ha} = 55,300 \text{ Ha}$$

* En caso de rotación del cultivo de arroz (3):Soja(1)

Al restar el vaso de control de avenidas desde la extensión a ser desarrollada en la segunda alternativa:

$$55,760 \text{ Ha} - 5,150 \text{ Ha} \quad 0,8 = 49,640 \text{ Ha}$$

La división en bloque se ha efectuado para cultivos secanos. El resultado se muestra en el Cuadro 2-12 y Fig. 2-8.

$$55,300 \text{ Ha} - 49,640 = 5,660 \text{ Ha}$$

Esta es la extensión a ser desarrollada nuevamente en el lado este del canal de drenaje principal, además de la segunda alternativa.

O sea, la extensión del desarrollo de arrozal en este proyecto es de $55,300 \text{ Ha}$, siendo de $41,475 \text{ Ha}$ la extensión para cultivo de arroz de regadío en un año.

2-4-2 Bloque de Irrigación

El bloque de irrigación es el que se divide por el canal de conducción de agua principal, canal de drenaje y por los caminos, y como el método de cultivo en el área proyectada es de siembra directa en el arrozal bien drenado, así que no se presenta claramente la cresta de la demanda de agua como en el método de transferencia. No hay necesidad de elaborar el bloque de rotación como en la irrigación por aspersor y es suficiente preparar un bloque que permita la dirección de explotación agrícola en la

que se puede efectuar la siembra y la inundación inicial dentro del período adecuado para la siembra. La inundación inicial se realizará desde la parte alta del canal de conducción de agua de ramal, y aunque existan algunos obstáculos en la etapa inicial de la explotación agrícola, la siembra y la inundación inicial se podrán realizar ordenadamente desde la parte más alta hacia la baja del ramal del canal de conducción de agua.

Por tanto como no hay límites en el tamaño del bloque y el método de división, se efectúa la irrigación dividida por cada canal de conducción de agua principal.

2-5 Plan de instalaciones de irrigación

Según el plan de habilitación de arrozal, establecido en base al concepto básico, la superficie beneficiaria en el área de proyecto es de 101.840 Ha, de las cuales, 55.300 Ha corresponde a la superficie objetiva para irrigación, o sea la superficie de habilitación de arrozal.

Además, en el sistema de rotación de cultivos en arrozales, la superficie cultivable de arroz con riego, es decir la superficie real de irrigación, es de 41.475 Ha.

Las instalaciones en este plan consisten en las siguientes instalaciones principales y secundarias:

- * Instalaciones principales: canal de riego troncal; y canal de riego principal.
- * Instalaciones secundarias: puente canal; estructura de derivación; estructura de ajuste del nivel de agua; vertedor de demasías; estructura de descarga; y planta de bombeo.

En cuanto a la obra de boca toma, se ha decidido realizarla junto con la obra de la Represa de Yacyretá, conforme al Tratado de Yacyretá, acordado entre Paraguay y Argentina.

A continuación se expresa sobre el plan de las instalaciones de irrigación:

2-5-1 Canal de riego

De las instalaciones de irrigación, los canales de riego son más importantes, pero en este Capítulo se expresarán sobre los canales de riego troncal y principal.

Referentes a los canales de riego laterales y demás facilidades de riego se expresarán en el Capítulo del plan de desarrollo de tierras agrícolas.

El plan de canales de riego se elaborará conforme a los siguientes términos fundamentales:

- 1 El objeto de irrigación es el arrozal, por tanto el agua debe circular durante las 24 horas.
- 2 La demanda total de agua de diseño es de $0,0026 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Ha}$, la cual corresponde al caudal máximo que se calculó en base a los componentes determinados.

Se harán cálculos de los caudales de conducción de diseño a cada bloque de riego, adicionando requerimiento de agua calculado por bloque uno después de otro desde el curso inferior conforme al mapa del sistema de riego.

- 3 Todo el canal de riego será de canal de tierra teniendo en cuenta el aspecto económico.

Sin embargo, en la mayoría de los canales de riego troncales, se harán las obras de protección de declive. (se tiene planeado revestir de piedras)

- 4 Aunque la velocidad máxima permisible de flujo varía según la propiedad de suelo, aquí se fijará a $0,6 \text{ m}/\text{seg}$ suponiendo que el suelo está formado por limo arenoso.

La velocidad mínima permisible, por lo común, se establece para impedir la sedimentación de arenas o refrenar el potencial biótico en el agua, pero como la topografía del área de proyecto es sumamente plana, se ha decidido que no se establece la velocidad mínima permisible.

Por ello, en el manejo y mantenimiento de los canales de riego, se deberá tratar de controlar los estorbos antes mencionados.

- 5 Para hacer cálculos de la velocidad de flujo y el caudal de agua se empleará la fórmula de Manning, y el coeficiente de rugosidad será de $0,025$.
- 6 La pendiente del declive de canal se fijará a $1:2$, basándose en la premisa de que el suelo de declive se forma por limo arenoso.
- 7 El nivel del fondo de canal se ajustará al nivel del suelo y en ambos lados de canal se construirán terraplenes amontonando tierras.

La profundidad de agua de diseño se fijará a menos de 2 m, por lo que deberá tener un ancho suficiente en prevención del aumento de caudal.

- 8 El libre bordo total de canal será de 1,0 m a 1,3 m, teniendo en cuenta los antecedentes y la norma del Japón.

De acuerdo con los términos arriba citados se harán cálculos hidráulicos uno por uno desde el punto de toma de agua para riego.

