182

DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD

MOPT

PROYECTO COSTANERA SUR

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
BIBLIOTECA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

DE LA CARRETERA COSTANERA SUR ENTRE ESPARTA Y PALMAR NORTE

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

ANEXO TECNICO Nº 2

REPUBLICA DE COSTA RICA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

625.783-C
1e

GOBIERNO DE COSTA RICA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

PROYECTO COSTANERA SUR

INFORME DE FACTIBILIDAD

ANEXO TECNICO # 2

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD

PROYECTO COSTANERA SUR

- Marzo 1972-

PUENTES CARRETERA COSTANERA SUR

ESTUDIO HIDROLOGICOS

A continuación se dan los informes correspondientes a los estudios hidrológicos, realizados por la firma HIDROCONSULT.LTDA, en los sitios escogidos para la localización de los puentes de la Carretera Costanera Sur en los ríos Tárcoles, Tusubres y Hatillo Nuevo. Además se suministran los planos de las cuencas así como las características topográficas, las alturas de las caídas y los caudales máximos de los otros treinta y dos puentes y alcantarillas de la misma carretera, de donde se sacaron los niveles de agua máxima y las áreas de descarga en los sitios escogidos para localizar los puentes en los demás ríos que atraviesa la Carretera Costanera Sur.

INDICE

		PAGINA
1-	Introducción río Tárcoles	1
2-	La cuenca del río Tárcoles	1
3-	Tormenta de diseño	3
4-	Derivación de Hidrógrafo unitario para el sitio del puente	7
5-	Cálculo de la Avenida de Diseño para el sitio del puente	11
6-	Comparación de la Avenida de Diseño con crecidas extraordinarias registradas en Costa Rica	11
7-	Nivel estimado de la Avenida de Diseño en el sitio del puente	12
8-	Introducción río Tusubres	13
9-	La cuenca del Río Tusubres	13
10-	Tormenta de Diseño	14
11-	Derivación de Hidrógrafo unitario para el sitio del puente	18
12-	Cálculo de la Avenida de Diseño para el sitio del puente	22
13-	Comparación de la Avenida de Diseño con crecidas extraordinarias registradas en Costa Rica	22
14-	Nivel estimado de la Avenida de Diseño en el sitio del puente	23
15-	Introducción río Hatillo Nuevo	24
16-	Cuenca del río Hatillo Nuevo	24
17-	Tormenta de Diseño	25
18-	Derivación del Hidrógrafo Unitario para el sitio del puente	29
19-	Cálculo de la Avenida de diseño para el sitio del puente	33
20-	Comparación de la Avenida de Diseño con crecidas extraordinarias registradas en Costa Rica	33
21-	Nivel estimado de la Avenida de Diseño en el sitio de puente	34
22-	Cuencas y caudales para 32 puentes	35

I N F O R M E

SOBRE EL RIO TARCOLES

INTRODUCCION

El Proyecto de la carretera Costanera Sur prevee la construcción de un puente sobre el río Grande de Tárcoles localizado a unos 8 Km antes de la desembocadura de este río en el Pacífico.

Hasta el paso propuesto el río mencionado tiene una área de 2098 Km^2.

El presente informe suministra en forma resumida, el estudio hidrológico llevado a cabo para calcular el caudal de diseño de este puente cuyo período de recurrencia fue fijado por el Ministerio de Transportes en 50 años, o sea un dos por ciento de posibilidad de ocurrencia - anual.

2.- La cuenca del Río Grande de Tárcoles

El Río Grande de Tárcoles constituye el drenaje hacia el Océano Pacífico de gran parte del valle intermontano conocido como Meseta Central de Costa Rica. (Ver figura 1)

Hasta su desembocadura en el Océano, su área tributaria - es de 2125 Km^2, teniendo hasta los otros sitios de interés las siguientes áreas:

Area tributaria del Río Grande de Tárcoles

Hasta	Km^2
Sitio del puente Carretera Costanera Sur	2098
Estación fluviográfica N° 24-11 Alumbre	1749

El Grande de Tárcoles se forma por la unión de los ríos Virilla

y Grande (o Grande de San Ramón). El primero ocupa la parte este de la cuenca, iniciándose en las estribaciones de la Cordillera Volcánica Central en el cerro Pico de Piedra a elevaciones cercanas a los - 2.300 m.s.n.m. El río Grande drena una porción norte de la misma cuenca, originándose en las estribaciones de la mencionada cordillera, cerca del pueblo de San Juanillo de Naranjo, a elevaciones cercanas a los 1.600 m.s.n.m.

