

0  
H 35  
A 29a  
I

36596

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ANTEPROYECTO DE LA OBRA DE TOMA DEL CANAL DE DIOS Y  
OBRAS COMPLEMENTARIAS

PROVINCIAS SANTIAGO DEL ESTERO - CHACO  
EXPEDIENTE N° 1664



INFORME DE AVANCE

©/H 35  
A 29a  
I

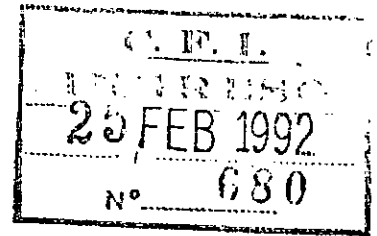
X 12  
H 1112  
H 2226

Autor: Ing. José Luis Aradas

Colaborador: Ing. Jorge Arancibia

Febrero 1992

*Diego Rafael Perez*  
*inf. Canal*



Buenos Aires, 25 de febrero de 1992

Consejo Federal de Inversiones  
Sr. Secretario General del C.F.I.  
Ing. Juan José Ciacara

Ref.: Anteproyecto de la obra de toma  
del Canal de Dios y Obras Com-  
plementarias. Expediente: 1664

De mi mayor consideración:

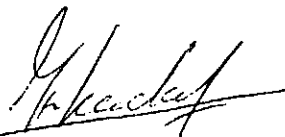
Tengo el agrado de elevar a vuestra consideración cuatro (4) copias del Informe de Avance correspondiente al Estudio de la referencia.

Este informe cubre las tareas realizadas para la implementación de sitios alternativos para la obra de toma.

Solicito sea justificado el atraso en la presentación del Informe de Avance en razón de la demora ocasionada en los trabajos de campo.

Esperando que este envío cuente con vuestra aprobación, quedo a su disposición para cualquier aclaración que fuese necesaria.

Sin otro particular, lo saludo atentamente.

  
Ing. José Luis Aradas

JLA/sff  
Adj.: lo mencionado

ANTEPROYECTO DE LA OBRA DE TOMA DEL CANAL DE DIOS Y  
OBRAS COMPLEMENTARIAS

INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- OBJETO DEL INFORME
- 3.- INFORMACION UTILIZADA
- 4.- VIAJE DE RECONOCIMIENTO
- 5.- ELECCION DE ZONAS DE IMPLANTACION PARA LAS OBRAS DE TOMA

## ANTEPROYECTO DE LA OBRA DE TOMA DEL CANAL DE DIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

### 1.- Introducción

Este informe presenta el avance de las tareas realizadas correspondientes a la Identificación de localizaciones alternativas para el emplazamiento de la obra de toma del Canal de Dios.

El Canal de Dios tiene como finalidad proveer de agua potable a importantes localidades de la región chaco-santiagueña, y en menor medida para consumo pecuario y agrícola.

La obra de toma actual se ubica en la Provincia de Salta en el paraje San Miguel (Departamento Anta), a unos 5 km. del límite interprovincial entre Santiago del Estero y Salta, en el río Salado. Como consecuencia de la creciente de 1984 se produjeron serios inconvenientes en la obra de toma como producto de la erosión fluvial, provocando que la boca-toma quede fuera de servicio. Actualmente el Canal de Dios es alimentado por medio de un canal de 4 km. de longitud que se desarrolla aguas arriba de la toma actual.

A efectos de dar solución definitiva al problema de la toma de agua para alimentar al Canal de Dios, el Consejo Federal de Inversiones encomendó al Ing. José Luis Aradas realizar un



estudio a nivel de Anteproyecto de la obra de toma y obras complementarias.

El Plan de trabajos se ha dividido en las siguientes cuatro etapas.

- I. Identificación de soluciones alternativas de la toma.
- II. Selección de soluciones de emplazamiento, tipo y disposición de obras de la toma.
- III. Definición de las normas de operación de la toma, la metodología de mantenimiento del canal y el dimensionamiento de los reservorios de agua para poblaciones.
- IV. Anteproyecto de la toma y obras complementarias.

La identificación se ha realizado sobre la base de la información disponible a la fecha, el reconocimiento terrestre realizado a la zona de estudio y los relevamientos topográficos realizados en forma expeditiva. Es de hacer notar que en esta etapa no se ha contado con estudios de suelos. Los relevamientos se han programado luego de la visita efectuada al lugar. Para ello hubo que definir un tramo de río el cual surgió de considerar como condición de borde la traza del Canal de Dios, ya construido, como así también las ubicaciones de la toma nueva y vieja. También se ha realizado un aforo líquido y un aforo de sólidos en suspensión.

Se han efectuado cálculos hidráulicos preliminares para distintos

caudales. a efectos de caracterizar niveles de agua y velocidades en el tramo del río.

Este informe consta de esta introducción, objeto del informe, información utilizada, viaje de reconocimiento y elección de zonas de implantación para la obra de toma.

## 2.- Objetivo del Informe

El objetivo del informe es presentar el avance de la tareas realizadas para la identificación de alternativas de localización de emplazamientos de la obra de toma.

## 3.- Información Utilizada

### - Hidrología

Estadística Hidrológica hasta 1980, Agua y Energía Eléctrica.

Estadística Hidrológica años 72-73; 82-83, Agua y Energía Eléctrica.

### - Topografía

# Instituto Geográfico Militar - I.G.M., Planchetas, escala 1:250.000

Hoja 2563; III Joaquín V. Gonzalez. Provincias de Salta, Chaco y Santiago del Estero.

Hoja 2763; I Nueva Esperanza, Provincias de Santiago del Estero, Salta y Tucumán.

Hoja 2763; III Santiago del Estero.

# Planimetría General, escala 1:100.000, Dirección General de Recursos Hídricos, año 1977.

- Informes

# Informe sobre aforos líquidos, aforos sólidos y análisis químico en la zona de estudio, Convenio Bilateral C.F.I., Provincia de Santiago del Estero, fecha 10/10/91.

# Obra de Toma Canal de Dios, Dirección General de Recursos Hídricos, año 1977. No se ha contado con la totalidad del informe.

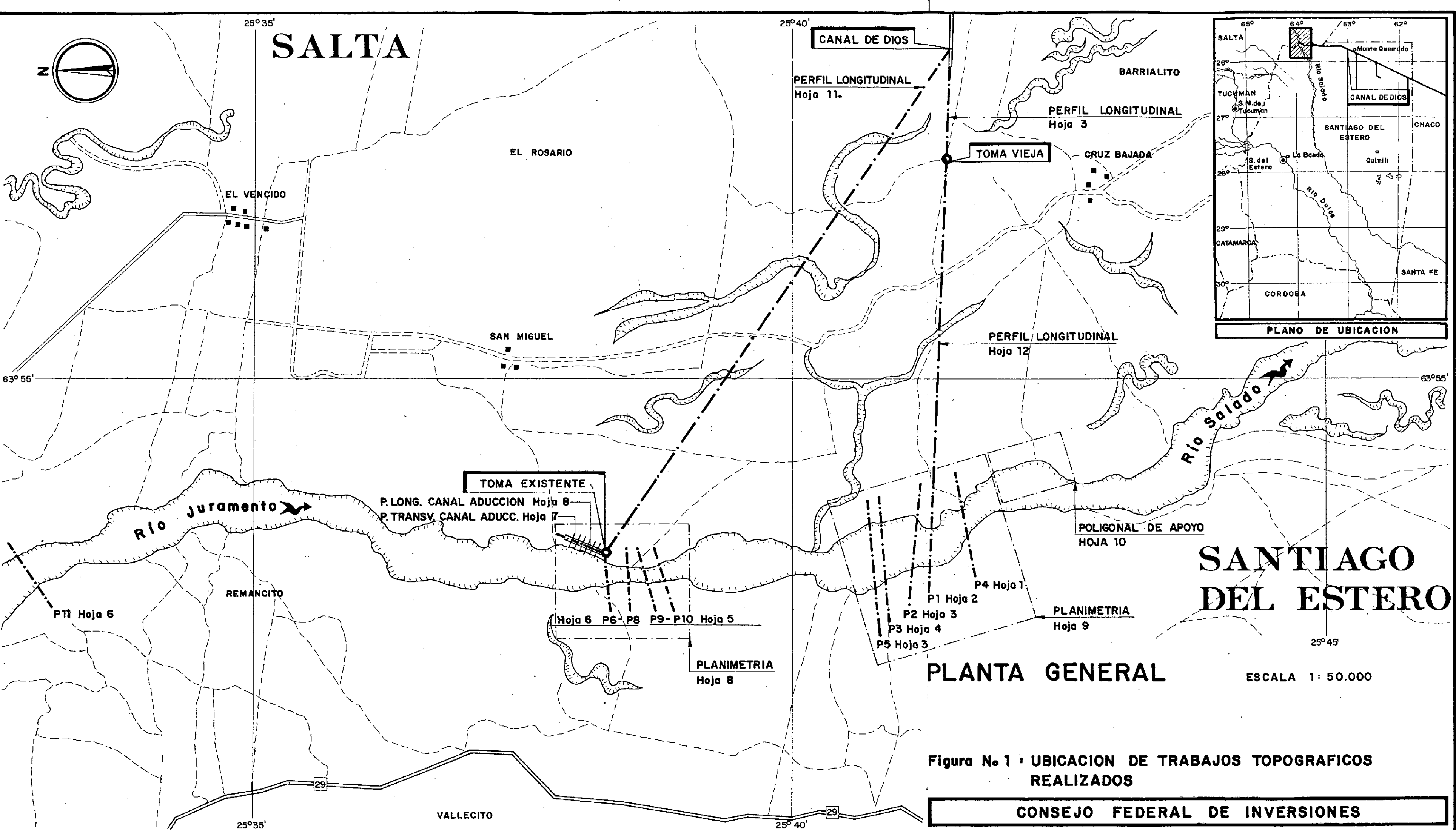
# Evaluación de las condiciones actuales de funcionamiento del Canal de Dios y condiciones de diseño en distintos tramos, C.F.I., Ing. Jorge Arancibia, año 1990.

- Relevamientos de Campo

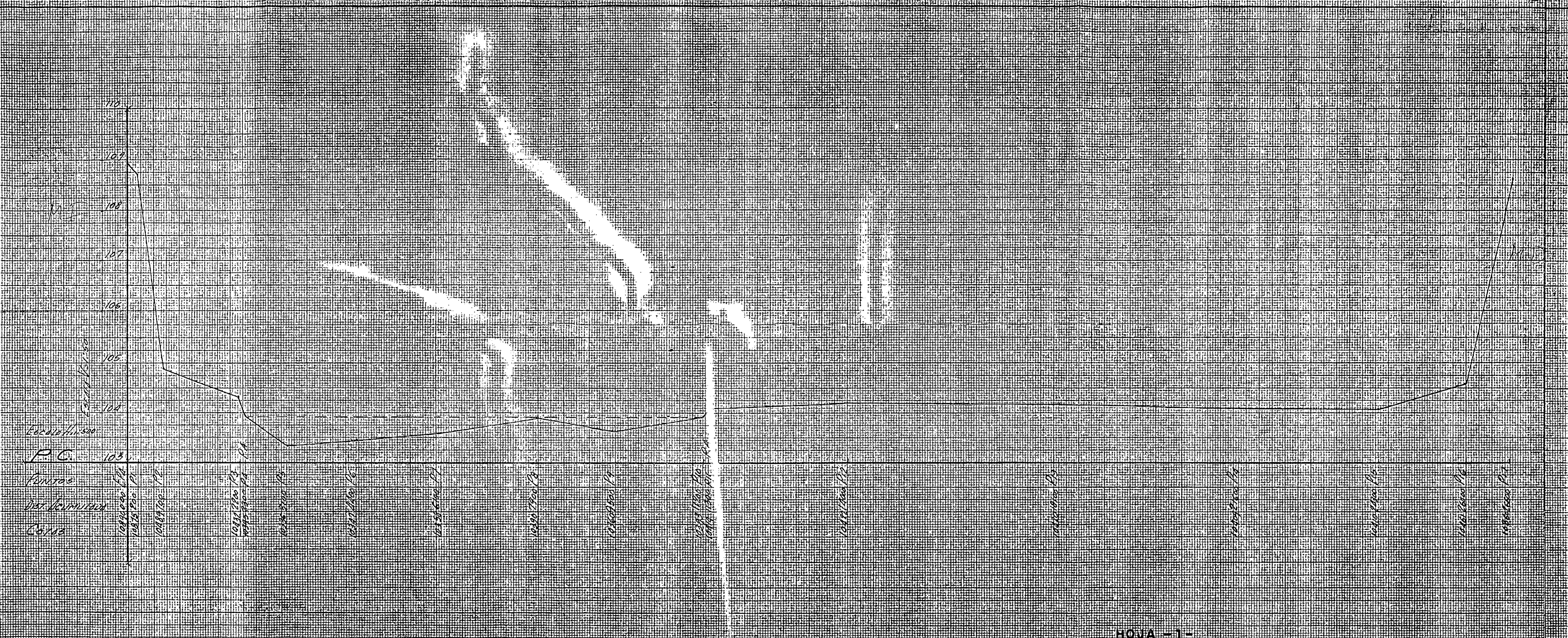
Se han realizado relevamientos topográficos expeditivos en las zonas de la obra de toma actual y en la obra de toma vieja.

Dichos relevamientos consistieron en perfiles transversales al río, perfiles longitudinales y planimetrías.

La Figura N° 1 presenta la localización de los relevamientos efectuados, mientras que las hojas N° 1 a 12, presenta los perfiles transversales al río, perfiles longitudinales y planimetrías.