En algún bloque de riego donde no puede ser irrigada por gravedad debido a que no posee suficiente cota con respecto al área beneficiaria, se tiene planeado hacer la irrigación por bombeo.

A continuación se describen sobre las pérdidas importantes, que se han sido aclaradas en el trabajo de cálculos hidráulicos, que son: Pérdida por la boca toma o por la estructura de derivación; y pérdida por contracción gradual del canal.

(1) Pérdida por la boca toma (estructura de derivación)

En este plan, se construye la compuerta en el muro lateral del canal y se deriva el agua de la boca toma o de la estructura de derivación formando ángulo recto con el curso de canal, por tanto podrá considerarse como contracción repentina en teoría hidráulica.

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$$

* h_{sc} : Pérdida de carga por contracción repentina

* f_{sc} : Coeficiente de pérdida por contracción repentina
($f_{sc} = 1,5$, basando en $A_2/A_1 = 0$)

V_2 : Velocidad de flujo posterior a la contracción repentina
(m/s)

$$\Delta h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Δh_{sc} : Descenso del nivel de agua por contracción repentina (m)

V_1 : Velocidad de flujo anterior a la contracción repentina
(m/s) ($V_1 = 0$; pues la corriente de agua del canal anterior a la contracción repentina forma ángulo recto con la estructura de derivación).

(2) Pérdida por contracción gradual del canal

$$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + I_m L$$

h_{gc} : Pérdida de carga por contracción gradual (m)

f_{gc} : Coeficiente de pérdida por contracción gradual: 0,3

V_2 : Velocidad de flujo posterior a la contracción gradual (m/s)

V_1 : Velocidad de flujo anterior a la contracción gradual (m/s)

I_m : Gradiente hidráulico medio entre las transiciones:

$$I_m = \frac{I_1 + I_2}{2g}$$

* I_1 : Gradiente hidráulico anterior a la transición

* I_2 : Gradiente hidráulico posterior a la transición

L : Largo de transición (m)

$$\Delta h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + I_m L + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = (1 + f_{gc}) \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + I_m L$$

Δh_{gc} : Descenso del nivel de agua (m)

Los canales de riego troncal y principal se instalarán para que puedan ser irrigados en todo el bloque de riego.

En cuanto a la carga de bombeo, conviene calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Carga de bombeo} = \text{Altura del terraplén en el curso inferior} \\ + \text{Pérdida de carga por bombeo} +$$

* Altura del terraplén en el curso inferior: 3,5 m

* Pérdida de carga por bombeo: 1,0 m

* : Diferencia de altura del nivel de fondo entre los canales troncal y principal, en el punto de intersección de los dos canales.

En conclusión la carga de bombeo será de 4,5 m +

Los componentes de diseño por tramo con que se hicieron cálculos hidráulicos se indican en las Cuadros de 2-13 a 2-14.

En las mismas se indican también las instalaciones conexas en los canales de riego troncal y principal.

En la Cuadro 2-15 se mencionan los componentes de diseño hidráulico, los cuales se consideran como fundamentos de este plan.

En la Cuadro 2-16 se mencionan los componentes de diseño concernientes a las plantas de bombeo.

Cuadro 2-13 Extensión de tierra a utilizar relacionada con el proyecto de irrigación (1)

No. del bloque	Subproyecto I							Total
	Tierra cultivada		Tierras con arbustos	Vaso para control de avenidas	Candal de conducción de agua, etc.	Total		
	Arrozales	Cultivos secanos					Pradera	
1	-	2.080	-	75	-	2.080	2.675	
2	-	5.900	-	125	-	5.900	7.500	
3	3.120	-	-	-	375	3.120	4.275	
4 - a	1.740	-	-	625	500	1.635	9.300	
4 - b	4.800	-	-	-	-	-	-	
5	880	-	-	1.000	-	880	2.100	
6	1.200	-	-	675	475	1.200	2.650	
7	3.160	-	-	-	-	3.160	3.950	
8	3.980	-	-	1.175	-	3.980	6.150	
9	-	2.600	-	125	275	2.600	3.650	
10	-	1.760	-	-	-	1.760	2.200	
Subtotal	18.880	12.340	-	3.800	1.625	31.220	44.450	

Cuadro 2-13 Extensión de tierra a utilizar relacionada con el proyecto de irrigación (2)

No. del bloque	Subproyecto II							Total	Candal de conducción de agua, etc.	Vaso para control de avenidas	Tierras con arbustos	Total
	Tierra cultivada		Tierras con arbustos	Vaso para control de avenidas	Candal de conducción de agua, etc.	Total	Total					
	Arrozales	Cultivos secanos										
11	-	580	(1.200)	300	250	445	2.775					
11	-		1.200	300	250	445	2.775					
12 - a	1.240		-	675	-	460	2.975					
12 - b	600		-	675	-	460	2.975					
13	2.760		-	25	350	690	3.825					
14	2.560		-	175	225	640	3.600					
15	1.760		-	600	-	440	2.800					
16	1.640		-	525	-	410	2.575					
17	2.860		-	1.175	-	715	4.750					
18	1.980		-	-	675	495	3.150					
19	980		-	-	-	245	1.225					
20	2.960		-	275	150	740	4.125					
21	3.320		-	-	-	830	4.150					
22 - a	780		-	100	-	620	3.200					
22 - b	1.700		-	-	-	510	3.600					
23	2.040		-	-	1.050	385	3.300					
24	1.540		-	25	1.350	510	2.550					
25	2.040		-	-	-	355	3.025					
26	-	1.420	-	1.250	-	-	-					
Subtotal	30.760	2.000	(1.200)	5.125	4.050	8.490	51.625					
			1.200									