Tomando como curso principal el del Río Virilla, la longitud del Río Grande de Tárcoles hasta el sitio del puente sería de aproximadamente 125 Kms. En ese recorrido el río desciende unos 2.660 metros, (desde la divisionaria de aguas, ver figura 2) o sea con una pendiente bruta de :

$$S_b = \frac{2660}{125} = 2.13\%$$

Sobre esta cuenca predominan los climas "Meseta Central" y de Sequía", caracterizados por tener dos estaciones bien marcadas : la seca de diciembre a abril inclusive y la lluviosa que se inicia en mayo y concluye en noviembre. Se presentan también 2 períodos de transición- entre abril y mayo y noviembre y diciembre y una época de disminución- de las lluvias, que dura entre 15 y 22 días, y que puede ocurrir entre junio y agosto, recibiendo corrientemente el nombre de "Veranillo de- San Juan". Sin embargo, en el extremo este y norte de la cuenca se logra manifestar cierta influencia del clima Atlántico, y lluvias de esa zona logren rebazar ocasionalmente la Divisoria Continental, en especial

durante los llamados "temporales del Atlántico".

La lluvia en la cuenca es principalmente de origen convectivo - produciéndose en forma de chubazcos aislados de cierta intensidad y corta duración , como también precipitaciones de origen orográfico en los bordes de la cuenca y finalmente el fenómeno conocido como "temporales del Pacífico," generalmente causado por el movimiento de grandes masas de aire húmedo del Pacífico hacia el Atlántico. Este movimiento - es provocado por la ocurrencia de bajas presiones en el Atlántico asociados en la mayoría de las veces, a huracanes que se forman o pasan - cerca de nuestra costa en el Mar Caribe. Notables ejemplos de este fenómeno lo constituyen los temporales de octubre de 1955 y setiembre de 1971, causados por la influencia de los huracanes "Katie" e "Irene", - respectivamente. En tales oportunidades, las fuertes precipitaciones- han provocado caudales excesivos en los ríos de la vertiente Pacífica- y el río Grande de Tárcoles ha sufrido avenidas de muy alto caudal.

3.- Tormenta de Diseño

En la Vertiente del Pacífico y en especial en la Meseta- Central existe un regular número de estaciones medidoras de lluvia, la mayoría de ellas equipadas únicamente con pluviómetro. Sus períodos de registro continuo varían entre pocos años y 33 - años (San José). De estas tomando en cuenta calidad y extensión del registro se escogieron 19 estaciones cuya lista se dá en tabla 1.

TABLA N° 1

LISTA DE ESTACIONES MEDIDORAS DE LLUVIA Y PRECIPITACION

EN 24 HORAS DE T = 50 AÑOS

Estación	Años de Registro	P_{50}(mm)
1) Bartolo	26	308.7
2) El Alto	17	133.4
3) Golfito	30	273.8
4) Herradura	8	315.8
5) Naranjo	27	161.3
6) Palmar Sur	23	232.8
7) Pocares	30	280.2
8) Quepos	31	291.6
9) Rancho Redondo	21	185.7
10) Rincón de Osa	27	254.0
11) San Isidro del General	31	275.0
12) San Joaquín de Flores	28	152.0
13) San José	83	120.1
14) San Miguel de Barranca	34	178.2
15) San Vito de Java	17	212.0
16) Tarrazú	13	265.8
17) Turrúcares	28	137.5
18) Villa Mills	21	186.0
19) Volcán Buenos Aires	19	270.0

Nota : P_{50} = Precipitación en 24 horas y T =50 años, obtenida por el método de Gumbel.

En resumen puede decirse que :

Una Estación tiene de 0 a 10 años de registro,

Tres Estaciones tienen entre 11 y 20 años,

Diez Estaciones tienen entre 21 y 30 años,

Tres Estaciones tienen entre 31 y 40 años,

Una Estación tienen más de 40 años (84 años San José).

La duración promedio del registro es de 27 años.

En cada una de estas estaciones se determinaron las tres precipitaciones diarias máximas para cada uno de los años del registro. Usando el sistema de las series parciales se escogieron las "n" máxi - mas precipitaciones de cada estación (siendo n el número de años de re gistro). Utilizando la fórmula de Gumbel se calculó la precipitación- de 24 horas con un período de recurrencia T = 50 años para cada una de las 19 estaciones, cuyos valores aparecen en tabla 1.