110  
109  
108  
107  
106  
105  
104  
103  
PC  
Río  
Dist. Com. 1000  
Cerro

P1  
1040.000  
1035.000

P2  
1038.000

P3  
1036.000

P4  
1034.000

P5  
1032.000

P6  
1030.000

P7  
1028.000

P8  
1026.000

P9  
1024.000

P10  
1022.000

P11  
1020.000

P12  
1018.000

P13  
1016.000

P14  
1014.000

P15  
1012.000

P16  
1010.000

P17  
1008.000

P18  
1006.000

P19  
1004.000

P20  
1002.000

P21  
1000.000

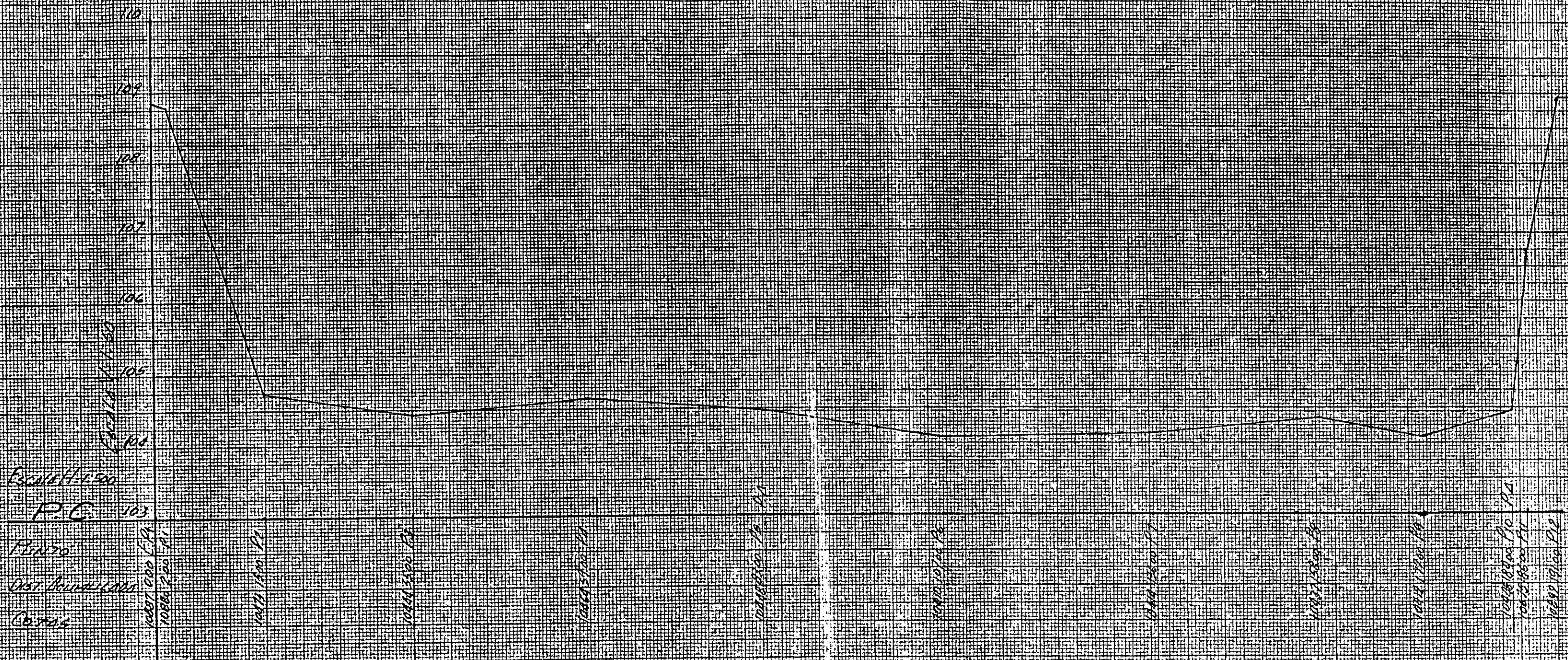
P22  
998.000

PELON  
PERFIL TRANSVERSAL RIO Nº 4  
ESTACION 100.000  
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUENTE  
CERRILLO

Esc.  
Cm.

HOJA -1-  
MINISTERIO DE ECONOMIA DEL PODER  
ADMINISTRACION PROV. DE REC. HIDRICOS  
OBRAS  
FUTURO EMPLEO OBRAS EN LA COMUNIDAD DE DIOS  
CONVENIO C.F.I.





HOJA - 2 -

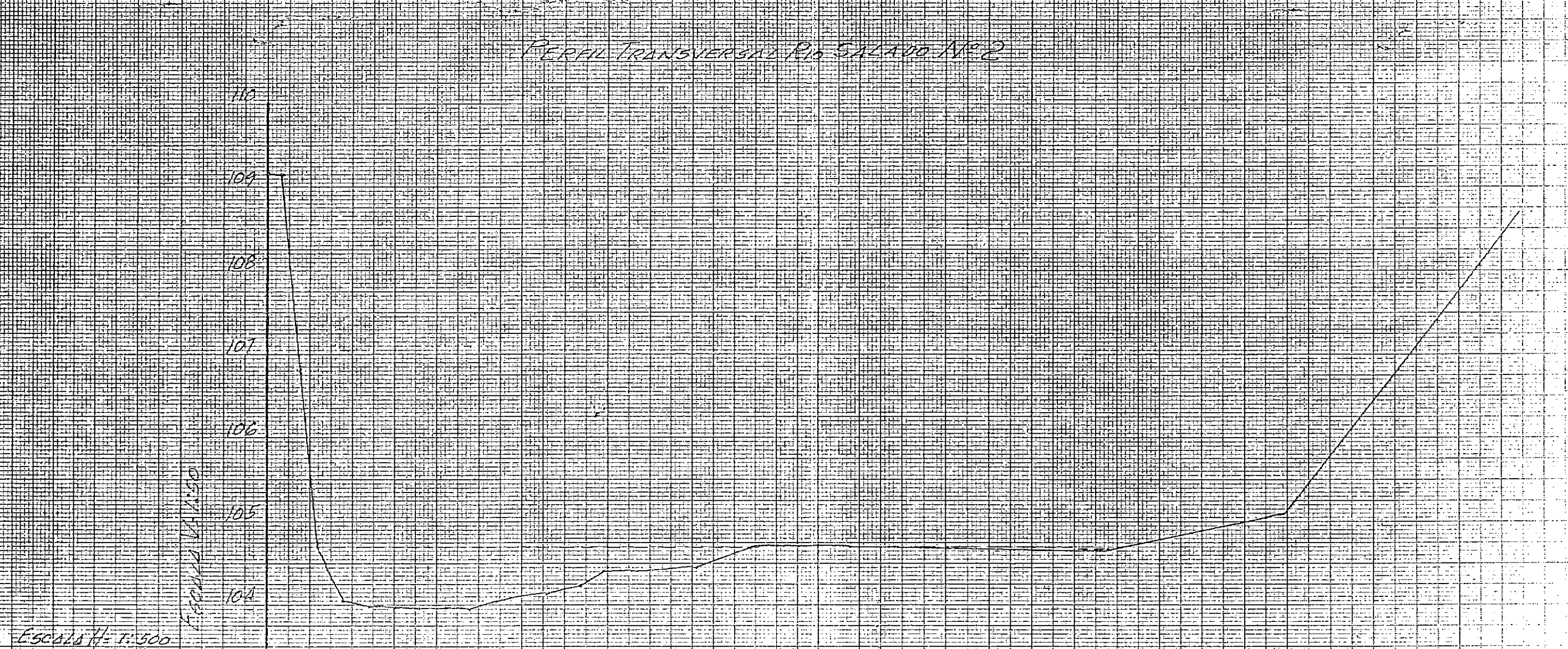
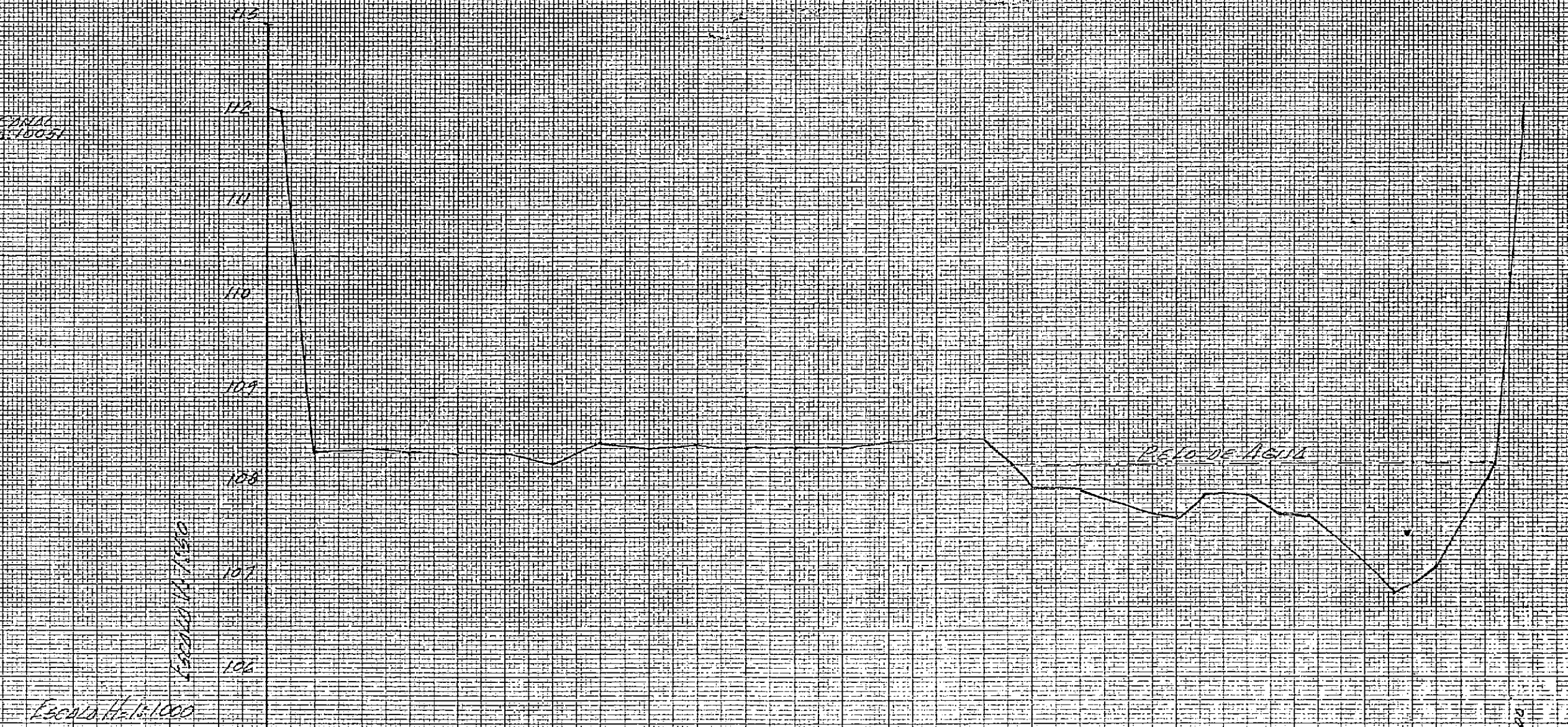
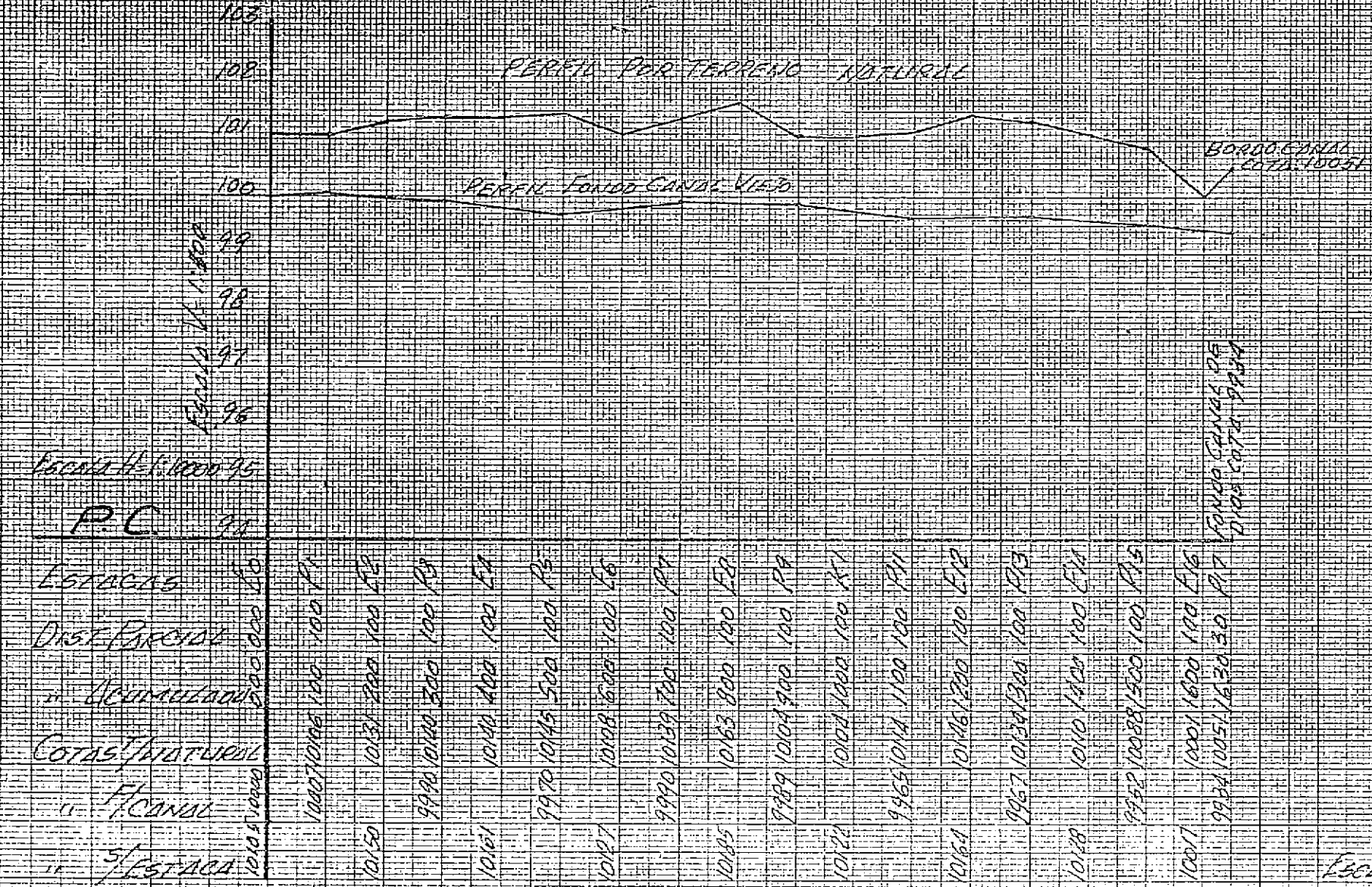
PLANO <b>PERFIL TRANSVERSAL 1</b>		ESCALA CODIGO	JEFA TOTA DE EST. Y PROYECTOS	SANTIAGO DEL ESTERO ADMINISTRACION PROV. DE RECURSOS HIDRICOS
ESTUDIO DE PROYECTO CALIFICACION	TOPOGRAFIA DISEÑO COORDINADOR	FECHA 1980	CARA FUTURO EMPLAZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS CONVENIO C.F.I.	PLANO



PERFIL LONGITUDINAL DEL VIEJO  
CANAL DE DIOS REY

PERFIL TRANSVERSAL DEL RIO SANTIAGO N° 5  
Escala 1:500

PERFIL TRANSVERSAL RIO SALADO N° 2



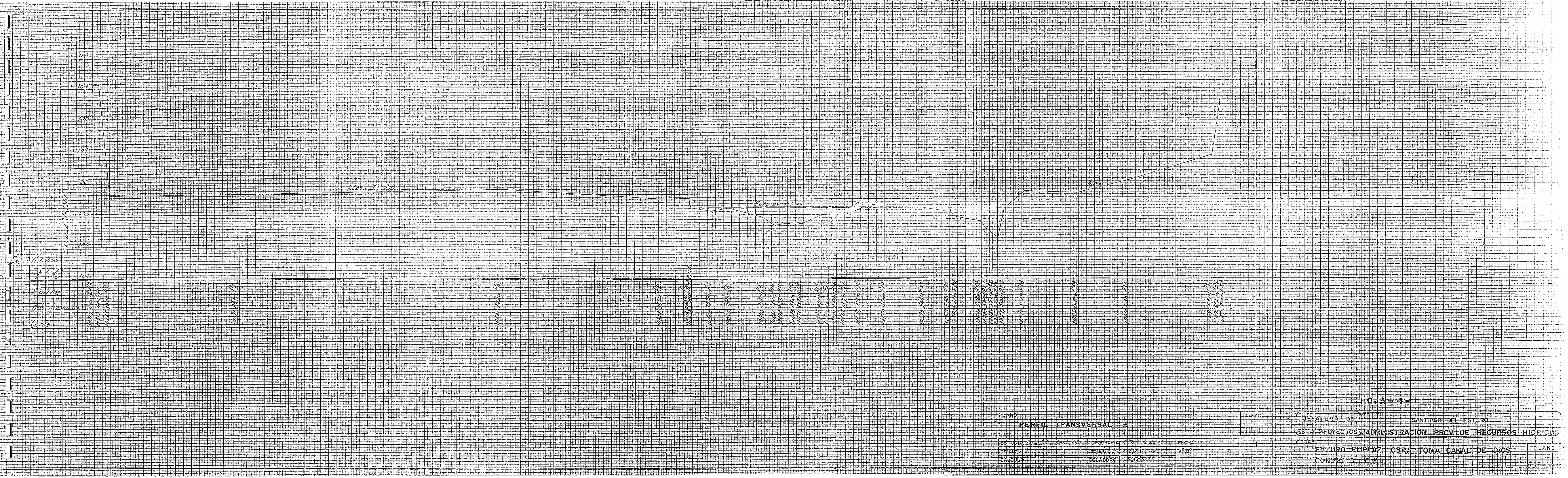
PLANO:  
PERFIL LONGITUDINAL DEL VIEJO CANAL DE DIOS REY  
PERFILES TRANSVERSALES RIOS N° 5 Y 2  
Escala 1:500

PROYECTO:  
CONSTRUCCION DEL CANAL DE DIOS REY  
CONVENIO C.F.I.