Cuadro 2-13 Extensión de tierra a utilizar relacionada con el proyecto de irrigación (3)

Subproyecto III

No. del bloque	Tierra cultivada			Tierras con arbustos	Vaso para control de avenidas	Candal de conducción de agua, etc.	Total
	Arrozales	Cultivos secanos	Pradera				
27	-	1.740	-	400	-	435	2.575
28	-	1.340	800	550	200	535	3.425
29	-	1.140	-	-	-	285	1.425
30 - a	2.460	-	-	150	450	1.415	7.675
30 - b	3.200	-	-	500	250	1.850	10.000
31	-	-	7.400	500	-	180	2.825
32	-	-	720	1.925	-	680	5.025
33	-	2.720	-	1.625	-	955	6.175
34	-	3.820	-	1.400	-	480	3.125
35	-	1.920	-	400	325	1.555	9.075
36	-	6.220	-	1.300	-	795	4.900
37	-	3.180	-	925	-	-	-
Subtotal	5.660	22.080	8.920	9.175	1.225	9.165	56.225
Sub P. I	18.880	12.340	-	3.800	1.625	7.805	44.450
Sub P. II	30.760	2.000	(1.200)	5.125	4.050	8.490	51.625
Sub P. III	5.660	22.080	8.920	9.175	1.225	9.165	56.225
TOTAL	55.300	36.420	(1.200) 10.120	18.100	6.900	25.460	152.300

I. * () de la pradera dentro de la tierra cultivada significa el número interno de cada extensión en la explotación lechera.

Cuadro 2-14(1) Plan de estructura secundaria de canal de riego

Tramo Nº	Distancia		Canal de riego		Puente canal Ancho del fondo de canal de drenaje	Estructura de derivación Caudal (Boca toma)	Compuerta de revisión Ancho	Vertedor de demásías; Estructura de descarga Caudal	Tramo Nº
	Tramo km	Aumento progresivo km	Profundidad de agua m	Ancho del fondo m					
1	11,24	11,24	1,99	120	-12,0 (I-1)	(Boca toma)	-120	- 3,39 (I-1)	1
2	10,10	21,34	1,99	105	-10,0 (I-2)		-110 (I-1) -110	- 6,08 (II-2)	2
3	7,60	28,94	1,99	95			-100 -100		3
4	3,64	32,58	1,99	95	-24,0 (I-3)			-13,92 (I-3)	4
5	6,10	38,68	1,99	80			- 80		5
6	5,10	43,78	1,99	80			- 80 (II-1)		6
7	4,30	48,08	1,99	37			- 40	- 7,80 (II-1)	7
8	3,92	52,00	1,99	37	+ 7,0 (II-1)			- 8,93 (II-2)	8
9	4,52	56,52	1,98	18			- 30 (II-2)		9
10	2,80	59,32	1,98	2			- 20 (II-3)		10
11	1,08	60,40	1,98	2		(P3)			11
12	6,08	66,48	1,98	2			- 20	-13,77 (II-4) Estructura de descarga	12
TOTAL	66,48				Cuatro (4) lugares	Cuatro (1) lugar	Cuatro (11) lugares	Seis (6) lugares	

Cuadro 2-14(2) Plan de estructura secundaria de canal de riego

Tramo N°	Distancia		Canal de riego		Puente canal		Estructura de derivación		Compuerta de revisión		Vertedor de demasías: Estructura de descarga		Tramo N°
	Tramo km	Aumento progresivo km	Profundidad de agua m	Ancho del fondo m	Ancho del fondo de canal de drenaje m	Caudal m ³ /S	Ancho m	Caudal m ³ /S	Ancho m	Caudal m ³ /S	Caudal m ³ /S		
101	11,88	0	1,90	9		-13,42 (I-1)	- 20					101	
102	3,50	11,88	1,89	2			- 20				- 9,36 (I-5)	102	
103	6,10	15,38	1,89	2	-25,0 (I-4)							103	
TOTAL	21,48	21,48			Cuatro (1) lugar	Cuatro (1) lugar	Cuatro (2) lugares				- 4,06 (I-1) Estructura de descarga Cuatro (2) lugares		
201	12,16	0	1,98	29		-29,91 (II-1)						201	
202	1,86	12,16	1,98	29			- 35					202	
203	6,46	14,02	1,98	29							-29,9 (II-1) Estructura de descarga	203	
204	7,45	20,48	1,90	11			- 25					204	
205	5,80	27,93	1,90	11			- 25					205	
TOTAL	33,73	33,73				Cuatro (1) lugar	Cuatro (3) lugares				-17,12 (II-3) Estructura de descarga Cuatro (2) lugares		