Estos valores sobre un mapa de la zona permitieron el - trazo de las isoyetas de la tormenta de diseño (ver figura 3). Utili- zando el planímetro, se calculó la precipitación promedio de esa tor - menta, sobre la cuenca del río Grande de Tárcoles que alcanza un valor de 157 mm. en 24 horas.

Este valor de 157 mm. se distribuyó en incrementos hora - rios siguiendo el patrón porcentual de la tormenta del 13 al 14 de octu bre de 1955 registrada en el pluviógrafo de San José. Como se explicó- antes esta es una de las tormentas de mayor extensión y más severas- que han ocurrido en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica.

En la Tabla N°2 se suministran los incrementos horarios - de la tormenta de diseño obtenida como se explica más arriba.

TABLA N° 2

TORMENTA DE DISEÑO PARA LA CUENCA DEL RIO GRANDE DE TARCOLES

Hora	$\%P_1$	(mm.)	Incrementos reordenados	I. F. (mm/h)	Excesos (mm.)
1	9.8	15.4	4.9	4.0	--
2	8.8	13.8	5.5	4.0	1.4
3	7.1	11.1	5.5	4.0	1.5
4	6.6	10.4	6.0	3.5	2.5
5	6.6	10.4	6.1	3.5	2.6
6	6.4	10.0	7.4	3.5	3.9
7	5.7	8.9	11.1	3.0	8.1
8	5.8	8.8	13.8	3.0	10.8
9	5.4	8.5	15.4	3.0	12.4
10	4.7	7.4	10.4	2.5	7.9
11	3.9	6.1	10.4	2.5	7.9
12	3.8	6.0	10.0	2.5	7.5
13	3.5	5.5	8.9	2.0	6.9
14	3.5	5.5	8.8	2.0	6.8
15	3.1	4.9	8.5	2.0	6.5
16	3.0	4.7	4.7	1.5	3.2
17	3.0	4.7	4.7	1.5	3.2
18	2.7	4.2	4.2	1.5	2.7
19	2.2	3.4	3.4	1.5	1.9
20	1.7	2.7	2.7	1.5	1.2
21	1.7	2.7	2.7	1.5	1.2
22	0.6	0.9	0.9	1.5	--
23	0.6	0.9	0.9	1.5	--
24	0.1	0.1	0.1	1.5	--
Total	100%	157.0	157.0		

NOTAS :

$\%P_1$ = Por ciento de la lluvia ocurrida en San José durante las 24 horas más intensas del temporal de Oct. 1955.

P_2 = Incremento de lluvia para la tormenta de diseño.

I.F.= Indice de infiltración. La pérdida inicial se estimó en 5 mm.

4.- Derivación de Hidrógrafo unitario para el sitio del puente

A unos 30 Km. aguas arriba del sitio del puente, el ICE opera la estación fluviográfica 24-11 Alumbre, la cual fue instalada en agosto de 1968. (Ver figura 1).

Para este sitio se estudiaron 15 avenidas y se derivaron los hidrógrafos unitarios (H.U.) correspondientes a las avenidas del 26 de noviembre de 1969, 10 y 25 de diciembre de 1970. De - acuerdo con la información de lluvias, se escogió como representativa de la cuenca hasta Alumbre el H.U. derivado para la avenida del 25 de noviembre de 1969, pues la tormenta que le dió origen cubrió en forma muy uniforme toda la cuenca.

De este H.U. se derivaron las constantes de Snyder, a saber :

1) $$C_t = \frac{t_p}{0.508} \div \left[\frac{L \times Lc}{S^{\frac{1}{2}}}\right]^{0.38} = 0.75$$

Donde :

C_t = Coef. de la fórmula de Snyder

t_p = Tiempo al pico del H.U. según lo define el U.S. Corps. of Enginneers en horas= 5 horas

L = Longitud del curso principal desde la divisoria de aguas al sitio en estudio = 95 Km

Lc = Longitud de la proyección del Centro de gravedad de la cuenca medida por el cauce - principal = 48 Km.