HOJA - 3 -

SECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS  
ADMINISTRACION PROV. DE REG. HIDRICAS  
OBRAS:  
FUTURO EMPLEO OBRAS CANAL DE DIOS REY  
CONVENIO C.F.I.





PLANO		ESC.	
PERFIL TRANSVERSAL 3			
ESTUDIO: <i>Ing. J. D. BANCHEZ</i>	TOPOGRAFIA: <i>E. PORCUNAN</i>	FECHA:	
PROYECTO:	DISEÑO: <i>E. PORCUNAN</i>	Vº 6º	
CALCULO:	DOLABORO: <i>E. PORCUNAN</i>		

GOBIERNO DE  
SANTIAGO DEL ESTERO

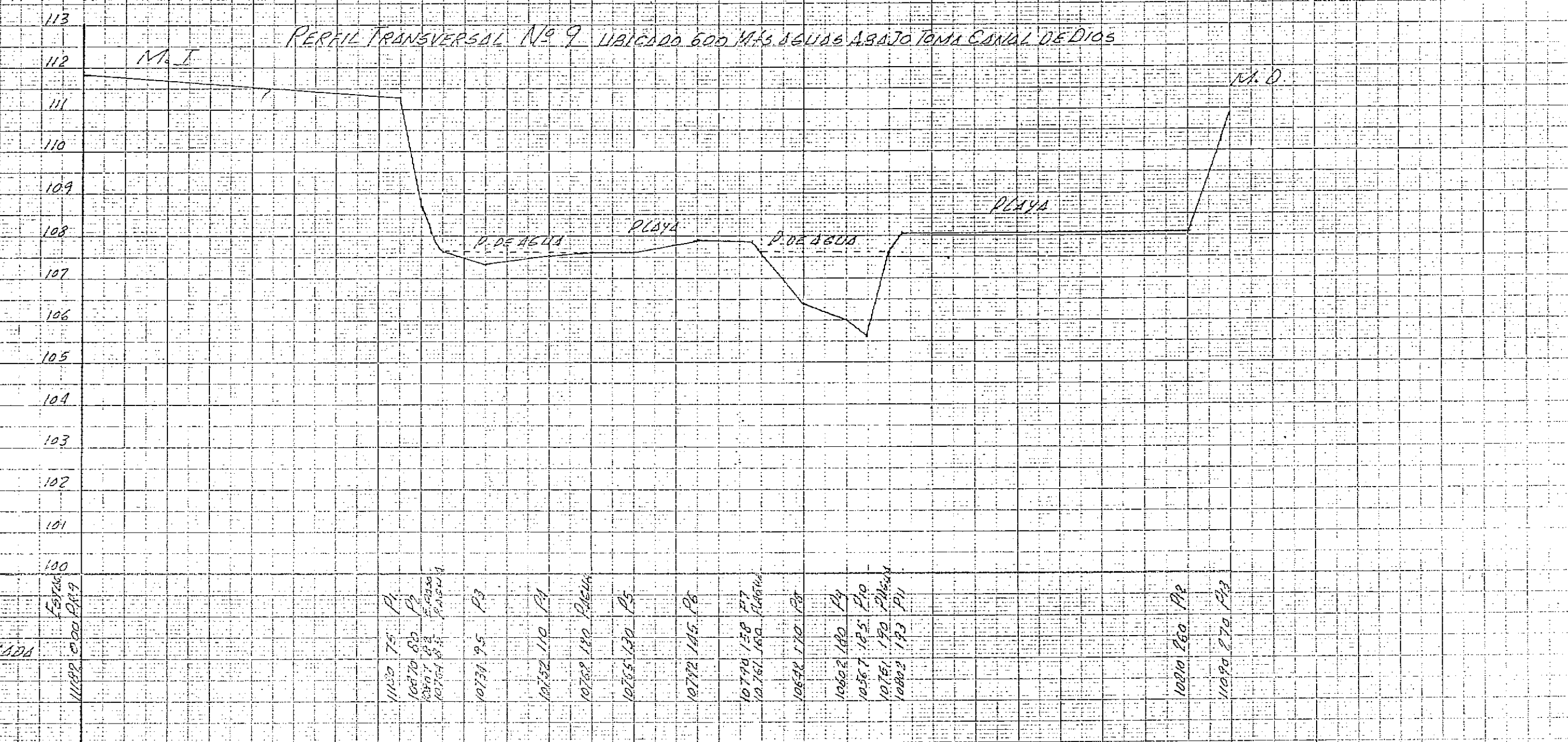
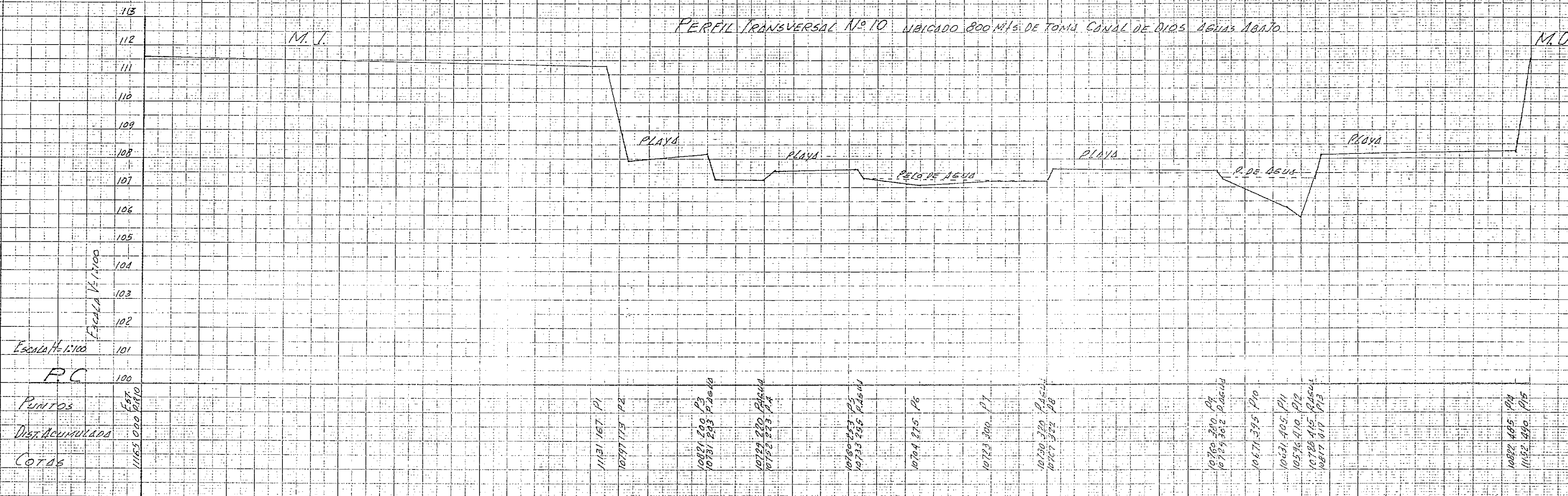
DEFATURA DE  
EST. Y PROYECTOS

ADMINISTRACION PROV. DE RECURSOS HIDRICOS

OBRA:  
FUTURO EMPLAZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS  
CONVENIO C.F.I.

PLANO N°





HOJA - 5 -

PLANO: PERFIL TRANSVERSAL RIO SALADO AGUAS  
100 MTS. TOMA CANAL DE DIOS Nº 10 y 9

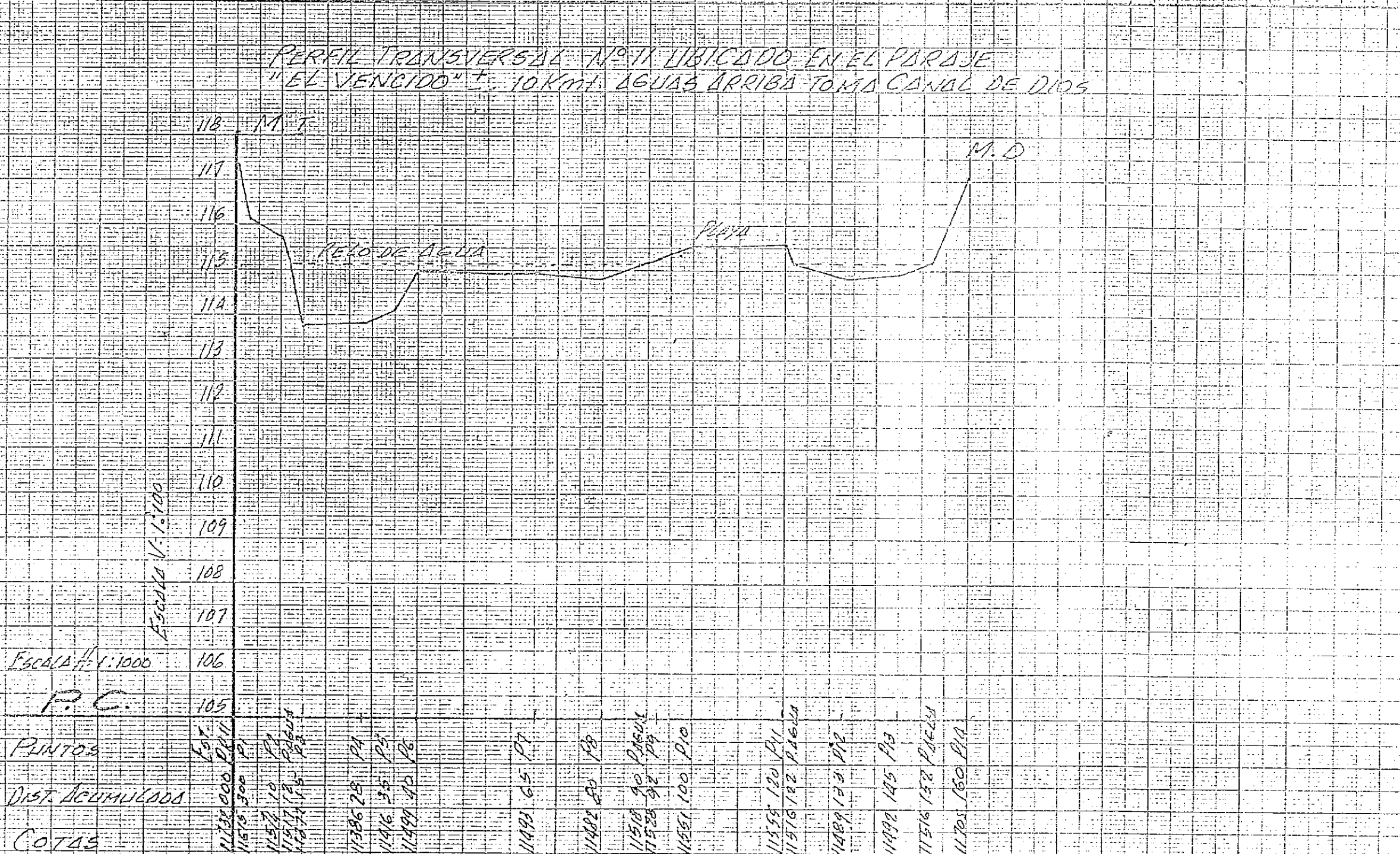
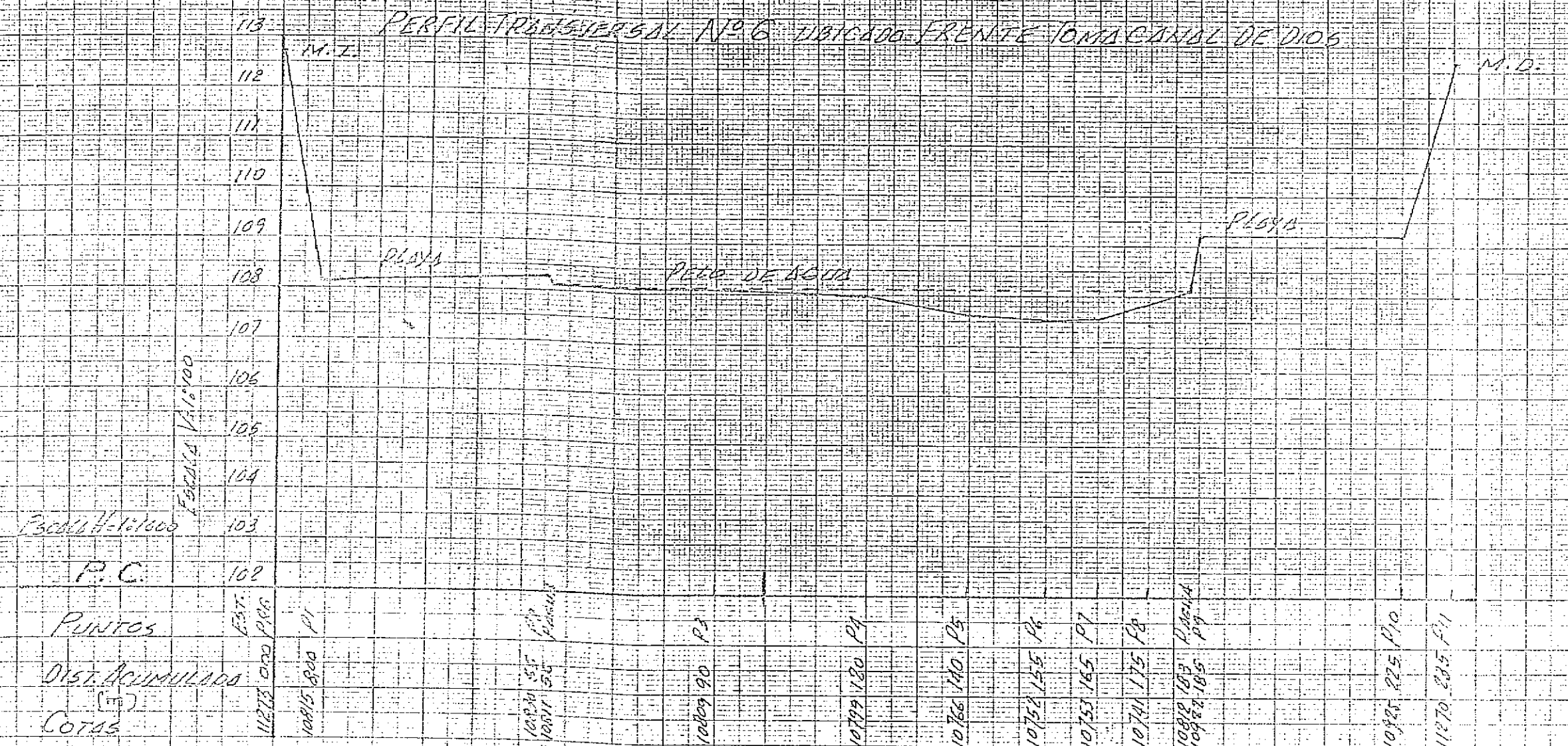
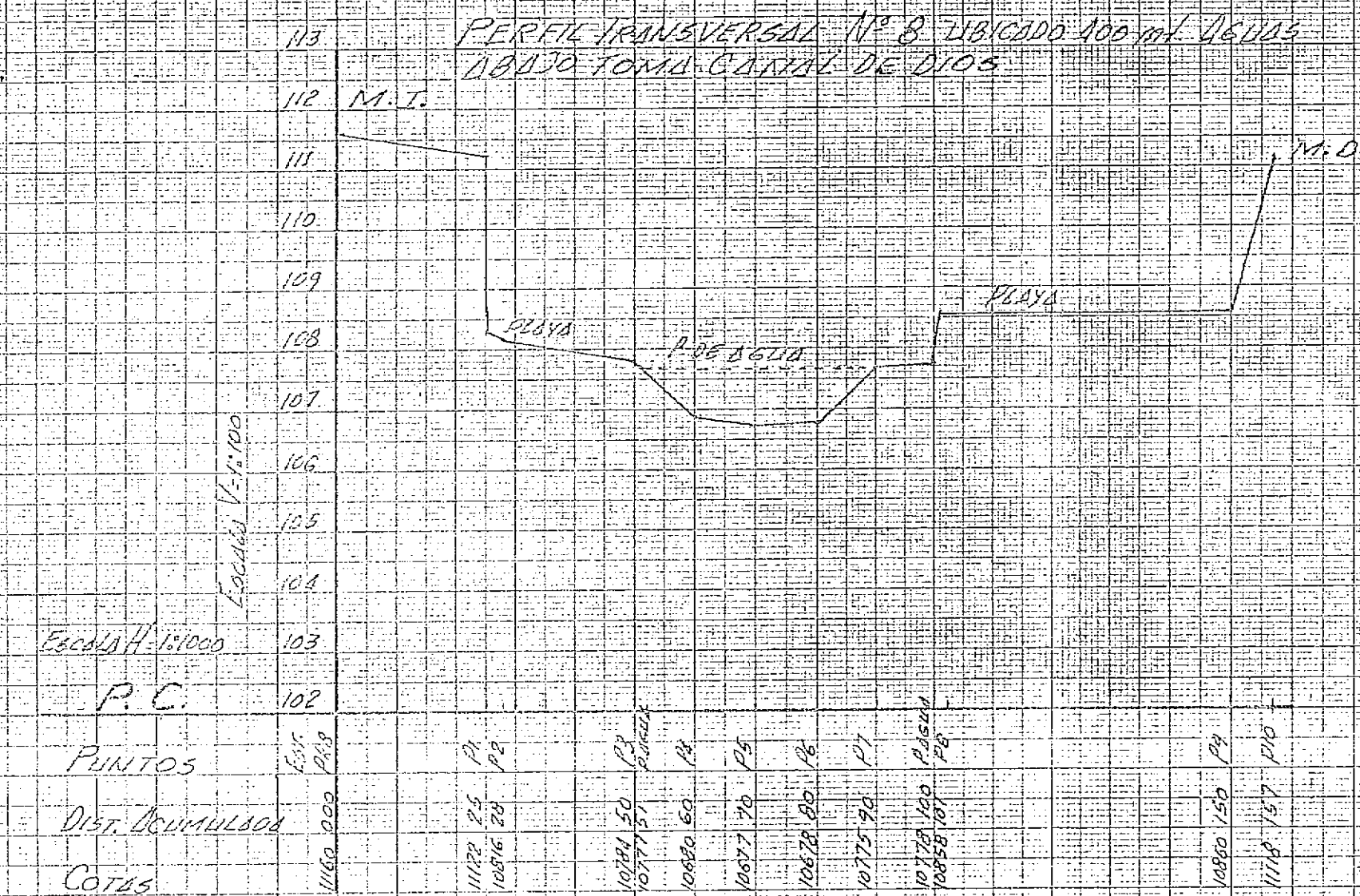
ESTUDIOS INGT.C.D.S. V. GARCIA E. DURAN  
PROYECTO: MAQUINARIA COSTA SUR  
CANCUN