Cuadro 2-14(3) Plan de estructura secundaria de canal de riego

Tramo No	Distancia		Canal de riego		Puente canal Ancho del fondo de canal de drenaje	Estructura de derivación		Compuerta de revisión	Vertedor de demasías; Estructura de descarga		Tramo No
	Tramo km	Aumento progresivo km	Profundidad de agua m	Ancho del fondo m		Caudal m ³ /S	Caudal m ³ /S		Ancho m	Caudal m ³ /S	
301	8,40	0	1,99	1,5		-(P2)	- 5		- 3,98 (II-5) Estructura de descarga	301	
TOTAL	8,40					Cuatro (1) lugar	Cuatro (1) lugar		Cuatro (1) lugar		
401	5,18	0	1,98	11	-20,0 (II-2)	-12,56 (II-2)			- 1,52 (II-3)	401	
402	6,02	5,18	1,97	2			- 5 (II-4) - 5		- 4,80 (III-1) Estructura de descarga	402	
TOTAL	11,20	11,20			Cuatro (1) lugar	Cuatro (1) lugar	Cuatro (2) lugares		Cuatro (2) lugares		
501	2,06	0	1,98	6		- 6,24 (II-3)				501	
502	3,60	2,06	1,98	6					- 6,24 (II-2) Estructura de descarga	502	
TOTAL	5,66	5,66				Cuatro (1) lugar	-		Cuatro (1) lugar		
Canal de riego troncal											
	66,48				Cuatro (4) lugares				Seis (6) lugares		
Canal de riego principal N2											
1	21,48				1	Cuatro (1) lugar	2		2		
2	33,73						3		2		
3	8,40						1		1		
4	11,20				1		2		2		
5	5,66						-		1		
TOTAL	146,95				6		19		14		

Cuadro 2-15 Hidrometría de canal de riego (1/2)

Tramo No.	Instalación secundaria	Distancia		Requerimiento de caudal		Gradiente hidráulico		Profundidad de agua		Ancho del fondo	Velocidad de flujo		Cota del suelo	Cota del fondo	Altura del nivel de agua		Bomba
		Tramo	Aumento progresivo	Caso normal	Caso anormal	Caso normal	Caso anormal	Caso normal	Caso anormal		Caso normal	Caso anormal			Caso normal	Caso anormal	
1	(Boca toma) Estructura de derivación (canal de riego principal No. 1) Vertedor de demasías (1-1)	11,22	0	107,84	107,84	1/20000	1/20000	1,99	1,99	120,00	0,44	0,44	80,00	80,00	81,99	81,99	Caso anormal: El caso en que el caudal total se descargue por vertedores de demasías cuando se requiere el máximo caudal. Caso normal: El caso en que se toma en m máximo caudal de agua por la respectiva boca toma.
2	Vertedor de demasías (1-2)	0,04	11,26	91,03	91,03	1/23000	1/20000	1,99	1,99	120,00	0,37	0,44	79,50	79,44	81,43	81,43	
3	Vertedor de demasías (1-3)	10,07	21,33	84,94	84,94	1/23000	1/20000	1,99	1,99	101,55	0,43	0,43	79,50	79,44	81,43	81,43	
4	Vertedor de demasías (1-3)	0,02	21,35	84,94	84,94	1/23000	1/20000	1,99	1,99	101,55	0,40	0,43	79,30	78,94	80,93	80,93	
5	Vertedor de demasías (1-3)	7,59	28,94	78,78	84,94	1/23000	1/20000	1,99	1,99	94,62	0,40	0,43	78,00	78,38	80,37	80,37	
6	Vertedor de demasías (1-3)	3,62	32,56	71,02	84,94	1/29000	1/20000	1,99	1,99	94,62	0,36	0,43	78,00	78,38	80,37	80,37	
7	Vertedor de demasías (1-1)	0,04	32,60	71,02	71,02	1/20000	1/20000	1,99	1,99	79,04	0,43	0,43	78,00	78,08	80,07	80,07	
8	Vertedor de demasías (1-1)	6,04	38,64	38,69	71,02	1/68000	1/20000	1,99	1,99	79,04	0,23	0,43	78,00	78,08	80,07	80,07	
9	Vertedor de demasías (1-1)	0,08	38,72	38,69	41,12	1/22000	1/20000	1,99	1,99	45,06	0,40	0,42	78,00	77,92	79,81	79,81	
10	Vertedor de demasías (1-1)	5,05	43,77	31,31	41,12	1/30000	1/20000	1,99	1,99	45,06	0,34	0,42	78,00	77,82	79,81	79,81	
11	Vertedor de demasías (1-1)	0,02	43,79	31,31	33,31	1/20000	1/20000	1,99	1,99	36,50	0,41	0,41	77,00	77,41	79,40	79,40	
12	Vertedor de demasías (1-1)	4,28	46,08	30,30	33,31	1/24000	1/20000	1,99	1,99	36,50	0,38	0,41	77,50	77,61	79,60	79,60	
13	Vertedor de demasías (1-1)	3,90	51,98	26,33	33,31	1/32000	1/20000	1,99	1,99	36,50	0,33	0,41	77,00	77,41	79,40	79,40	
14	Vertedor de demasías (1-1)	0,04	52,02	26,33	26,33	1/8000	1/8000	1,98	1,98	17,73	0,60	0,60	76,40	76,85	78,83	78,83	
15	Vertedor de demasías (1-1)	4,49	56,51	13,77	26,33	1/30000	1/8000	1,98	1,98	17,73	0,32	0,60	76,40	76,85	78,83	78,83	
16	Vertedor de demasías (1-1)	0,02	56,53	13,77	13,77	1/10000	1/10000	1,98	1,98	9,68	0,51	0,51	75,20	75,85	77,83	77,83	
17	Vertedor de demasías (1-1)	2,79	59,32	10,45	13,77	1/18000	1/10000	1,98	1,98	9,68	0,39	0,51	75,20	75,85	77,83	77,83	
18	Vertedor de demasías (1-1)	1,08	60,40	6,47	13,77	1/46000	1/10000	1,98	1,98	9,68	0,24	0,51	75,20	75,85	77,83	77,83	
19	Vertedor de demasías (1-1)	6,08	66,48	0	13,77	1/00	1/10000	1,98	1,98	9,68	0	0,51	75,20	75,85	77,83	77,83	

O=3,3 m³/S
P3
H=5,5 m

Cuadro 2-15 Hidrometría de canal de riego (2/2)