S = Pendiente bruta del cauce principal expresada como m/Km = 27.3 m/Km

2) $$C_p = \frac{q_p \times t_p}{0.276} = 0.89$$

Donde :

q_p = Caudal pico del H.U. expresado como $m^3/seg.$

$-Km^2 - mm.$

t_p = tiempo al pico del H.U. en horas

En el caso del H.U. de Alumbre $q_{p_1} = 0.049\ m^3/seg\text{-}Km^2\text{-}mm$

$t_{p1} = 5$ Hrs. y $Q_{p_1} = q_p \times A_1 = 0.049 \times 1749 =$

$85\ m^3/seg - mm$

El valor de $C_t = 0.75$ obtenido para Alumbre está de acuerdo con la teoría del Cuerpo de Ingenieros que indica que para - cuenca al pie de colinas C_t tiene un valor de 0.72. El valor de C_p está de acuerdo con el de otras cuencas de la vertiente del - Pacífico de Costa Rica.

Para trasladar el H.U. de Alumbre al sitio del puente de la Costanera Sur se usó el mismo valor de C_p (0.89).

El nuevo valor de C_t se calculó tomando en cuenta que alrededor de 30 Km del cauce están ya en el valle costanero al cual el Cuerpo de Ingenieros asigna un valor de $C_t = 0.35$, o sea

$$C_{t_2} = \frac{0.75 \times 95 + 0.35 \times 30}{125} = 0.65$$

De donde :

$$t_{p2} = 0.509\ C_t \left[\frac{L \times L_c}{S^{\frac{1}{2}}}\right]^{0.38}$$

Reemplazando los correspondientes valores para la cuenca hasta el sitio del puente, tenemos :

$$t_{p2} = 0.508 \times 0.65 \left[\frac{125 \times 86}{21.5^{0.5}}\right]^{0.38} = 6.2 \text{ hr.}$$

$$q_{p2} = \frac{0.276\ C_p}{t_p} = \frac{0.276 \times 0.89}{6.2} = 0.039$$

y

$$Qp_2 = q_{p2} \times A = 0.039 \times 2098 = 81\ m^3/seg.\text{- mm.}$$

Las ordenadas del H.U. en el sitio del puente sería proporcionada a $\frac{Qp_2}{Q_{p1}}$

y las abcisas a $\frac{t_{p2}}{t_{p1}} = \frac{6.2}{5.0} = 1.24$

Originando el hidrógrafo Unitario que se muestraen la figura 4 y en tabla 3.

TABLA N° 3

HIDROGRAFO UNITARIO RIO GRANDE DE TARCOLES

SITIO DEL PUENTE COSTANERA SUR

Tiempo (Hrs)	H. U. (m^3/seg-mm)
0	0
1	2
2	11
3	29
4	61
5	78

(Continúa)

(Continuación de Tabla N°3)

Tiempo (Hrs)	H.U. (m^3/seg-mmm)
6	81
7	64
8	52
9	42
10	34
11	27
12	22
13	17
14	13
15	10
16	9
17	8
18	7
19	5
20	4
21	3
22	2
23	1
24	0

Mediante la aplicación de la Curva "S" y de acuerdo a la experiencia en U.S.A. y en Costa Rica se comprobó que el H.U. debería de ser de 3 horas para el sitio del puente.

5.- Cálculo de la Avenida de Diseño para el Sitio del Puente

A los incrementos de lluvia horarios dados en tabla N°2 se le aplicó una pérdida inicial de 5mm y un índice de infiltración de 4 mm/h para las tres primeras horas 3.5 mm/h para las tres horas siguientes, 3 mm/h para las otras 3 hrs., 2.5 mm/h para las tres siguientes, 2 mm/h para las otras tres y 1.5 mm/h para el resto. Finalmente se agruparon los excesos de lluvia en períodos de 3 horas por ser este tiempo la duración efectiva de la lluvia para esta cuenca.

Al H. U. de 3 horas se le aplicaron los excesos de lluvia c/3 horas para obtener así la Avenida de Diseño, resultando con un valor máximo de 4760 m^3/seg. y una C de Creager de 48. Dicho cálculo aparece en tabla 4 y el Hidrógrafo resultante en fig. 5.

6.- Comparación de la Avenida de Diseño con Crecidas Extraordinarias registradas en Costa Rica.

En la figura 6 se muestra la comparación entre los caudales específicos de la Avenida de Diseño del Río Gde. de Tárcoles en el Paso de la Costanera Sur y los caudales de grandes Avenidas registradas en Costa Rica, asi como de algunas otras Avenidas de Diseño de puentes de la carretera Limón - Siquirres. También se incluyen los valores de la "C" de Creager para cada una de esas avenidas. De esta comparación se deduce que el valor de la avenida de diseño para el puente sobre el Río Grande de Tárcoles con C=48 tiene un valor muy razonable.