FECHA: 10/8/80

Esc.  
Codigo

SECRETARIA DE  
EST. Y PROYECTOS: SANTIAGO DEL ESTERO  
OBRAS: ADMINISTRACION PROV. DE REG. HIDRICOS  
FUTURO EMPLOZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS  
CONVENIO C.F.I.





Plano: PERFIL TRANSVERSAL RIO SOLADO AGUAS  
DEBajo TOMA CANAL DE DIOS Nº 8 Y 6  
Y PERFIL TRANSV. EN "EL VENCIDO"

ESTUDIO: Ing. J. C. SANCHEZ  
PROYECTO  
CALCULO

TOPOGRAFIA: E. CORVALAN  
DIBUJO: E. CORVALAN  
COTAS: 100

FECHA  
V.B.

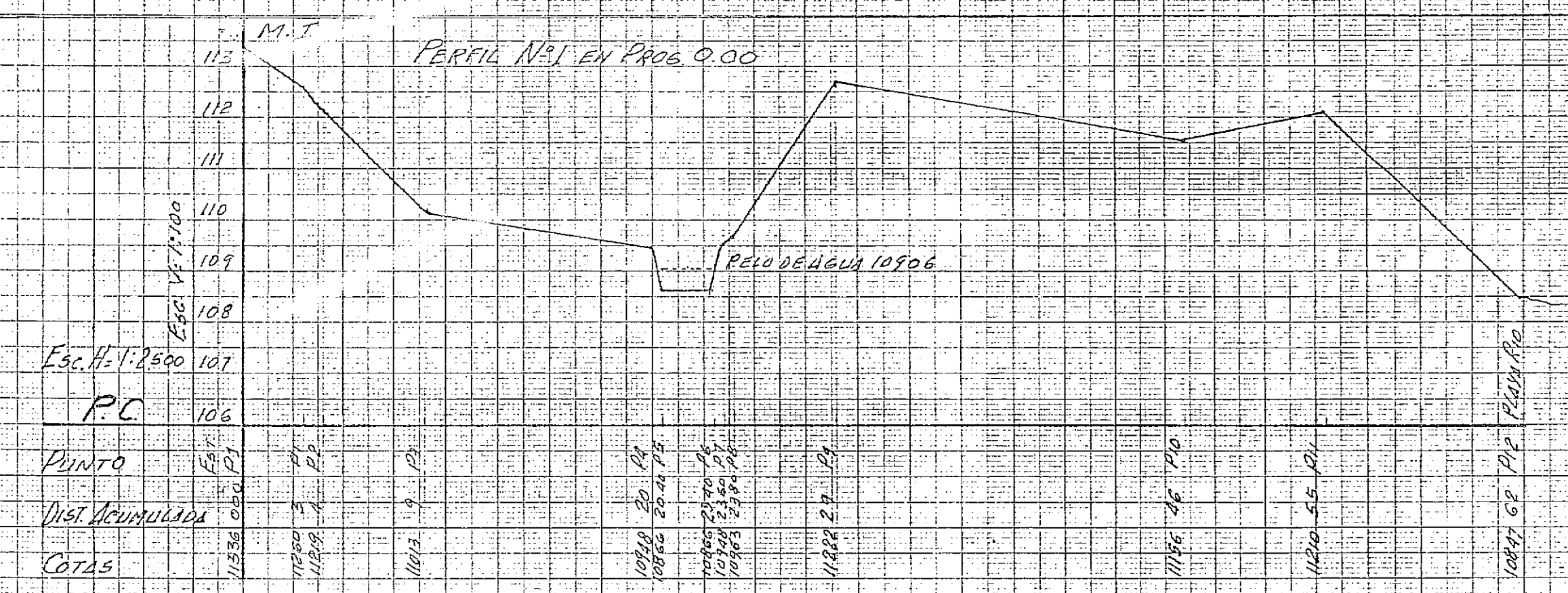
HOJA - 6 -

JEFE DE  
EST. Y PROYECTOS  
OBRA:

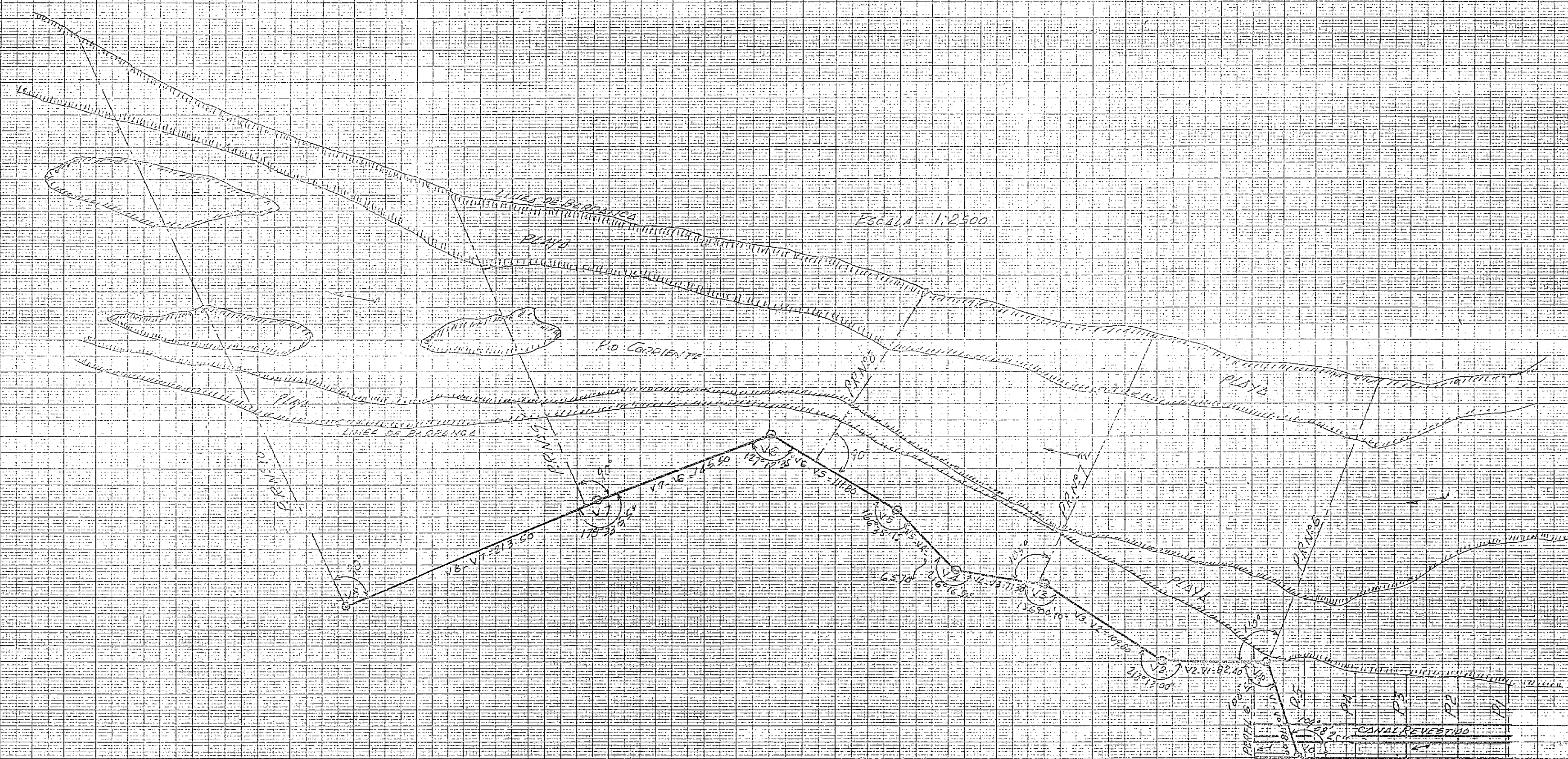
SANTIAGO DEL ESTERO  
ADMINISTRACION PROV. DE REG. HIDRICOS

FUTURO EMPLAZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS  
CONVENIO C.F.I.









Escala 1:2500

Escala 1:1500

P.C.

PUNTOS

DIST. ACUMULADA

COTAS NATURAL

" FICANAL

" 1/2 ESTACA

PLANO

POLIGONAL DE APOYO PARA TRAZADO DE PERFILES AGUAS ABAJO TOMA CANAL DE DIOS Y DE CANAL ADUCTOR

Estudio: Ing. J.C.D. SANCHEZ	Topografía: E. CORVALAN	FECHA:
PROYECTO:	DIBUJO: E. CORVALAN	Vº Bº
ESTUDIO:	COLABORÓ:	

Esc.
Grado

JEFATURA DE  
Est. y Proyectos  
OBRAS

SANTIAGO DEL ESTERO  
ADMINISTRACION PROV. DE REG. HIDRICOS  
FUTURO EMPLAZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS  
CONVENIO CON C.F.I.

HOJA - 8 -

113  
112  
111  
110  
109  
108  
107  
106  
105  
104  
103  
102  
101  
100  
Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000

PERFIL TERRENO NATURAL

PERFIL FONDO CANAL REVESTIDO

SENO DE CURVATURA

PERFIL LONGITUDINAL CANAL ADUCTOR

Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000

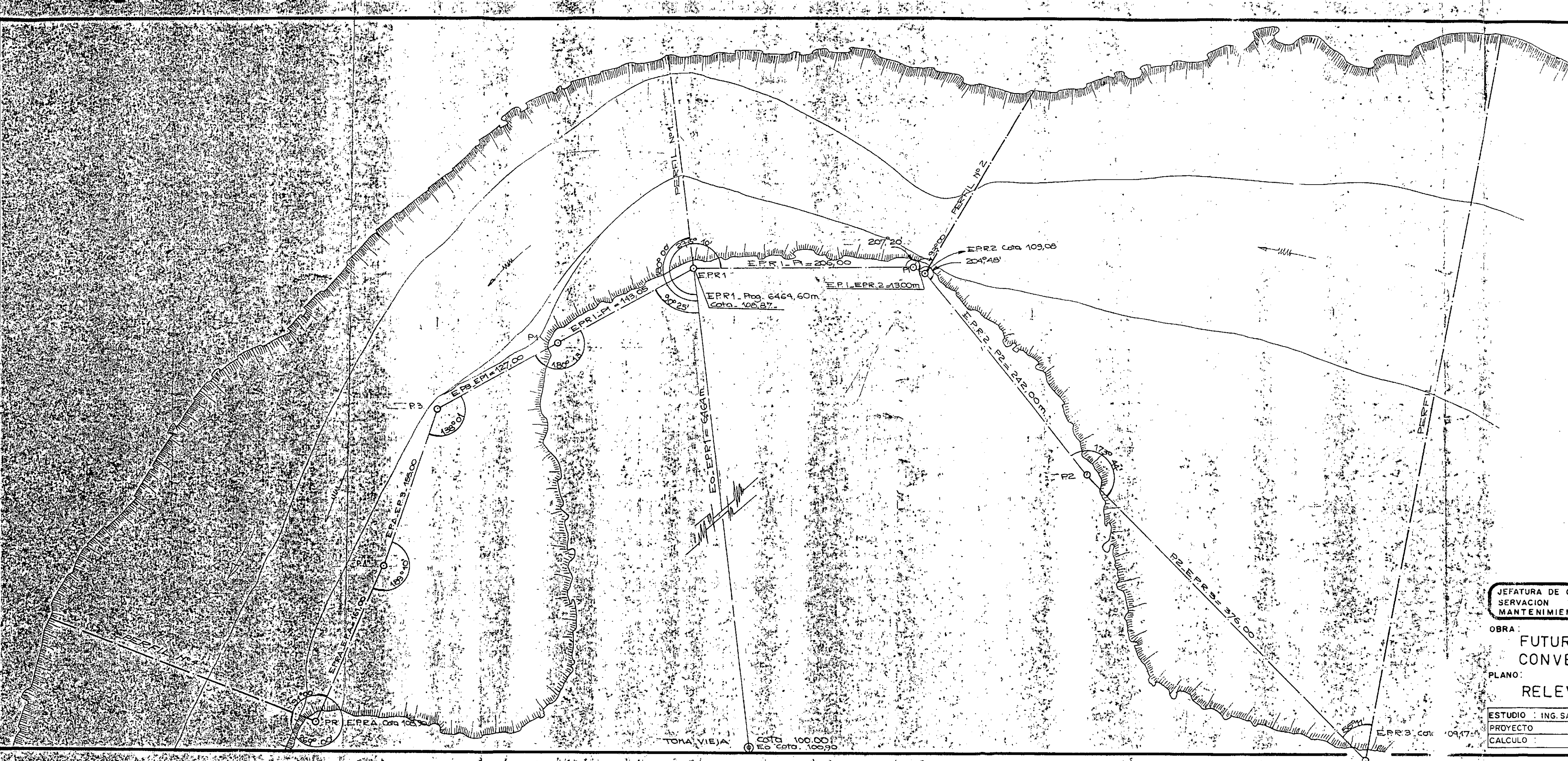
Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000

Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000

Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000

Est.  
1195 1178 1163 1148 1133 1118 1103 1088 1073 1058 1043 1028 1013 1000





HOJA -9-

JEFATURA DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

SANTIAGO DEL ESTERO  
ADMINISTRACION PROV. DE RECURSOS HIDRICOS

OBRA:  
FUTURO EMPLAZ. OBRA DE T. C. DE DIOS.  
CONVENIO C.F.I. - S/RIO SALADO.