Tramo No	Instalación secundaria	Distancia		Requerimiento de caudal		Gradiente hidráulico		Profundidad de agua		Ancho del fondo	Velocidad de flujo		Cota del suelo	Cota del fondo	Altura del nivel de agua		Bomba
		Tramo	Aumento progresivo	Caso normal	Caso anormal	Caso normal	Caso anormal	Caso normal	Caso anormal		Caso normal	Caso anormal			Caso normal	Caso anormal	
		km	km	m ³ /s	m ³ /s			m	m	m	m/s	m/s	m	m	m	m	
	Canal de riego principal No. 1 (Canal de riego troncal)					1/00	1/00	1,99	1,99	00	-	-	79,50	79,44	81,34	81,34	
101		11,87	0	13,42	13,42	1/7000	1/7000	1,90	1,90	8,20	0,59	0,59	79,50	79,44			
	Vertedor de demasías (I-5)	0,02		4,06	4,06	1/7000	1/7000	1,89	1,89	0,89	0,46	0,46					
102		3,49		4,06	4,06	1/7000	1/7000	1,89	1,89	0,89	0,46	0,46					
103		6,10		0	0	1/7000	1/7000	1,89	1,89	0,89	0	0	74,00	76,37	78,26	78,26	
	Canal de riego principal No. 2 (Canal de riego troncal)					1/00	1/00	1,99	1,99	00	-	-	78,00	78,08	80,06	80,06	
201		12,16	0	29,91	29,91	1/15000	1/15000	1,98	1,98	28,27	0,47	0,47	78,00	78,08			
202		1,86		28,74	28,74	1/15000	1/15000	1,98	1,98	28,27	0,46	0,46	78,00	78,08			
203		6,45		20,32	20,32	1/15000	1/15000	1,98	1,98	28,27	0,41	0,41	78,00	78,08			
	Vertedor de demasías (II-1)	0,03		17,12	17,12	1/8000	1/8000	1,90	1,90	10,75	0,58	0,58	77,5	77,5			
204		7,43		17,12	17,12	1/8000	1/8000	1,90	1,90	10,75	0,20	0,20	77,5	77,5			Q=17,1 m ³ /s P1 H=5,5 m
205		5,80		5,77	5,77	1/70000	1/70000	1,90	1,90	10,75	0	0	73,5	75,85	77,75	77,75	
	Canales de riego principales No. 3 y No. 4 (Canal de riego troncal)					1/00	1/00	1,99	1,99	00	0	0	77,00	77,41	79,75	79,75	
301		8,40	0	3,98	3,98	1/11000	1/11000	1,99	1,99	1,19	0,39	0,39	77,00	77,76			Q=3,98 m ³ /s P2 H=5,0 m
	Estructura de descarga (Canal de riego troncal)	8,40		0	0	1/00	1/00	1,99	1,99	1,19	0	0	77,00	77,00			
401		5,17		12,56	12,56	1/15000	1/15000	1,98	1,98	10,93	0,43	0,43	76,40	76,85	78,38	78,38	
	Vertedor de demasías (II-3)	0,02		4,80	4,80	1/10000	1/10000	1,97	1,97	1,87	0,42	0,42	76,00	76,05			
402		5,19		4,80	4,80	1/10000	1/10000	1,97	1,97	1,87	0,42	0,42	76,00	76,05			
	Estructura de descarga (Canal de riego principal No. 5)	5,01		0	0	1/00	1/00	1,97	1,97	1,87	0	0	75,50	75,45			
501		2,06	0	6,24	6,24	1/20000	1/20000	1,98	1,98	5,40	0,34	0,34	76,00	76,50	77,98	77,98	
502		3,60		6,24	6,24	1/20000	1/20000	1,98	1,98	5,40	0,34	0,34	76,00	76,00			
	Estructura de descarga	5,66		0	0	1/00	1/00	1,98	1,98	5,40	0	0	75,70	75,72	77,70	77,70	

Cuadro 2-16 Plan de estructura secundaria de canal de riego
(Planta de bombeo)

Planta de bombeo	Nombre de canal de riego	Distancia desde el punto de partida km.	Volumen de bombeo (Q) m /s	Carga de bombeo (H) m	Número de bloque relacionado y superficie dominada
P: Planta de bombeo No.1	Canal de riego principal No.2	28,48	17,12	5,5	17, 18, 19, 20 8780 Ha
P: Planta de bombeo No.2	Canal de riego principal No.3	0	3,98	5,0	25 2040 Ha
P: Planta de bombeo No.3	Canal de riego troncal	59,32	3,32	5,5	226 1700 Ha