Horas	H.Unitario 3 horas m^3/seg./mm. Ordenadas	Tormenta 50 años	Excesos cada 3 horas	Excesos 5.4	14.6	22.3	31.1	16.5	7.8	2.4	Flujo base	Total
1	0	4.9	5.4	0							300	300
2	2	5.5		11							310	321
3	11	5.5		59							320	379
4	29	6.0	14.6	157	0						330	487
5	61	6.1		329	29						340	698
6	78	7.4		421	161						350	932
7	81	11.1	31.1	437	423	0					360	1220
8	64	13.8		346	891	45					370	1652
9	52	15.4		281	1139	245					380	2045
10	42	10.4	22.3	227	1183	647	0				390	2447
11	34	10.4		184	934	1360	62				400	2940
12	27	10.0		146	759	1739	342				410	3396
13	22	8.9	16.5	119	613	1806	902	0			420	3860
14	17	8.8		92	496	1427	1897	33			430	4375
15	13	8.5		70	394	1160	2426	182			440	4672
16	10	4.7	7.8	54	321	937	2519	478	0		450	4759
17	9	4.7		49	248	758	1990	1006	16		460	4527
18	8	4.2		43	190	602	1617	1287	86		470	4295
19	7	3.4	2.4	38	146	491	1306	1336	226	0	480	4023
20	5	2.7		27	131	379	1057	1056	476	5	490	3621
21	4	2.7		22	117	290	840	858	608	26	500	3261
22	3	0.9		16	102	223	684	693	632	70	510	2930
23	2	0.9		11	73	201	528	561	499	146	520	2539
24	1	0.1		5	58	178	404	446	406	187	530	2214
25	0			0	44	156	311	363	328	194	540	1936
26					29	112	280	280	265	154	550	1670
27					15	89	249	214	211	125	560	1463
28					0	67	218	165	172	101	570	1293
29						45	218	148	133	82	580	1206
30						22	156	132	101	65	590	1066
31						0	124	116	78	53	600	971
32							93	82	70	41	610	896
33							62	66	62	31	620	841
34							22	49	55	24	630	780
35							0	33	39	22	640	734
36								16	31	19	650	716
37								0	23	17	660	700
38									16	12	670	698
39									8	10	680	698
40									0	7	690	697

CALCULO DE LA AVENIDA DE DISEÑO POR EL METODO DEL HIDROGRAFO UNITARIO PARA EL RIO GRANDE DE TARCOLES (SITIO DEL PUENTE)

Tabla N.º4

7.- Nivel Estimado de la Avenida de diseño en el sitio del Puente.

Con base en las secciones transversales suministradas - por el Ministerio de Transportes, se obtuvo una curva de des - carga preliminar para el sitio de puente utilizando la fórmula de Manning. Esta curva fue revisada contra los niveles alcan- zados por las avenidas del 25 de noviembre de 1969 y la del 19- de setiembre de 1971, cuyos caudales se estiman a partir de los registros de la Estación 24-11 Alumbre, trasladados por medio - de la fórmula de Creager. Esta comparación hizo ver que era - necesaria la ocurrencia de una socavación en el lecho del río - para que los caudales mencionados alcanzaran los niveles que tu- vieron esas avenidas en el sitio del puente. Asumiendo una so- cavación mínima del orden de 1 metro de profundidad en el cauce principal, la nueva curva teórica ajustó satisfactoriamente con los valores de nivel registrados para esas avenidas y los corres- pondientes caudales estimados para el mismo sitio.

De esta curva(ver figura 7), se deduce que el posible ni- vel a esperar para la avenida de diseño es del orden de 7.5 m. - sobre el nivel del mar. Este nivel se representa en la figura N° 8 en la sección transversal correspondiente al sitio del puen- te.

MFC/lgg.-



LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO GRANDE DE TARCOLES EN COSTA RICA

AREA DE LA CUENCA HASTA	KM²
Estación N°24-11, Alumbre	1749
El sitio de la carretera	2098
Desembocadura	2125

Nota: Este mapa se confeccionó con base en información obtenida del Instituto Geográfico de Costa Rica

SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Ciudades y poblaciones
- Vía férrea
- Carretera Interamericana
- Ríos y quebradas
- Límite de cuenca
- Estación fluviográfica
- Estación fluviométrica
- Estación pluviométrica operada por el I.C.E.
- Estación pluviográfica operada por el S.M. de C.R.
- Estación pluviométrica operada por el S.M. de C.R.
- Estación pluviométrica operada por el S.M.A.A.