PLANO:  
RELEV. TOPOGRAFICO. PLANIMETRIA.

ESTUDIO : ING. SANCHES

TOPOGRAFIA: ERIBERTO CORBALAN

PROYECTO

DIBUJO : DANIEL E. SORIA

CALCULO

COLABORO

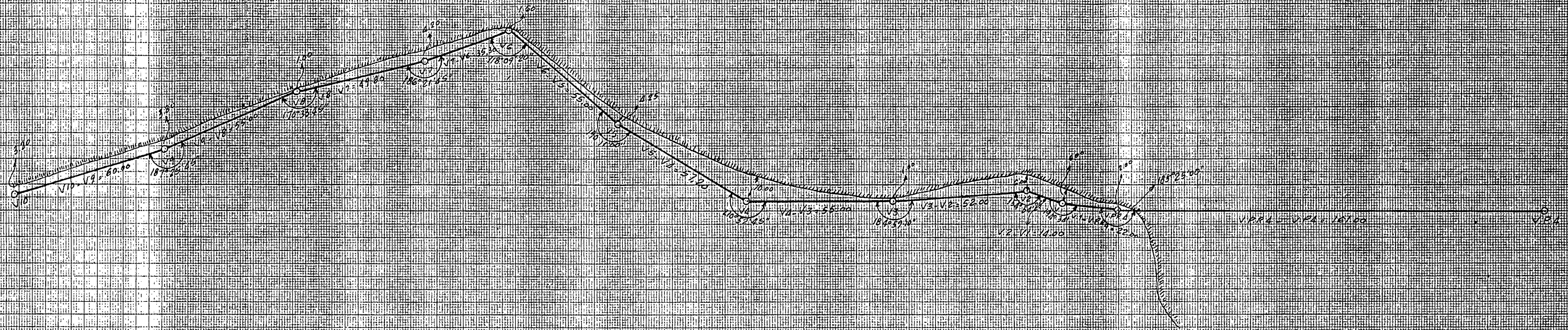
FECHA: 09/17

VºBº

PLANO  
ESCALA 1:2500  
CODIGO

TOMA VIEJA Cota 100.00  
Eo Cota 100.90





PLANO:

POLIGONAL DE APOYO PARA DETALLE DE  
CURVA UBICADA AGUAS ABAJO VERTICE  
P.R. 4

ESCALA:  
1:1000  
CARTAS

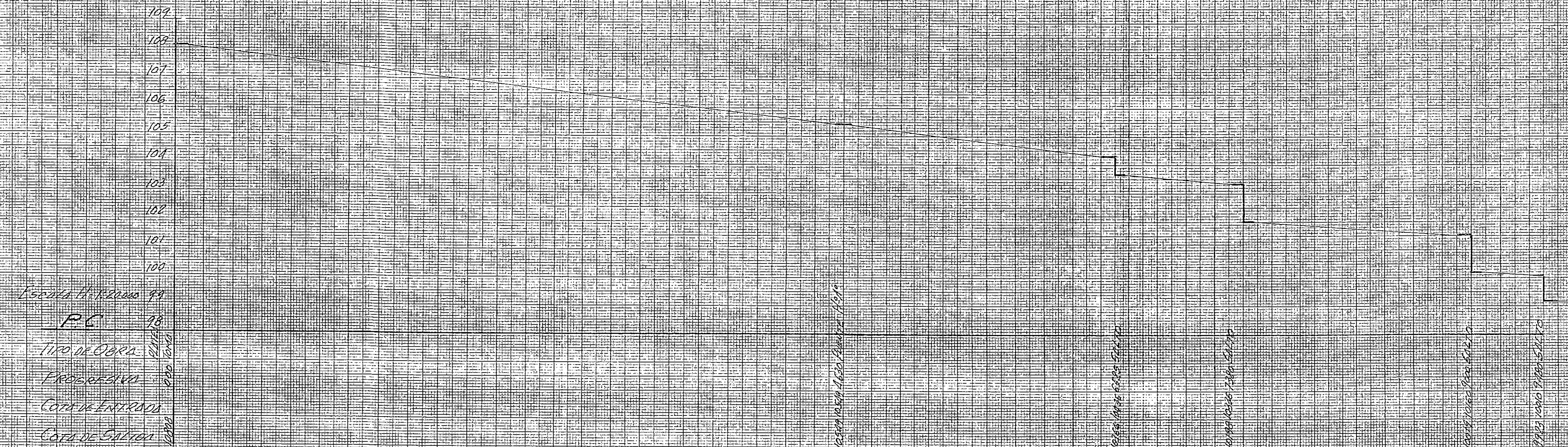
HOJA - 10 -

DEPARTAMENTO DE SANTIAGO DEL ESTERO  
EST. Y PROYECTOS ADMINISTRACION PROV. DE RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO ING. J. C. SANCHEZ TORRES  
PROYECTO: DISEÑO DE CORVALES  
CALCULO: COLABORACION  
FECHA: 1-8-81

OBRA: FLUJILLO EMPLOZ. OBRA TOMA CANAL DE DIOS  
CONVENIO C.F.I.











Informe sobre Aforos líquidos. Aforos sólidos y análisis químico en la zona de estudio

AFOROS LIQUIDOS

Antes de emprender las mediciones de caudal se recorrieron y analizaron las potenciales secciones de trabajo (Perfiles N° 1, 2, 3 y 4) a los efectos de estudiar las batimetrías y las distribuciones de / velocidades para poder seleccionar con eficacia el método más adecuado optimizando así las tareas de campo y evitando pérdidas de // tiempo innecesarias.

Se pudo constatar que la sección que mejor respondía a los objetivos del estudio era el Perfil N° 2 (situado 30 m AA del eje de la toma vieja del Canal de Dios).

Teniendo en cuenta la máxima profundidad (0,78 m) se optó por el aforo por vadeo, adoptándose el Método de un punto. Este consiste en medir a 0,6 de la profundidad total de la vertical considerada la velocidad de la corriente mediante molinete hidrométrico, donde se asume que la velocidad media vertical es igual a esa velocidad puntual tomada a 0,6.

Para el cálculo del caudal se optó por el Método de la Sección Media Compensada (ver Planilla de Aforo), dividiendo a la sección transversal en un cierto número de franjas, limitadas cada una de ellas por verticales adyacentes. A los extremos el método los considera como / parábolas, por ello a dichas áreas las afecta por el coeficiente 2/3.

Se trabajó con régimen de revoluciones constante (200) y tiempos variables.

El caudal total en la sección fue de  $28,801 \text{ m}^3/\text{s}$  (ver Planilla de Aforo).

Para corroborar este aforo se realizó otro 600 m aproximadamente AA de esa sección (en el Perfil N° 3), donde el error relativo entre / dichos aforos fue menor al 5%, lo cual evidencia la precisión del / trabajo.

#### AFORO SOLIDO

Por cumplir las condiciones para realizar un muestreo de material / sólido en suspensión, se trabajó en el perfil N° 2 con un muestreador integrador en profundidad "U.S.D.H.51".

Este aparato está proyectado para acumular una muestra de agua-sedimento correspondiente a una vertical de la corriente tal que, en // todo momento la velocidad de ingreso a la boquilla es aproximadamente igual a la de la corriente circundante, mientras se desplaza el / captador a lo largo de la vertical a velocidad constante.

Estos tipos de muestreadores no poseen válvulas de cierre, y en consecuencia integra la muestra, tanto durante el descenso como el ascenso del captador.

Se seleccionó la boquilla de mayor diámetro (6,3 mm) a fin de disminuir la probabilidad de excluir las partículas más grandes.

Se eligieron 5 verticales para efectuar la toma de muestras en función de las características hidrodinámicas de la sección, cuyas ubicaciones se denotan con un asterisco (\*) en la Planilla de Aforo.

En laboratorio se obtuvo mediante filtrado las concentraciones:

Vertical	Dist. a la MI (m)	Profundidad (m)	Concentración (gr/lt)
1	6,0	0,72	2,436
2	12,0	0,70	1,809

3	18,0	0,78	1,739
4	24,0	0,68	1,495
5	30,0	0,48	1,472

Para el cálculo del Aforo Sólido se construyó el Gráfico N° 1 de / caudales acumulados expresados porcentualmente, en función de las distancias a la MI, también en porcentaje.

Luego se ubican las 5 verticales del muestreo y se obtienen los incrementos de caudal ( $\Delta Q_i$ ) correspondientes a cada una de esas verticales:

$$\Delta Q_1 = 6,049 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\Delta Q_2 = 6,768 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\Delta Q_3 = 6,336 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\Delta Q_4 = 5,184 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\Delta Q_5 = 4,464 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Esto implica que:

$$Q_{\text{sólido}} = 6,049 \text{ m}^3/\text{s} * 2,436 \text{ kg/m}^3 + 6,768 \text{ m}^3/\text{s} * 1,809 \text{ kg/m}^3 + \\ + 6,336 \text{ m}^3/\text{s} * 1,739 \text{ kg/m}^3 + 5,184 \text{ m}^3/\text{s} * 1,495 \text{ kg/m}^3 + \\ + 4,464 \text{ m}^3/\text{s} * 1,472 \text{ kg/m}^3 = 52,318 \text{ kg/seg}$$

Lo cual indica que el material sólido en suspensión es igual a:

$$Q_{\text{sólido}} = 4.520,28 \text{ tn/día}$$

A su vez, en el Perfil N°3 se tomaron 5 muestras para realizar Ensayos de velocidad de sedimentación en Laboratorio cuyos resultados (en ml/l de vol. sedimentado) se dan en la sigu. planilla:

M N°	1	2	3	4	5
tiempo					
10'	0,476	1,077	1,946	0,378	0,834
30'	0,715	1,385	2,305	0,566	1,042
1 h	0,834	1,539	2,478	0,586	1,146
24 hs	0,953	1,693	2,568	0,660	1,250

## ANALISIS QUIMICO

A las muestras del Aforo Sólido del Perfil N° 2 se les realizó un Análisis Químico a los efectos de evaluar si estaban dentro de los límites de las normas de potabilidad para consumo humano, ya que / el Canal de Dios tiene esa finalidad, arrojando los siguientes resultados:

Conductividad Eléctrica a 25 °C.....733  $\mu$ Siemens/cm

Residuo Seco a 105 °C .....560 mg/lt

Alcalinidad Total..... 98 p.p.m.  $\text{CO}_3\text{Ca}$

Dureza Total.....167 p.p.m.  $\text{CO}_3\text{Ca}$

pH..... 7,6

$\text{Ca}^{++}$  ..... 46 mg/lt

$\text{Mg}^{++}$  ..... 12 mg/lt

$\text{Na}^+$  ..... 94 mg/lt

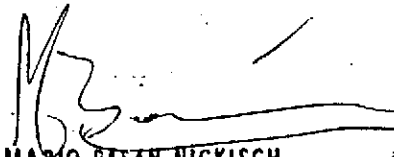
$\text{K}^+$  ..... 14 mg/lt

$\text{HCO}_3^-$  .....120 mg/lt

$\text{SO}_4^{--}$  .....202 mg/lt

$\text{Cl}^-$  ..... 56 mg/lt

Estos parámetros evidencian la aptitud del agua para consumo humano que posee el río Salado en esa zona de estudio

  
MARIO BASAN NICKISCH  
Ing. en Recursos Hídricos  
M. P. 2362 Ego. del E.Mero

## CONVENIO BILATERAL

RIO: Salado CANAL: de Dios

LUGAR: aa Toma PROVINCIA: salta

FECHA: 10/10/91

C.F.I. - Pcia. Sgo. del Estero

PLANILLA DE AFORO

ESTACION N°: -

AFORO N° -

HOJA N°: Única

VELOCIMETRO: OTTO HESS

N° 49

HELICE N°: 2

AFORO SUSPENDIDO POR ~~CABLE BARRA DE UN PUENTE DOTE VAGONETA~~ EN UN CAUCE REVESTIDO (TRAPEZOIDAL RECTANGULAR) NATURAL EN 15 OBSERVACIONES CON UNA TEMPERATURA DE AGUA 21°C (TURBIA - CLARA)  
DIRECCION DEL VIENTO N. ATMOSFERA CLARA