Advertencia

S : Toma de agua

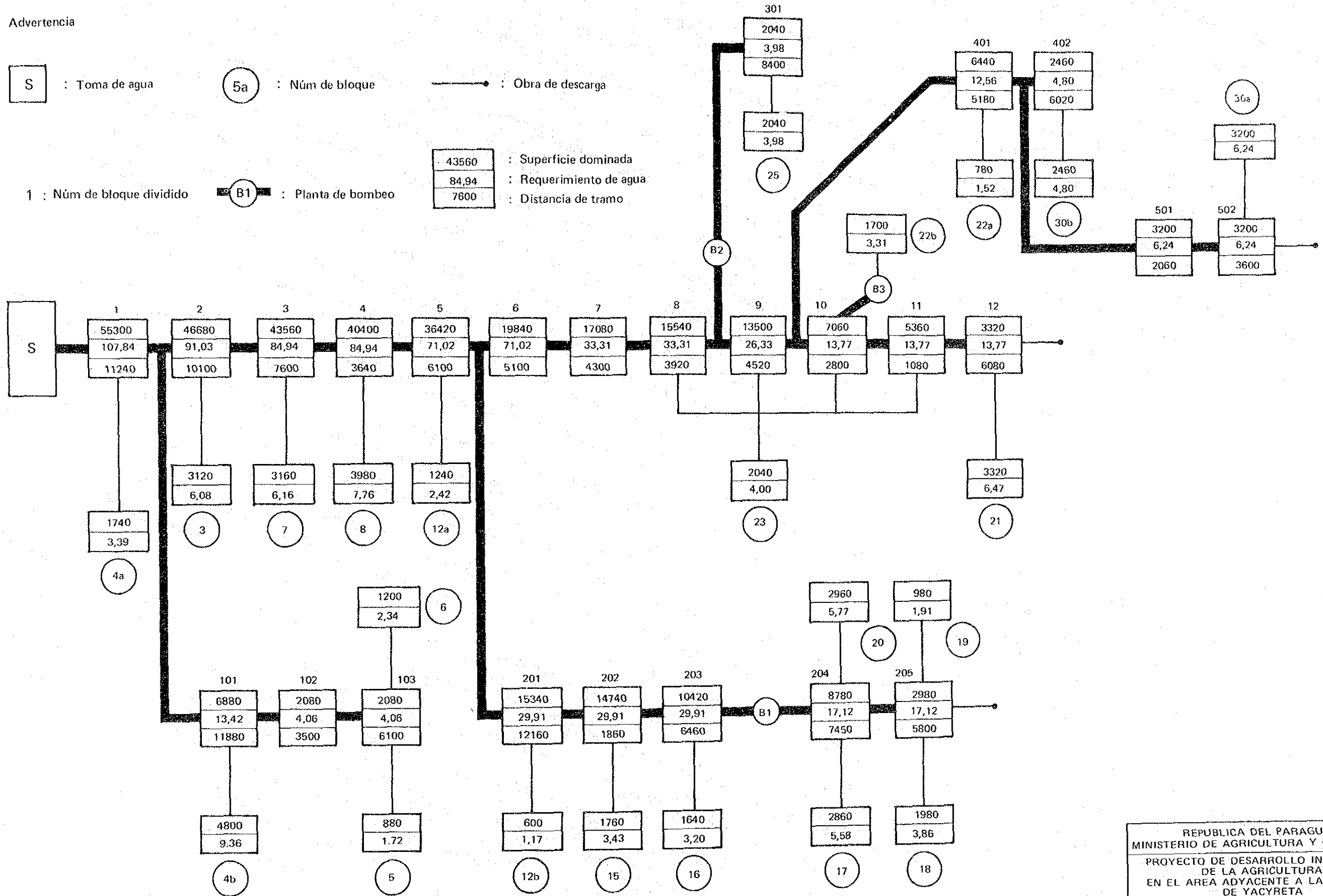
5a : Núm de bloque

→ : Obra de descarga

1 : Núm de bloque dividido

B1 : Planta de bombeo

43560	: Superficie dominada
84,94	: Requerimiento de agua
7600	: Distancia de tramo



REPUBLICA DEL PARAGUAY
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
 PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRADO
 DE LA AGRICULTURA
 EN EL AREA ADYACENTE A LA REPRESA
 DE YACYRETA

DIAGRAMA DE SISTEMA DE RIEGO

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

PLANO 107

2-5-2 Puente canal (conducto subterráneo)

Los puentes canales (acueductos) se instalarán en los lugares donde se cruzan el canal de riego troncal o principal con el canal de drenaje principal.

Los tipos de acueductos que se hacen objeto del estudio son los siguientes:

- * Tipo-1: Canal de riego que se usa como puente canal.
- * Tipo-2: Canal de riego que se usa como sifón.
- * Tipo-3: Canal de drenaje que se usa como conducto subterráneo.

(Véase la Fig. 2-9)

En este plan, es inconveniente adoptar el tipo de sifón de en términos generales, pues dado que la topografía del área de proyecto es sumamente plana siendo pequeña la carga efectiva, si se adoptase el mismo, resultaría grande la pérdida carga.

Por otra parte, considerando que el puente canal constituye una gran estructura que requiere una suma considerable para su cimentación, es preferible adoptar el Tipo-3, es decir usar el canal de drenaje como conductos subterráneo.

La estructura de cimentación se construye para que pueda transmitir sin peligro la carga procedente del conducto subterráneo de tipo cajón a la cimentación de rocas, además de tener en cuenta tanto la durabilidad como el aspecto económico.

Como cimentación, podrán enumerarse los tres tipos: cimentación superficial, cimentación con pilotes, y cimentación con cajones de concreto (casson).

En el área de proyecto, generalmente el suelo se forma por arena, cieno y arcilla, acumulándose una capa sobre otra hasta unos 3 m bajo tierra y alguna capa contiene sustancias orgánicas.

De 3 m a 5 m bajo tierra se encuentran las capas de arena fina o un poco áspera y de arcilla cienosa.

El valor-N es muy pequeño o menos de 10.

A más de 5 m bajo tierra, el valor-N aumenta repentinamente alcanzando 30 a 50.