Temp. aire: 31°C

Pendiente pelo de agua 80/1000

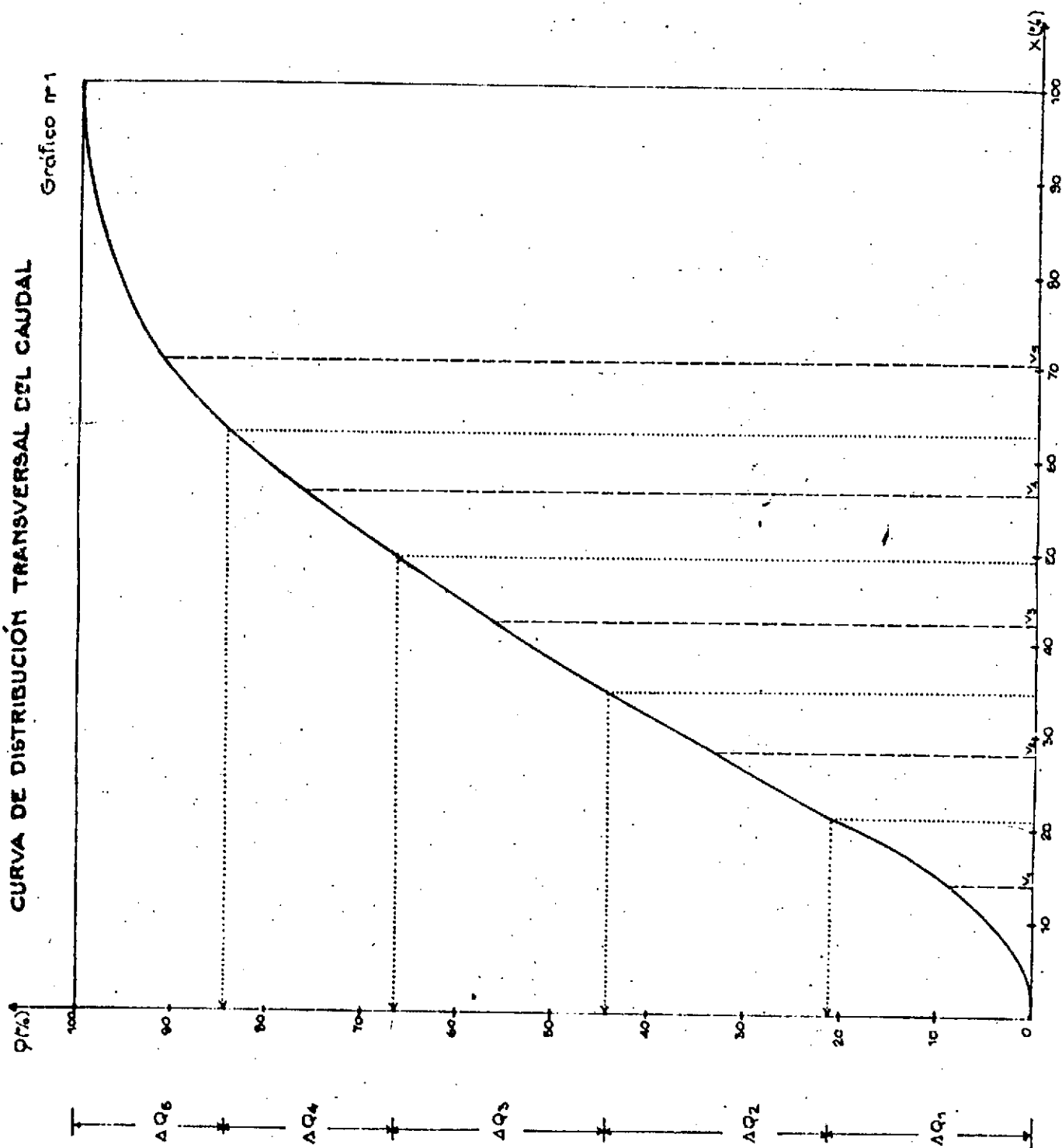
P PERIMETRO MOJADO	DISTANCIA DEL ORIGEN	PROFUNDIDAD		W ANCHO	A AREA	REVOLUCIONES	TIEMPO EN SEGUNDOS	VELOCIDADES m/seg			PROFUNDIDAD DE OBSERVACION	Q CAUDAL PARCIAL m <sup>3</sup> /Seg		INICIAL	FINAL
		EN LA VERTICAL	Y MEDIA					EN LOS PUNTOS	MEDIA EN LA VERTICAL	MEDIA EN LA SECCION				HORA	
m/s	m/s	m/s	m/s	m	m <sup>2</sup>									11:00	13:40
	0,0	0,00											MI		
3,08			0,35	3,00	1,380					0,251		0,346			
	3,0	0,69				200	96,4	0,502	0,502		0,6				
3,00			0,71	3,00	2,115					0,992		2,098			
	6,0	0,72				200	32,0	1,483	1,483		0,6		*		
3,00			0,72	3,00	2,160					1,819		3,496			
	9,0	0,72				200	27,0	1,755	1,755		0,6				
3,00			0,71	3,00	2,130					1,706		3,634			
	12,0	0,70				200	28,6	1,657	1,657		0,6		*		
3,00			0,71	3,00	2,130					1,565		3,330			
	15,0	0,72				200	32,3	1,474	1,474		0,6				
3,00			0,75	3,00	2,250					1,447		3,252			
	18,0	0,78				200	33,4	1,421	1,421		0,6		*		
3,00			0,74	3,00	2,205					1,365		3,010			
	21,0	0,69				200	36,3	1,309	1,309		0,6				
3,00			0,69	3,00	2,055					1,357		2,788			
	24,0	0,68				200	33,8	1,405	1,405		0,6		*		
3,00			0,62	3,00	1,860					1,351		2,513			
	27,0	0,56				200	36,6	1,298	1,298		0,6				
3,00			0,52	3,00	1,560					1,145		1,787			
	30,0	0,48				200	48,0	0,993	0,993		0,6		*		
3,00			0,40	3,00	1,185					0,895		1,061			
	33,0	0,31				200	60,0	0,797	0,797		0,6				
3,00			0,32	3,00	0,945					0,751		0,710			
	36,0	0,32				200	67,9	0,706	0,706		0,6				
3,00			0,29	3,00	0,855					0,683		0,584			
	39,0	0,25				200	72,8	0,660	0,660		0,6				
3,51			0,13	3,50	0,583					0,330		0,192			
	42,5	0,00											MD		

OBSERVACIONES Aforo realizado 30 m AA del Perfil No 1 (situado sobre el eje de la Toma vieja del Canal de Dios) - Para su cálculo se empleó el Método de la Sección Media Compensada - Aforo y Cálculo: Ing. Maria Basón  
\* Se tomaron muestras para realizar: Aforo Sólido y Análisis Químico.  
Ecuac. calibrado molinete:  $V = 0,235 \cdot H + 0,014$

CARACTERISTICAS DE LA SECCION				VELOCIDAD m/seg.	VELOCIDAD MEDIA	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg.
PROFUNDIDAD	ANCHO SUPERFICIAL	AREA TOTAL				
MAXIMA 0,78 m				MAXIMA 1,755 m/seg	FLOT m/seg	Sup. 0:
MINIMA > 0,025 m	WT 42,50 m	AT 23,413 m <sup>2</sup>		MINIMA > 0,502 m/seg	Sup. 10 m/seg	0,2 - 0,8:
MED. $\frac{A}{W}$ 0,55 m						0,6:
PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO		RESPONSABLE	Q <sub>0</sub> AT 1,23 m/seg		FLOT:
42,60 m	$R = \frac{A}{P} = 0,55$ m		MARIO BASAN NICKISCH Ing. en Recursos Hídricos M. P. 3342 Sgo. del Estero			MULT. PUNTOS:
				Hm <sup>3</sup> Diario		CAUDAL REAL
				2,4885 Hm <sup>3</sup>		28,801 m <sup>3</sup> /seg

# CURVA DE DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUDAL

Gráfico n° 1



#### 4.- Viaje de Reconocimiento

Con fecha 16/12/91, los Ings. José Luis Aradas y Jorge Arancibia han realizado un viaje a la zona de estudio, el que finalizó el día 20/12/91.

El 17/12/91 en las oficinas de Recursos Hídricos se ha mantenido una reunión con los Ing. Sanchez y Agr. Corvalán de Recursos Hídricos e Ing. Raquel Perez del C.F.I. y los Ings. José Luis Aradas y Jorge Arancibia, en la cual se trataron aspectos de los trabajos de campo.

El 17/12/91 en la Secretaría de Planeamiento se ha mantenido una reunión con el Ing. Moreta, Secretario de Planeamiento, habiendo participado por el C.F.I. la Ing. Raquel Perez y por Recursos Hídricos de la Provincia de Santiago del Estero el Ing. Sanchez, y los Ings. Aradas y Arancibia. Se trató el alcance del trabajo, como así también la necesidad de realizar perforaciones para identificar el tipo de suelo en el lugar a determinar por los proyectistas.

El día 17/12/91 por la tarde, se realizó el viaje a la zona de estudio arribando a Monte Quemado a las 22 hs. El 18/12/91 se recorrió la zona aledaña a la toma vieja comprobándose el deterioro de la misma, también se recorrieron los paleocauces existentes.

Se ha recorrido la margen izquierda del río en la zona de la toma vieja en un recorrido de aproximadamente 1 km, a efectos de encontrar un tramo en la margen del río que resulte adecuado para localizar el bocal para la toma, habiendo observado una curva que podría resultar interesante si fuera factible prolongarla mediante la eliminación de una saliente: esta zona se indica en la Figura N° 3, zona 1.

La ladera del río en la zona de la toma vieja tiene una profundidad de aproximadamente 4 m., presentando características inestables ya que el río está produciendo desmoronamientos en forma frecuente. La visita se concluye con un recorrido a la obra de toma existente, en la cual se ha analizado la posibilidad de una rehabilitación de la misma. Es de hacer notar que las laderas presentan similares características a las ya citadas en la zona de la toma vieja.

Frente a la toma actual el cauce principal del río tiende a recostarse hacia la margen derecha.

Sobre la base del reconocimiento terrestre se formuló un plan de trabajos topográficos.

El día 19/12/91 se emprendió el regreso a Santiago del Estero arribando a las 15 hs.; por la tarde se mantuvo una reunión con el Ing. Alvarado interiorizándolo de los aspectos generales de la visita al lugar de trabajo.



El día 20/12/91 el Ing. Aradas emprendió el regreso a Buenos Aires, mientras que el Ing. Arancibia lo hizo el día 21/12/91.

## 5.- Elección de zonas de Implantación para la Obra de Toma

El presente punto aborda los problemas específicos de la elección de los sitios de implantación de la obra de toma.

Para tal fin se describen brevemente los criterios generales de localización, requerimientos y limitaciones del sistema de suministro de agua y consideraciones sobre el escenario particular del proyecto.

La elección del sitio de implantación de la toma es gobernada por diversos factores intrínsecos a cada caso, sin embargo es de destacar que para un río como el Salado con una carga importante de sedimentos se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

### i) Efecto de las curvas

En zonas bajas como las del tramo de río en estudio, las curvas cobran un rol significativo en la configuración de un río, ya que las corrientes secundarias producen un efecto combinado de erosión (lado cóncavo o exterior) y sedimentación (lado convexo o interior). Esto indica que próximo a una curva la orilla exterior es la apropiada para la implantación de la toma para evitar el ingreso de

sedimentos.

ii) Alineamiento de la toma

La toma debe estar alineada con la corriente principal para producir una adecuada curvatura del flujo hacia la misma, o sea que la dirección de la corriente debe cambiar tan poco como sea posible. El ángulo ideal para una toma depende entre otras cosas de la relación del caudal y del ancho del río y de la toma.

Se ha evaluado en forma preliminar los requerimientos y limitaciones del sistema de suministro de agua. Como herramienta de análisis se han determinado niveles de agua para distintos caudales. La determinación de los niveles de agua o curva de remanso se ha realizado considerando el río en condiciones naturales y se ha utilizado el programa H.E.C. 2 que simula numéricamente el escurrimiento permanente basado en el "Standard Step Method". Las secciones transversales utilizadas fueron las relevadas, o sea los perfiles N° 4, 1, 2, 3, 5, 10, 9, 8 y 6. Se ha realizado la simulación en un tramo de aproximadamente 6,3 km. de longitud.

Se ha efectuado una calibración en el tramo comprendido entre los perfiles N° 4 a N° 5 considerando el aforo realizado en la sección 2, para ello se han variado los tirantes iniciales y las rugosidades, caracterizadas por el número de Manning, hasta obtener la cota de agua medida en la sección de calibración, el

caudal adoptado fue de 28 m<sup>3</sup>/seg. igual al aforado.

Los perfiles relevados no están localizados en forma continua a lo largo del tramo del río en estudio, sino que 5 perfiles se ubican en la zona de la toma vieja y el resto en la zona de la toma actual quedando una longitud, entre los perfiles más cercanos, de aproximadamente 4 km sin relevamiento. Considerando que resulta de interés, para un análisis preliminar, el reconocimiento de los niveles de agua en el tramo comprendido entre la zona de la antigua toma y la nueva, se han supuesto perfiles transversales en el tramo sin relevamiento sobre la base de los perfiles medidos teniendo en cuenta la morfología del río. Se han efectuado simulaciones para cinco caudales: 10 m<sup>3</sup>/seg, 30 m<sup>3</sup>/seg, 50 m<sup>3</sup>/seg, 100 m<sup>3</sup>/seg y 150 m<sup>3</sup>/seg.

La Figura N° 2 presenta el perfil longitudinal adoptado y los niveles de agua para 10 m<sup>3</sup>/seg, 50 m<sup>3</sup>/seg y 150 m<sup>3</sup>/seg. Los Cuadros N° 1 a 5 presentan los resultados obtenidos para todos los caudales analizados.

La Figura N° 4 presenta la permanencia de caudales medios mensuales en el río Salado, El Arenal, para el período 72-73; 82-83, considerando que el embalse de Cabra Corral se ha cerrado el 3/04/73. El objeto de esta curva es indicar la permanencia de los caudales simulados para asociarlos a las cotas de agua para este análisis preliminar.

Los resultados obtenidos indican en una primera aproximación que para caudales del orden de 10 m<sup>3</sup>/seg, cuya permanencia es del 70%, la toma actual estaría fuera de servicio. Para el módulo (período 72-73; 82-83) del orden de los 30 m<sup>3</sup>/seg, la toma actual también estaría fuera de servicio ya que la cota de agua coincide con la cota de fondo del canal de aducción.

En la zona de la toma vieja existiría la posibilidad de vincular el río con el Canal de Dios, se hace notar que los tirantes de agua serían pequeños para caudales bajos.

Referente al escenario particular del proyecto se ha tenido en cuenta el comportamiento del río considerando la dinámica a la que responde debido a las condiciones naturales que lo gobiernan y en el caso del tramo en estudio, los condicionantes impuestos por la realización de obras hidráulicas, como son el aprovechamiento Hidroeléctrico Cabra Corral y el compensador El Tunal.

El río al ingresar en el territorio de la provincia de Santiago del Estero escurre con una muy débil pendiente por la zona conocida como Bañado del Copo que se extiende sobre una superficie aproximada de 32.000 has. en las que se producen importantes pérdidas por evaporación o infiltración.

La dinámica del río se ha ido modificando por causa de la operación del embalse Cabra Corral, produciendo cambios en zonas

de erosión y deposición en procura de una nueva estabilización. En el tramo comprendido entre las estaciones El Tunel y El Arenal son producidas importantes pérdidas en los caudales de escurrimiento. En dicho tramo se produce para el río no regulado una pérdida media del 53% del caudal medio anual de El Tunal, mientras que a partir de su regulación la pérdida es del orden del 37% respecto de El Tunal.

Del relevamiento planimétrico realizado en la zona de la toma actual, se infiere que el curso de agua frente a la toma actual tiende a recostarse sobre la margen derecha, quedando una zona de playa del orden de los 120 m. En una distancia de aproximadamente 100 m (entre los perfiles 6 y 8) el curso principal tiende a recostarse sobre la margen izquierda. Sigue su recorrido hasta el perfil 10 atravesando una zona de islas.

En la zona de la toma vieja en correspondencia con el perfil 3, cuyo ancho de río es de 700 m, el curso de agua principal está alejado de la margen izquierda en aproximadamente 350 m, luego el río se contrae, pasando en un recorrido de 500 m a una sección de un ancho aproximado de 200 m para finalmente tener una expansión del orden de 400 m. Aguas abajo del Perfil 4 el río presenta una curva con su concavidad en la margen izquierda.

Teniendo en cuenta los aspectos de localización, requerimientos y limitaciones del sistema y el escenario particular del proyecto se han adoptado como sitios tentativos para la implantación de la

obra de toma los indicados en la Figura N° 3.