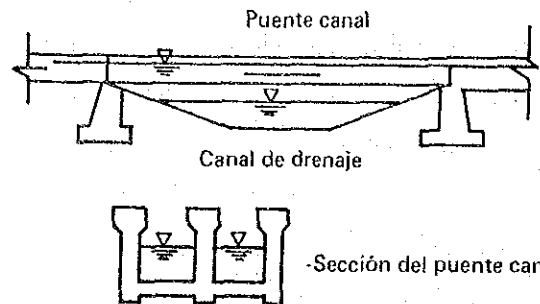
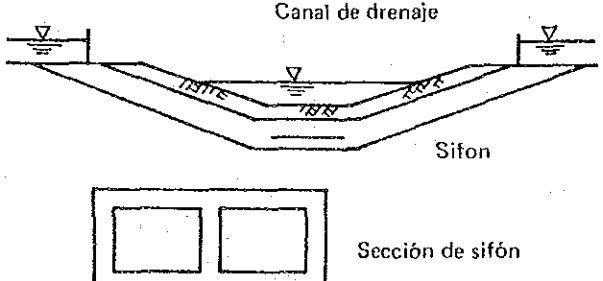
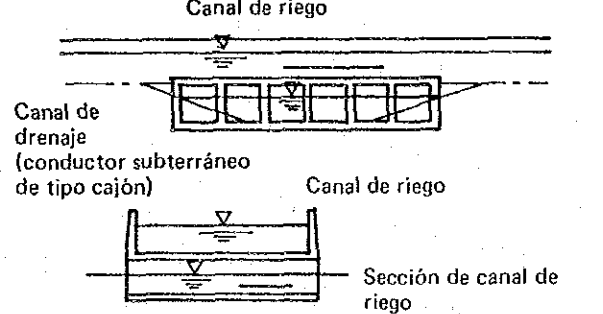
Tipo	Ventajas y desventajas	Esquema
<p>Tipo-1: Canal de riego se usa como puente canal.</p>	<p>* Los tipos de puente canal podrá clasificarse en: puente de PC; puente acero; y puente de RC. Pero teniendo en cuenta tanto la eficiencia de la obra como el aspecto económico, es preferible adoptar el tipo de puente-PC.</p> <p>* Será necesario reservar un espacio de un metro de altura como mínimo para las vigas de puente en la parte inferior al fondo del canal de riego, por consiguiente existe el problema de reservar un espacio libre del canal de drenaje.</p>	 <p>Puente canal</p> <p>Canal de drenaje</p> <p>Sección del puente canal</p>
<p>Tipo-2: Canal de riego que se usa como sifón.</p>	<p>* Es imposible adoptar una estructura de sifón, cuya pérdida de carga resulta grande, puesto que en todo el canal de riego se tiene planeado lograr la utilización efectiva de la carga.</p>	 <p>Canal de drenaje</p> <p>Sifon</p> <p>Sección de sifón</p>
<p>Tipo-3: Canal de drenaje que se usa como conducto subterráneo.</p>	<p>* Se afloja el límite del espacio libre del canal de drenaje, pero es necesario hacer el examen minucioso sobre el hundimiento diferencial y la eficiencia de retención de agua.</p>	 <p>Canal de drenaje</p> <p>Canal de riego</p> <p>Canal de drenaje (conductor subterráneo de tipo cajón)</p> <p>Sección de canal de riego</p> <p>Canal de drenaje</p>

Fig. 2-9 Estudio de las estructuras que se cruzan con el canal de drenaje

Por esta razón, no es conveniente adoptar la cimentación superficial, siendo preferible adoptar la cimentación con pilotes o con pilotes de RC, considerando la cimentación de rocas, la carga y la eficiencia de obra así como el aspecto económico.

2-5-3 Obra de derivación

Las instalaciones derivadoras se construyen en los lugares donde se ramifican aguas desde el canal de riego troncal a los canales de riego principales o desde un canal de riego principal a los demás canales principales y laterales, a fin de distribuir el agua a todos los bloques de riego ajustando a los requerimientos de uso consuntivo.

Por esta razón, las instalaciones derivadoras deben ser adaptadas a la variación tanto de las condiciones hidráulicas como de las formas de uso de agua; pudiendo, a la vez, demostrar sus funciones estructural e hidráulica en forma estable y segura, además de ser económicas.

Al construir las instalaciones derivadoras, es necesario construir las instalaciones de aforo como estructuras secundarias.

Las instalaciones derivadoras podrán clasificarse en varios tipos tales como: tipo de canal, tipo de corriente vertiente, tipo de escurrimiento supercrítico (partidor en condiciones de escurrimiento), y tipo de esclusa.

Para determinar el tipo más adecuado se hicieron estudios teniendo en cuenta diversas condiciones como: tipo del canal de riego, dimensión del mismo, caudal derivado, instalación de aforo, topografía, etc.

Como resultado se ha confirmado que en este plan, es inconveniente adoptar el tipo de corriente vertiente o el tipo de escurrimiento supercrítico, puesto que la carga no tiene suficiente tolerancia.

Asimismo, considerando la correlación entre el caudal derivado y la pérdida carga, sería difícil adoptar el tipo de esclusa.

En virtud de lo anterior, se adoptará el tipo de canal, y la forma de la instalación derivadora será tal como se señala en la Fig. 2-10, es decir considerando la dirección de derivación y la dimensión de estructura, se tiene planeado derivar el agua en dirección vertical al curso de canal colocando una compuerta en el punto de derivación.