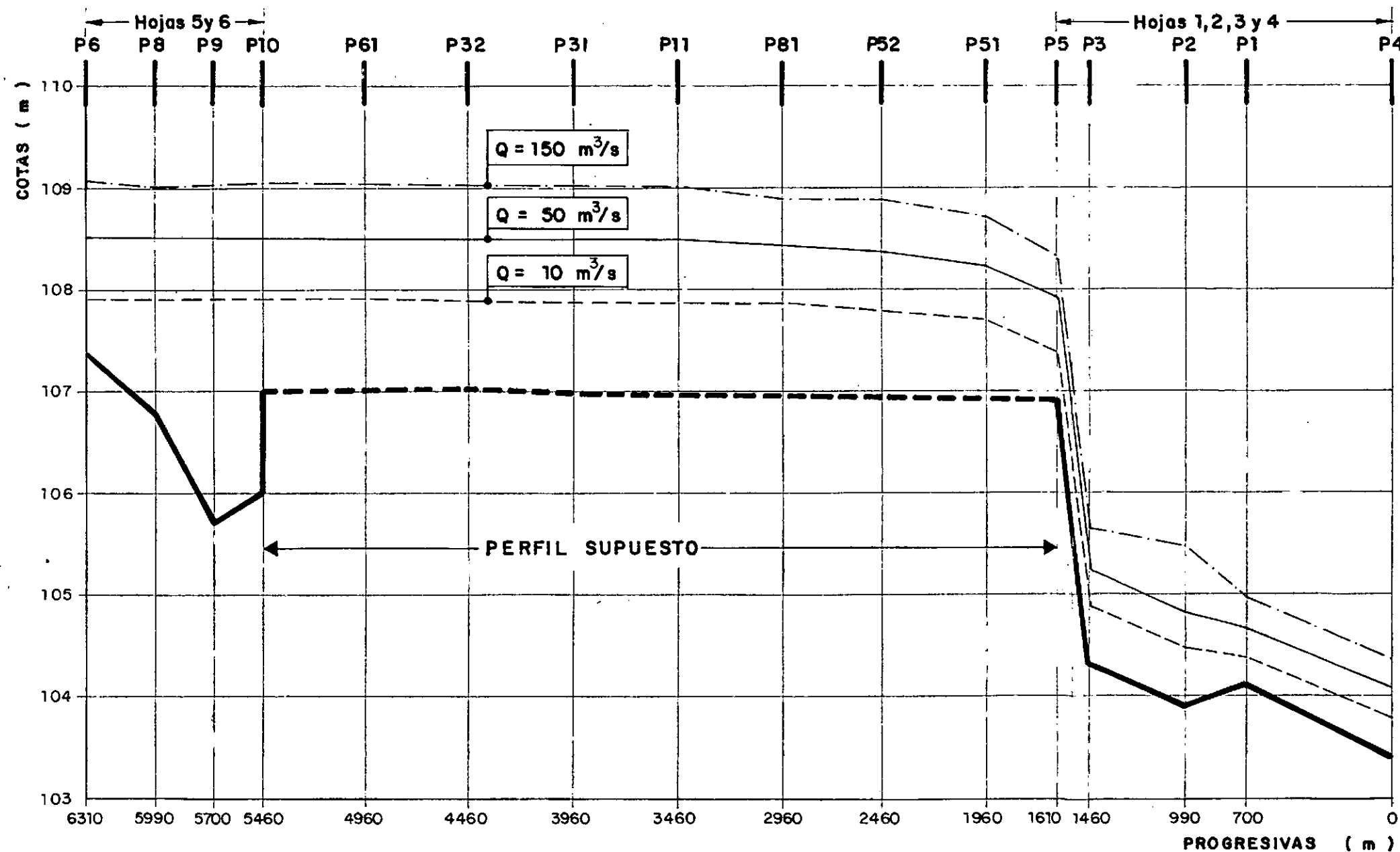
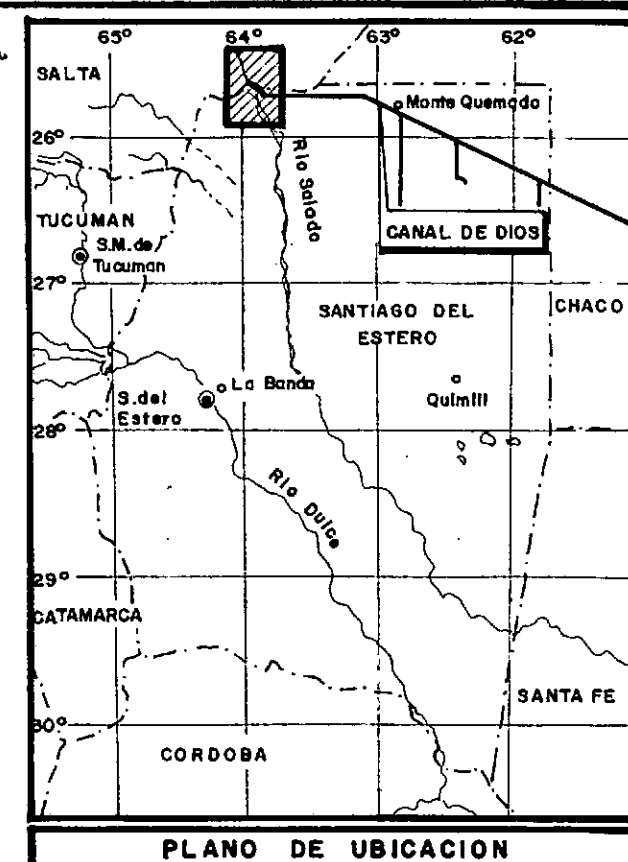
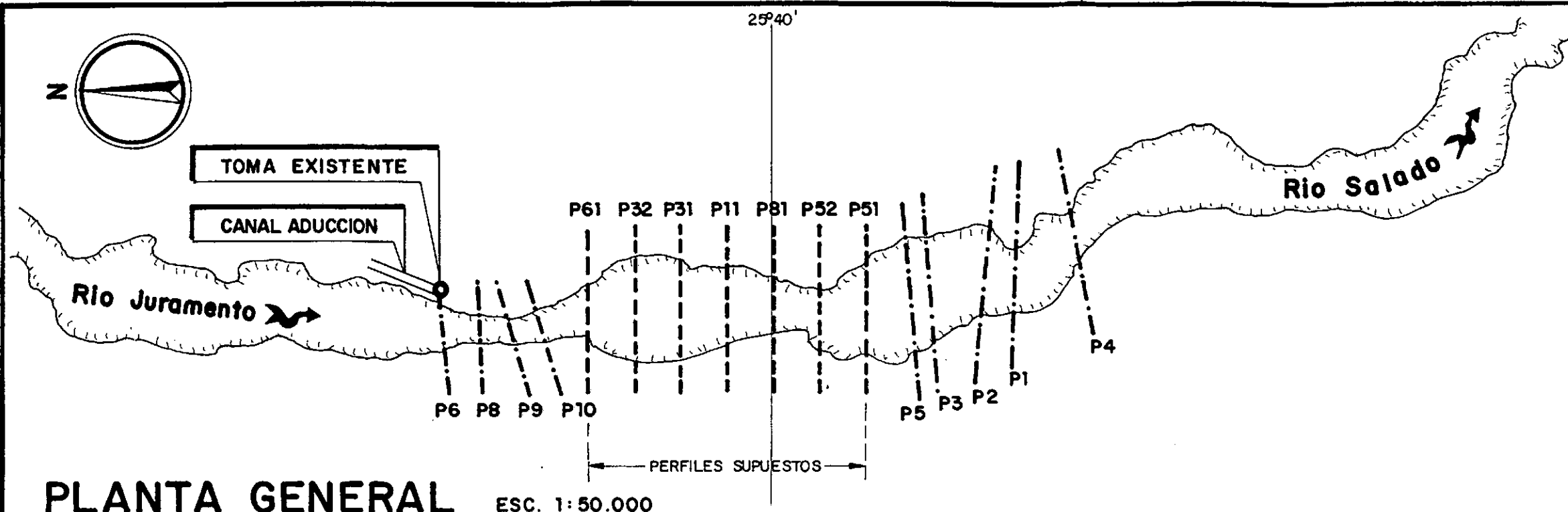
La zona 1 se ha seleccionado considerando que a) tendría una curvatura apropiada, b) el curso tendería a recostarse sobre la margen izquierda.

La zona 2 se ha seleccionado con el criterio de rehabilitar la toma actual.

La zona 3 se ha elegido considerando que actualmente la aducción a la toma se realiza por medio de un canal aductor aguas arriba de la toma actual teniendo un recorrido de 4 km de longitud. EL canal se encuentra relativamente estabilizado aunque será necesario prever decisiones técnicas para lograr una solución definitiva.

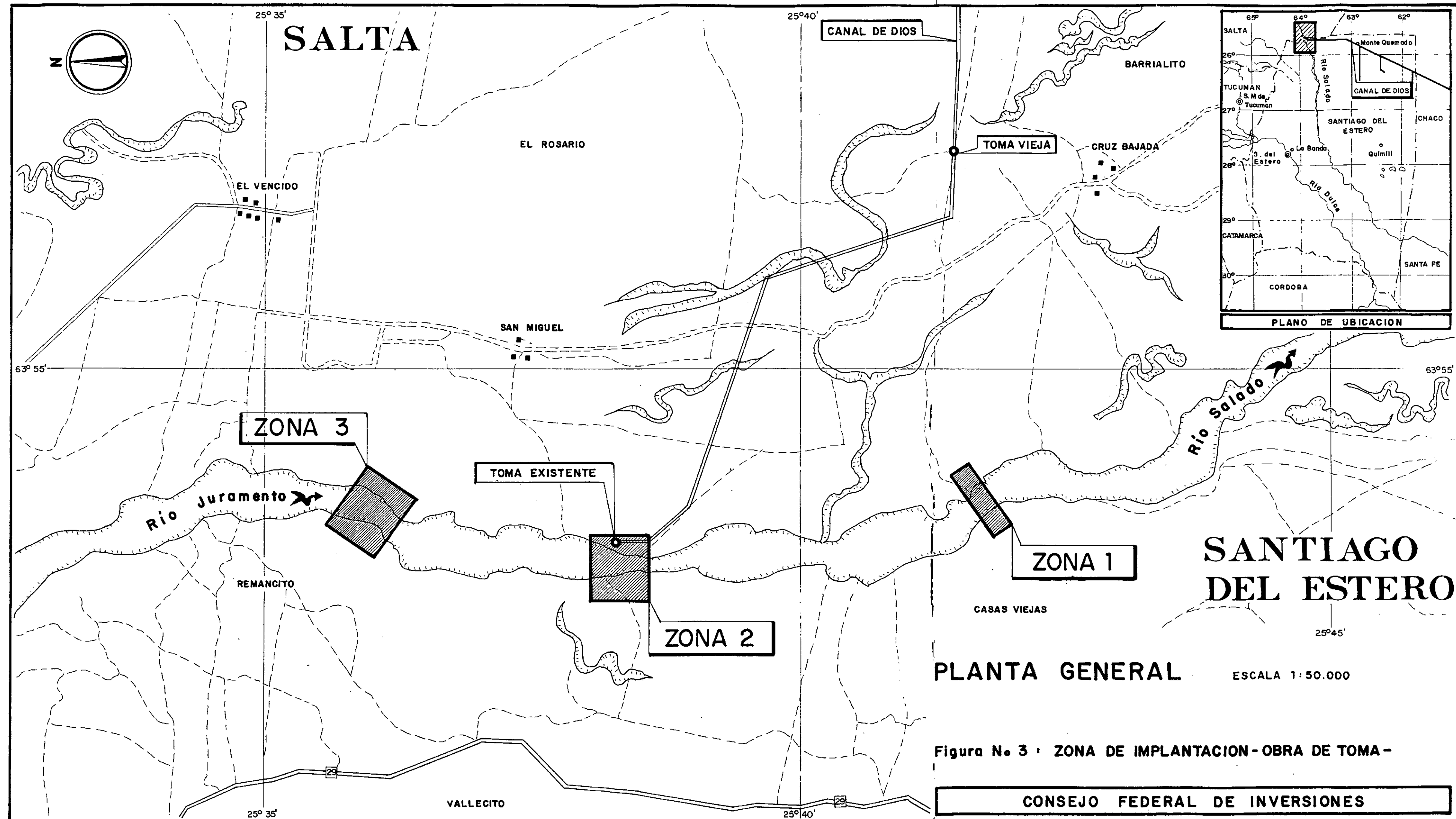
En general, el estudio hidráulico preliminar indicaría que para caudales de alta permanencia se vería comprometida la derivación del agua por gravedad, problema solucionable con un azud sumergido.

Los sitios seleccionados no son definitivos, los mismos podrán sufrir modificaciones sobre la base de estudios más avanzados.



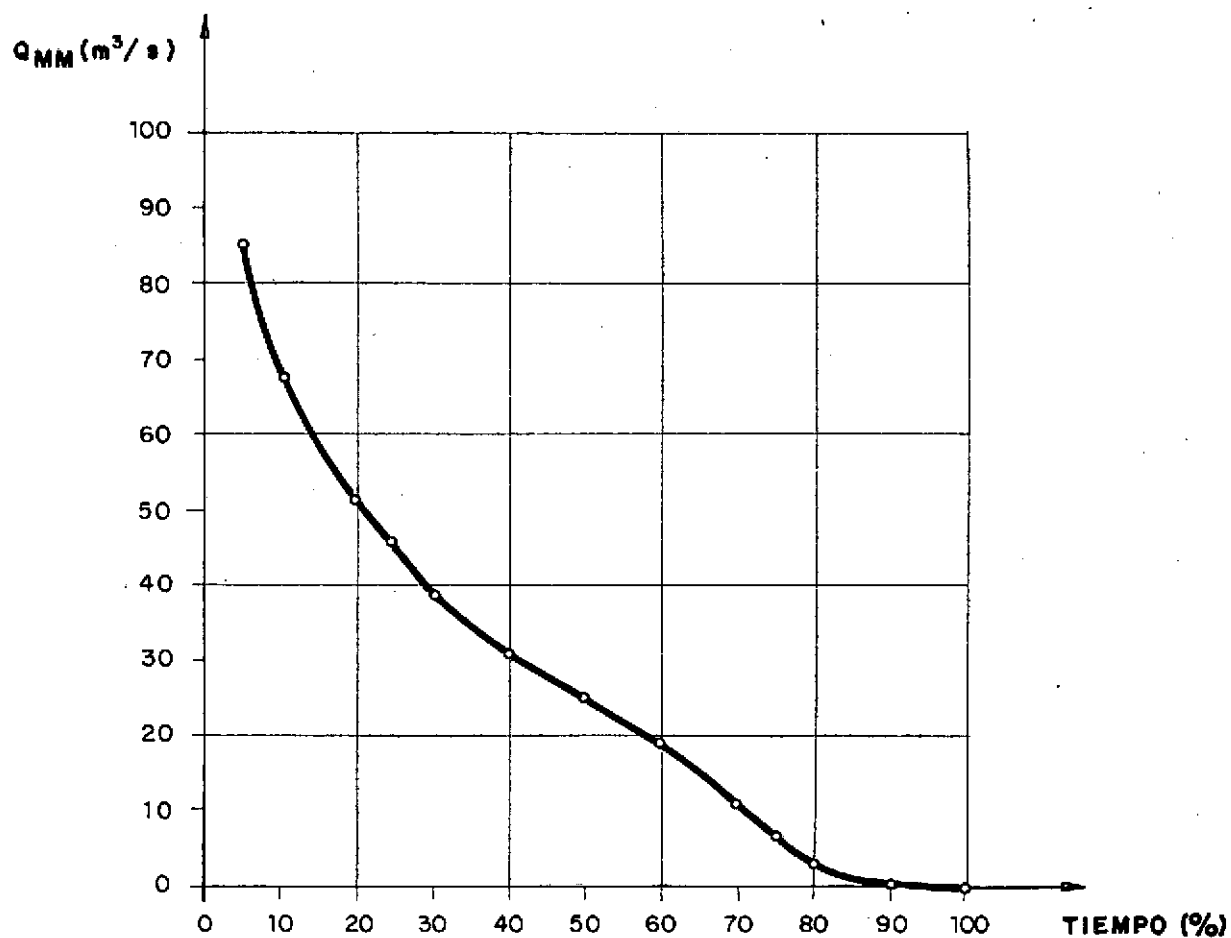
NOTA : P61 = P6  
P32 = P3  
P31 = P3  
P11 = P1  
P81 = P8  
P52 = P5  
P51 = P5