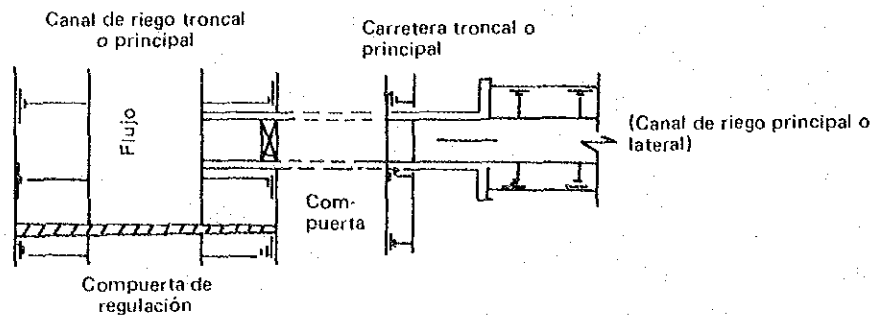


Fig. 2-10 Instalación de derivación de tipo de canal

En este tipo de instalación derivadora, como el caudal derivado difiere según la oscilación del nivel de agua, es necesario colocar la compuerta de regulación en la parte del curso inferior, pero observando desde el punto de vista económico, es inconveniente colocarla ocupando todo el lugar donde se encuentra la instalación derivadora, por lo que el caudal derivado se regularizará conforme al nivel de la compuerta de regulación, que se instala en cada tramo determinado.

(1) Tipo que atraviesa el camino

Los tipos que atraviesan los caminos se clasifican en dos: tipo de puente; y tipo de conducto subterráneo de cajón de concreto, pero como se describen ventajas y desventajas en la Fig. 2-11, es preferible adoptar el tipo de conducto subterráneo de cajón, que es más ventajoso económicamente.

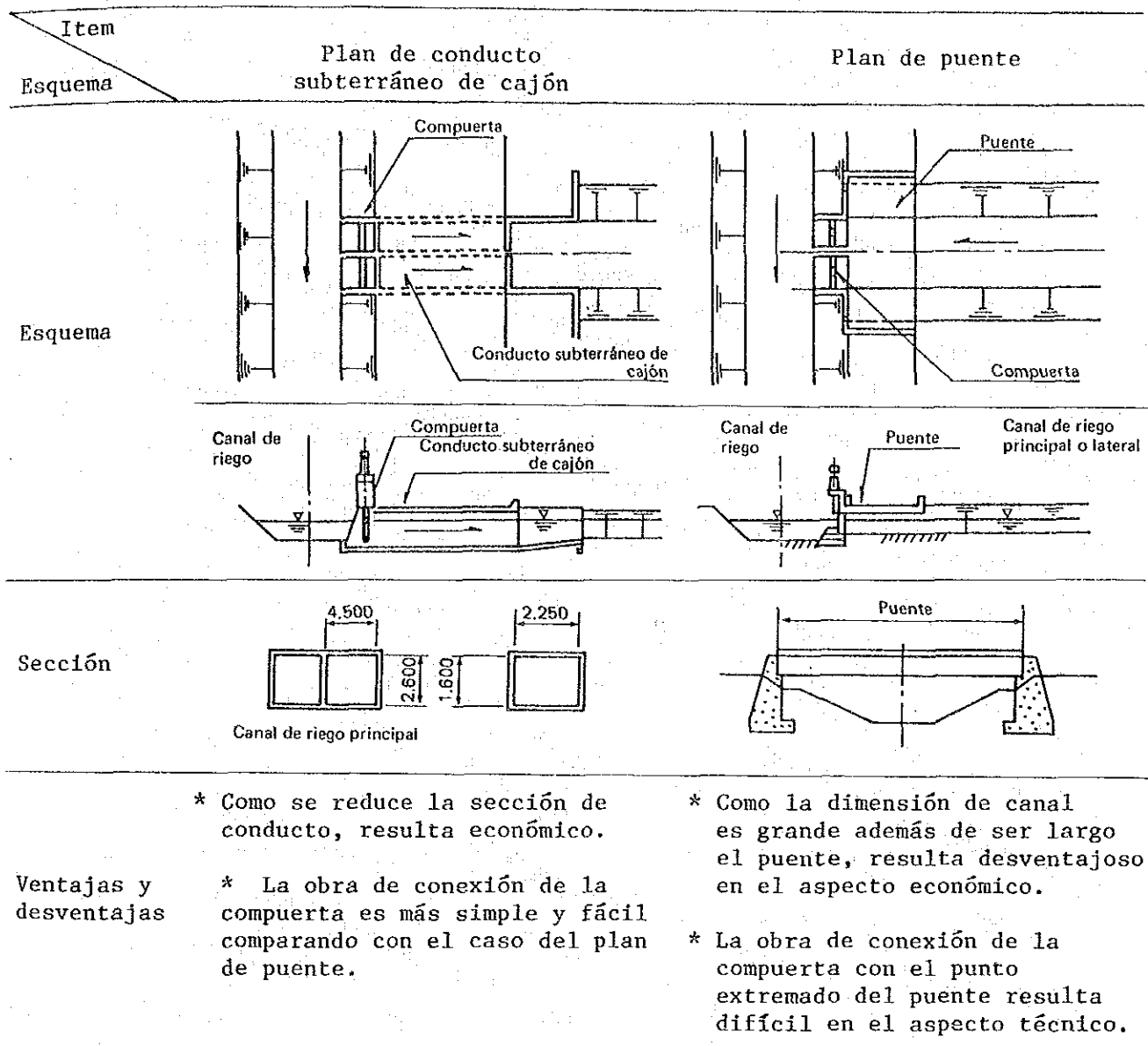


Fig. 2-11 Tipo que atraviesa el camino

(2) Tipo de compuerta

Los tipos de compuerta que se pueden adoptar en este plan son: compuerta de acero y compuerta de madera.

De acuerdo con los datos comparativos que se mencionan en la Cuadro 2-17, se adoptará la compuerta de acero para el canal principal, y la compuerta de madera para el canal lateral.