**Figura No 2: PERFILES HIDRAULICOS**



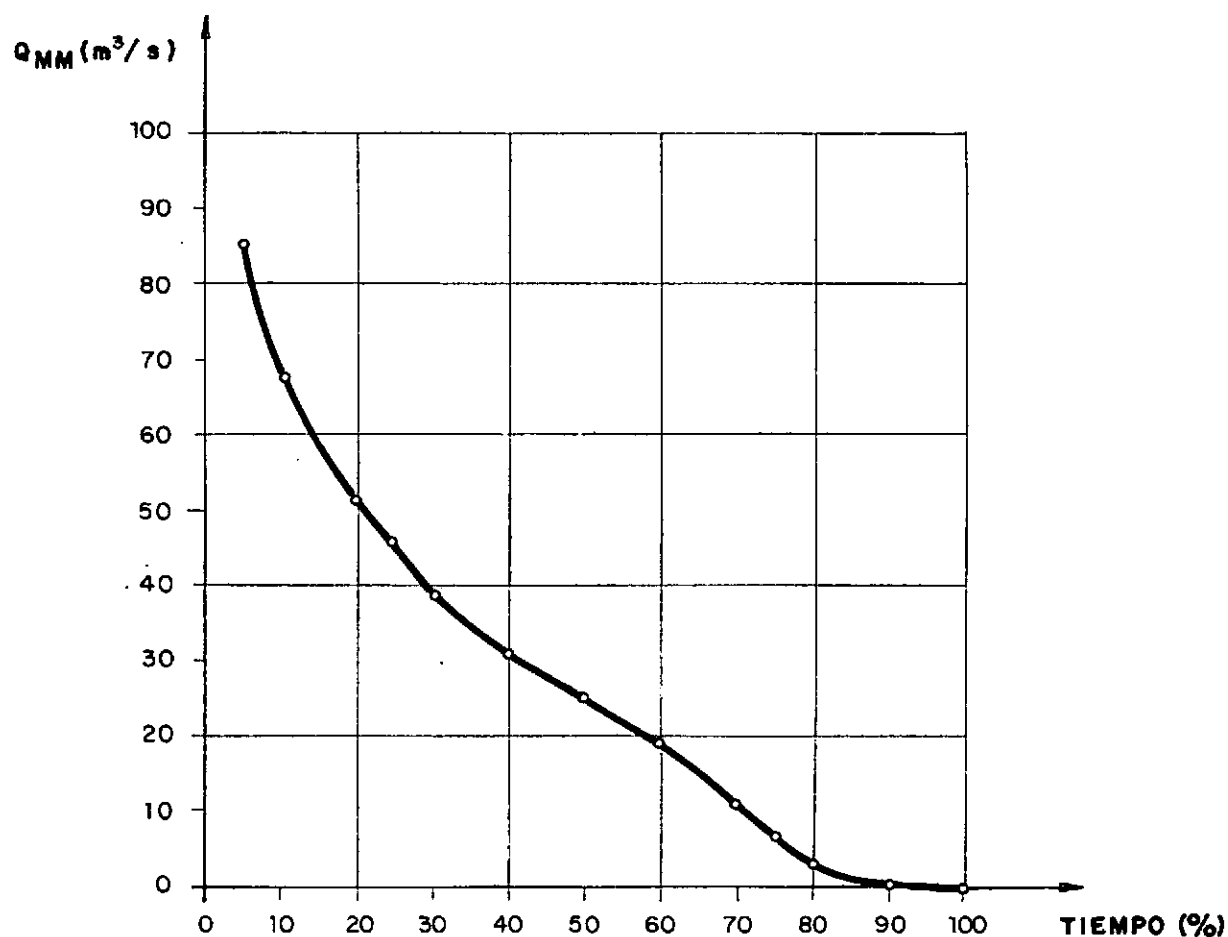


**Figura No 4 : RIO SALADO, EN EL ARENAL -SEGUNDO  
PERIODO ( PERIODO 1973-1983 )  
PERMANENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES**



NOTA : EL 03-04-73 SE CERRO EL EMBALSE GENERAL MANUEL BELGRANO

**Figura No 4 : RIO SALADO, EN EL ARENAL -SEGUNDO  
PERIODO ( PERIODO 1973-1983 )  
PERMANENCIA DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES**



NOTA : EL 03-04-73 SE CERRO EL EMBALSE GENERAL MANUEL BELGRANO

# CALCULO DE PERFILES HIDRAULICOS

CUADRO No:1

RIO SALADO (limite Salta y Santiago del Estero)  
OBRA DE TOMA CANAL DE DIOS

CAUDAL [m3/seg. 10.000

* SECCION No	* DIST. ENTRE	* COTA FONDO	* COTA DE	* COTA CRITICA	* COTA DE	* VELOC. EN EL	* AREA MOJADA
	* PROGRESIVAS	* MINIMA	* AGUA		* ENERGIA	* CANAL PRINC.	
	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [m/seg.]	* [m2]
* 4.000	* 0.000	* 103.400	* 103.770	* 103.720	* 103.810	* 0.960	* 11.130
* 1.000	* 700.000	* 104.100	* 104.360	* 104.280	* 104.380	* 0.760	* 14.750
* 2.000	* 290.000	* 103.900	* 104.470	* 104.210	* 104.490	* 0.630	* 15.920
* 3.000	* 470.000	* 104.300	* 104.860	* 104.860	* 104.920	* 1.160	* 8.630
* 5.000	* 150.000	* 105.900	* 107.390	* 107.390	* 107.530	* 1.650	* 6.040
* 51.000	* 350.000	* 106.930	* 107.690	* 107.420	* 107.720	* 0.750	* 13.270
* 52.000	* 500.000	* 106.960	* 107.800	* 107.450	* 107.820	* 0.630	* 15.960
* 81.000	* 500.000	* 106.970	* 107.850	* 107.250	* 107.860	* 0.400	* 25.020
* 11.000	* 500.000	* 106.980	* 107.860	* 107.170	* 107.860	* 0.100	* 107.250
* 31.000	* 500.000	* 106.990	* 107.860	* 107.530	* 107.870	* 0.260	* 38.890
* 32.000	* 500.000	* 107.010	* 107.890	* 107.550	* 107.900	* 0.260	* 38.220
* 61.000	* 500.000	* 107.020	* 107.910	* 107.340	* 107.910	* 0.190	* 55.120
* 10.000	* 500.000	* 106.000	* 107.910	* 106.710	* 107.910	* 0.700	* 130.410
* 9.000	* 240.000	* 105.700	* 107.910	* 106.400	* 107.910	* 0.180	* 64.460
* 8.000	* 290.000	* 106.800	* 107.910	* 107.080	* 107.920	* 0.280	* 35.620
* 6.000	* 320.000	* 107.400	* 107.910	* 107.720	* 107.930	* 0.600	* 16.550

# CALCULO DE PERFILES HIDRAULICOS

CUADRO No:2

RIO SALADO (limite Salta y Santiago del Estero)  
OBRA DE TOMA CANAL DE DIOS

CAUDAL [m3/seg] 30.000

* SECCION No	* DIST. ENTRE	* COTA FONDO	* COTA DE	* COTA CRITICA	* COTA DE	* VELOC. EN EL	* AREA MOJADA
	* PROGRESIVAS	* MINIMA	* AGUA		* ENERGIA	* CANAL PRINC.	
	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [m/seg.]	* [m2]
	*	*	*	*	*	*	*
4.000	0.000	103.400	103.940	103.890	104.020	1.310	24.910
1.000	700.000	104.100	104.530	104.420	104.570	0.920	33.960
2.000	290.000	103.900	104.710	104.480	104.760	1.030	29.400
3.000	470.000	104.300	105.090	105.020	105.150	1.080	27.790
5.000	150.000	106.900	107.690	107.690	107.920	2.120	14.170
51.000	350.000	106.930	108.080	107.720	108.120	0.880	36.730
52.000	500.000	106.960	108.190	107.760	108.210	0.740	44.380
81.000	500.000	106.970	108.250	107.530	108.280	0.650	45.980
11.000	500.000	106.980	108.280	107.310	108.280	0.170	177.460
31.000	500.000	106.990	108.280	107.710	108.290	0.240	124.340
32.000	500.000	107.010	108.290	107.730	108.300	0.250	122.450
61.000	500.000	107.020	108.300	107.540	108.300	0.260	124.510
10.000	500.000	106.000	108.310	107.140	108.310	0.130	221.140
9.000	240.000	105.700	108.300	106.760	108.310	0.320	108.100
8.000	290.000	106.800	108.300	107.360	108.310	0.480	62.730
6.000	320.000	107.400	108.320	107.920	108.330	0.520	60.570

# CALCULO DE PERFILES HIDRAULICOS

CUADRO No:3

RIO SALADO (limite Salta y Santiago del Estero)  
OBRA DE TOMA CANAL DE DIOS

CAUDAL [m3/seg] 50.000

* SECCION No *	* DIST. ENTRE *	* COTA FONDO *	* COTA DE *	* COTA CRITICA *	* COTA DE *	* VELOC. EN EL *	* AREA MOJADA *
* PROGRESIVAS *	* MINIMA *	* AGUA *	* * *	* ENERGIA *	* CANAL PRINC. *	* * *	
* [mts.] *	* [mts.] *	* [mts.] *	* [mts.] *	* [mts.] *	* [mts.] *	* [m/seg.] *	* [m2] *
4.000	0.000	103.400	104.050	103.990	104.160	1.550	34.520
1.000	700.000	104.100	104.640	104.520	104.700	0.990	51.160
2.000	290.000	103.900	104.810	104.700	104.890	1.290	39.590
3.000	470.000	104.300	105.230	105.130	105.290	1.020	49.010
5.000	150.000	106.900	107.930	107.930	108.130	2.000	26.270
51.000	350.000	106.930	108.250	107.960	108.300	1.030	53.210
52.000	500.000	106.960	108.360	107.990	108.400	0.890	61.300
81.000	500.000	106.970	108.430	107.730	108.470	0.850	58.700
11.000	500.000	106.980	108.480	107.410	108.480	0.240	212.800
31.000	500.000	106.990	108.480	107.820	108.490	0.280	191.420
32.000	500.000	107.010	108.490	107.840	108.500	0.280	188.560
61.000	500.000	107.020	108.500	107.740	108.510	0.330	159.800
10.000	500.000	106.000	108.510	107.370	108.510	0.180	270.540
9.000	240.000	105.700	108.500	107.020	108.510	0.440	130.470
8.000	290.000	106.800	108.500	107.560	108.520	0.650	77.350
6.000	320.000	107.400	108.520	108.110	108.540	0.550	96.620

## CUADRO No:4

CAUDAL [m3/seg] 100.000

SECCION No	DIST. ENTRE PROGRESIVAS	COTA FONDO MINIMA	COTA DE AGUA	COTA CRITICA	COTA DE ENERGIA	VELOC. EN EL CANAL PRINC.	AREA MOJADA
	[mts.]	[mts.]	[mts.]	[mts.]	[mts.]	[m/seg.]	[m2]
4.000	0.000	103.400	104.230	104.230	104.390	1.950	61.200
1.000	700.000	104.100	104.820	104.680	104.900	1.260	81.580
2.000	290.000	103.900	105.260	104.900	105.330	1.140	91.120
3.000	470.000	104.300	105.420	105.280	105.490	1.160	85.980
5.000	150.000	106.900	108.150	108.150	108.410	2.340	46.770
51.000	350.000	106.930	108.510	108.200	108.590	1.350	84.990
52.000	500.000	106.960	108.640	108.240	108.700	1.140	107.750
81.000	500.000	106.970	108.710	108.150	108.790	1.270	78.710
11.000	500.000	106.980	108.800	107.560	108.810	0.380	268.580
31.000	500.000	106.990	108.810	107.970	108.810	0.300	384.910
32.000	500.000	107.010	108.820	107.990	108.820	0.300	380.770
61.000	500.000	107.020	108.820	107.890	108.830	0.480	217.310
10.000	500.000	106.000	108.830	107.500	108.840	0.290	349.960
9.000	240.000	105.700	108.820	107.650	108.840	0.670	166.220
8.000	290.000	106.800	108.800	107.980	108.850	0.980	109.550
6.000	320.000	107.400	108.860	108.280	108.880	0.680	155.140

# CALCULO DE PERFILES HIDRAULICOS

CUADRO No:5

RIO SALADO (limite Salta y Santiago del Estero)  
 OBRA DE TOMA CANAL DE DIOS

CAUDAL [m3/seg] 150.000

* SECCION No	* DIST. ENTRE	* COTA FONDO	* COTA DE	* COTA CRITICA	* COTA DE	* VELOC. EN EL	* AREA MOJADA
* PROGRESIVAS	* MINIMA	* AGUA	* [mts.]	* ENERGIA	* CANAL PRINC.	* [m2]	
* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [m/seg.]		
* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [mts.]	* [m/seg.]		
* 4.000	* 0.000	* 103.400	* 104.350	* 104.340	* 104.520	* 2.150	* 87.020
* 1.000	* 700.000	* 104.100	* 104.950	* 104.780	* 105.060	* 1.510	* 102.200
* 2.000	* 290.000	* 103.900	* 105.460	* 105.050	* 105.550	* 1.380	* 113.340
* 3.000	* 470.000	* 104.300	* 105.640	* 105.360	* 105.700	* 1.090	* 137.680
* 5.000	* 150.000	* 106.900	* 0.000	* 108.320	* 108.630	* 2.610	* 63.010
* 51.000	* 350.000	* 106.930	* 108.700	* 108.340	* 108.750	* 1.480	* 129.060
* 52.000	* 500.000	* 106.960	* 108.830	* 108.380	* 108.890	* 1.260	* 154.210
* 81.000	* 500.000	* 106.970	* 108.860	* 108.370	* 109.000	* 1.650	* 94.460
* 11.000	* 500.000	* 106.980	* 109.010	* 107.670	* 109.020	* 0.500	* 304.050
* 31.000	* 500.000	* 106.990	* 109.020	* 108.060	* 109.030	* 0.330	* 517.760
* 32.000	* 500.000	* 107.010	* 109.030	* 108.080	* 109.030	* 0.330	* 517.050
* 61.000	* 500.000	* 107.020	* 109.030	* 108.010	* 109.040	* 0.610	* 255.910
* 10.000	* 500.000	* 106.000	* 109.040	* 107.720	* 109.050	* 0.380	* 402.470
* 9.000	* 240.000	* 105.700	* 109.020	* 107.950	* 109.060	* 0.880	* 189.420
* 8.000	* 290.000	* 106.800	* 109.000	* 108.200	* 109.080	* 1.230	* 134.190
* 6.000	* 320.000	* 107.400	* 109.070	* 108.400	* 109.110	* 0.810	* 194.140