ESCALA GRAFICA

0 1 2 3 4 5 6 7 8

MILLAS TERRESTRES INGLESAS

0.5 1 2 3 4 5 6 8

KILOMETROS

MINISTERIO OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES	HIDROCONSULT LTDA. INGENIEROS CONSULTORES
PROYECTO CARRETERA COSTANERA SUR	

CUENCA DEL RIO GRANDE DE TARCOLES MOSTRANDO ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

Agosto de 1971	Escala: 1:100000	Nº 125 - 2

Figura Nº1

PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO GRANDE DE TARCOLES

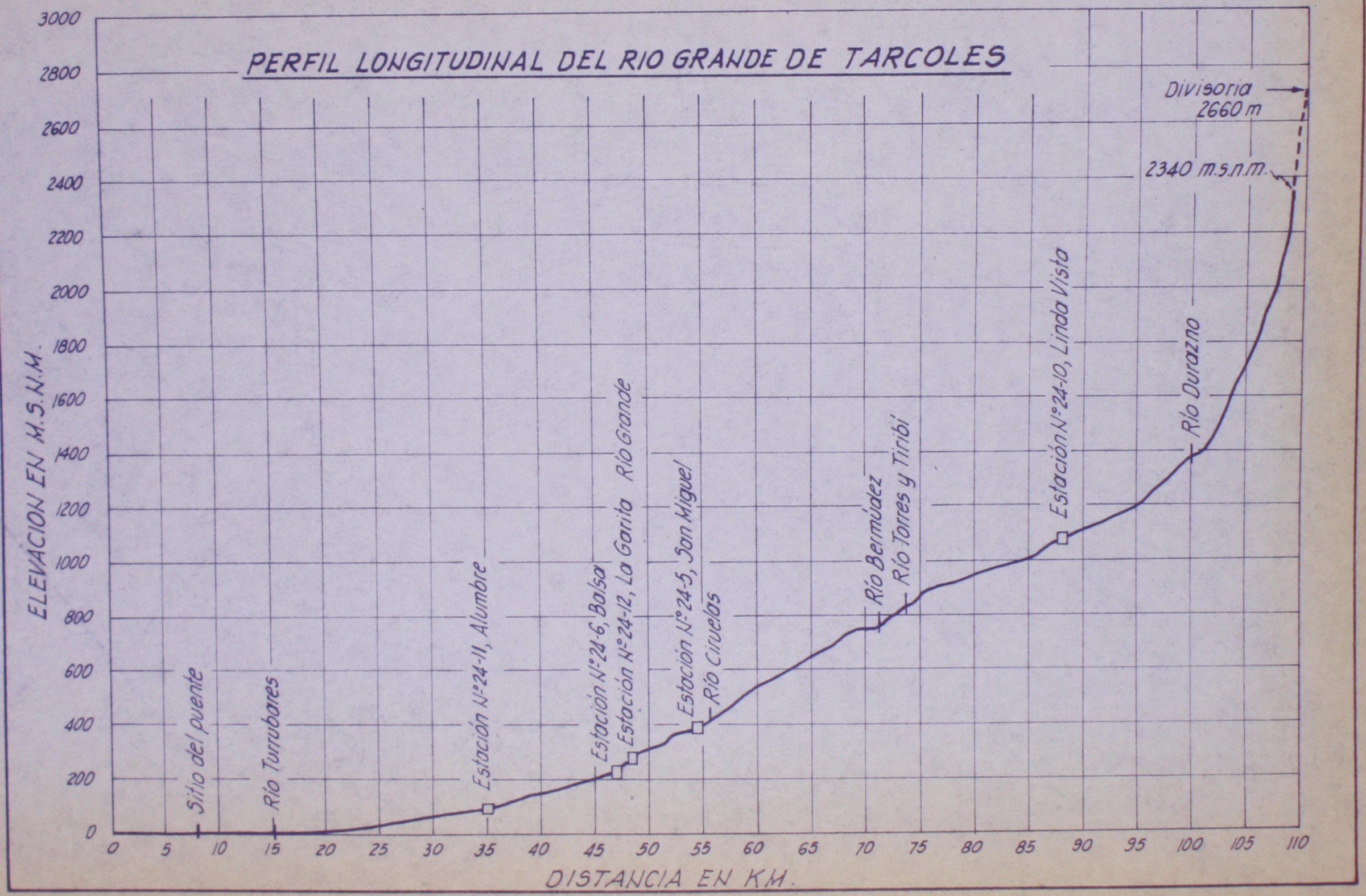
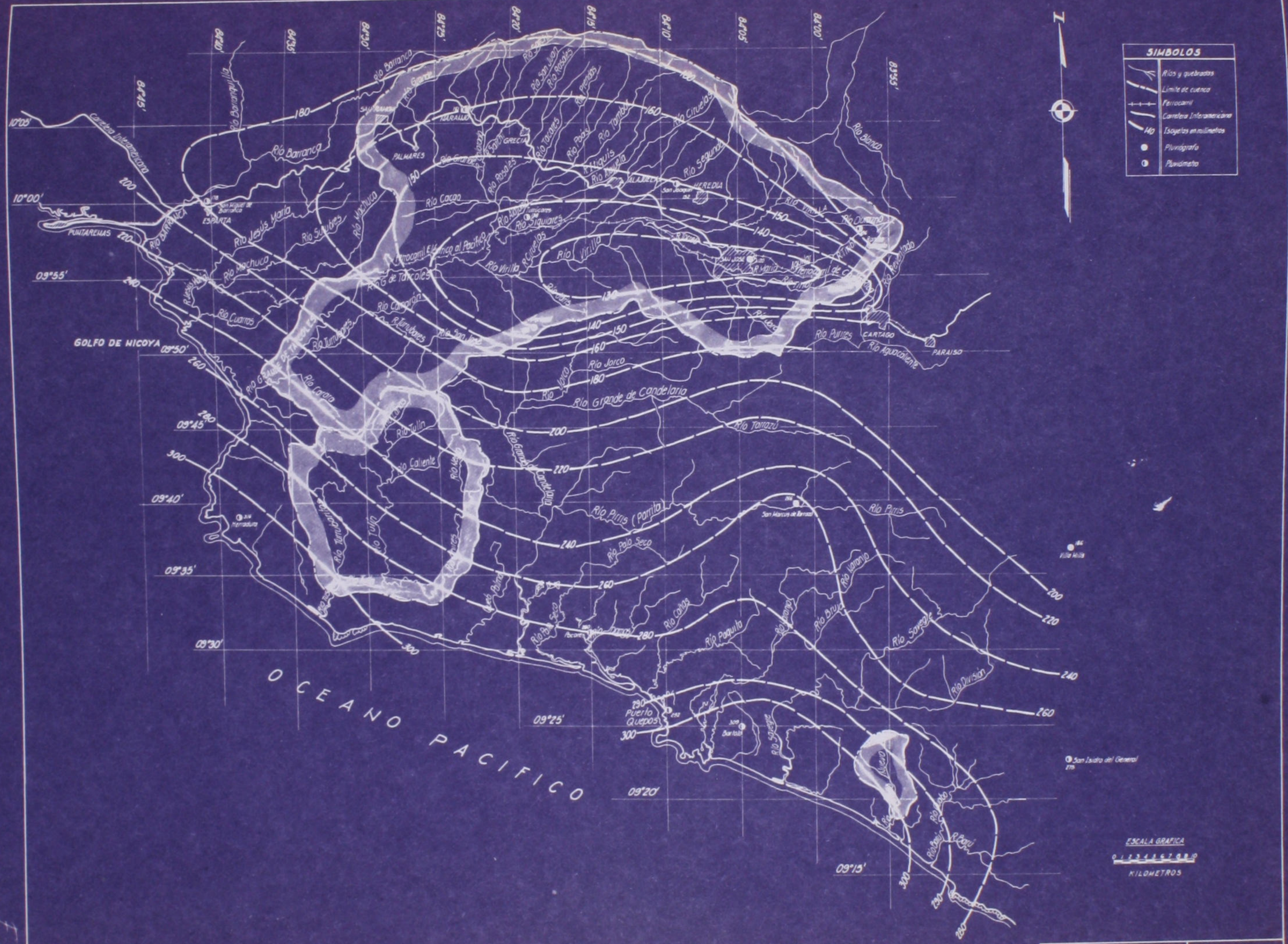
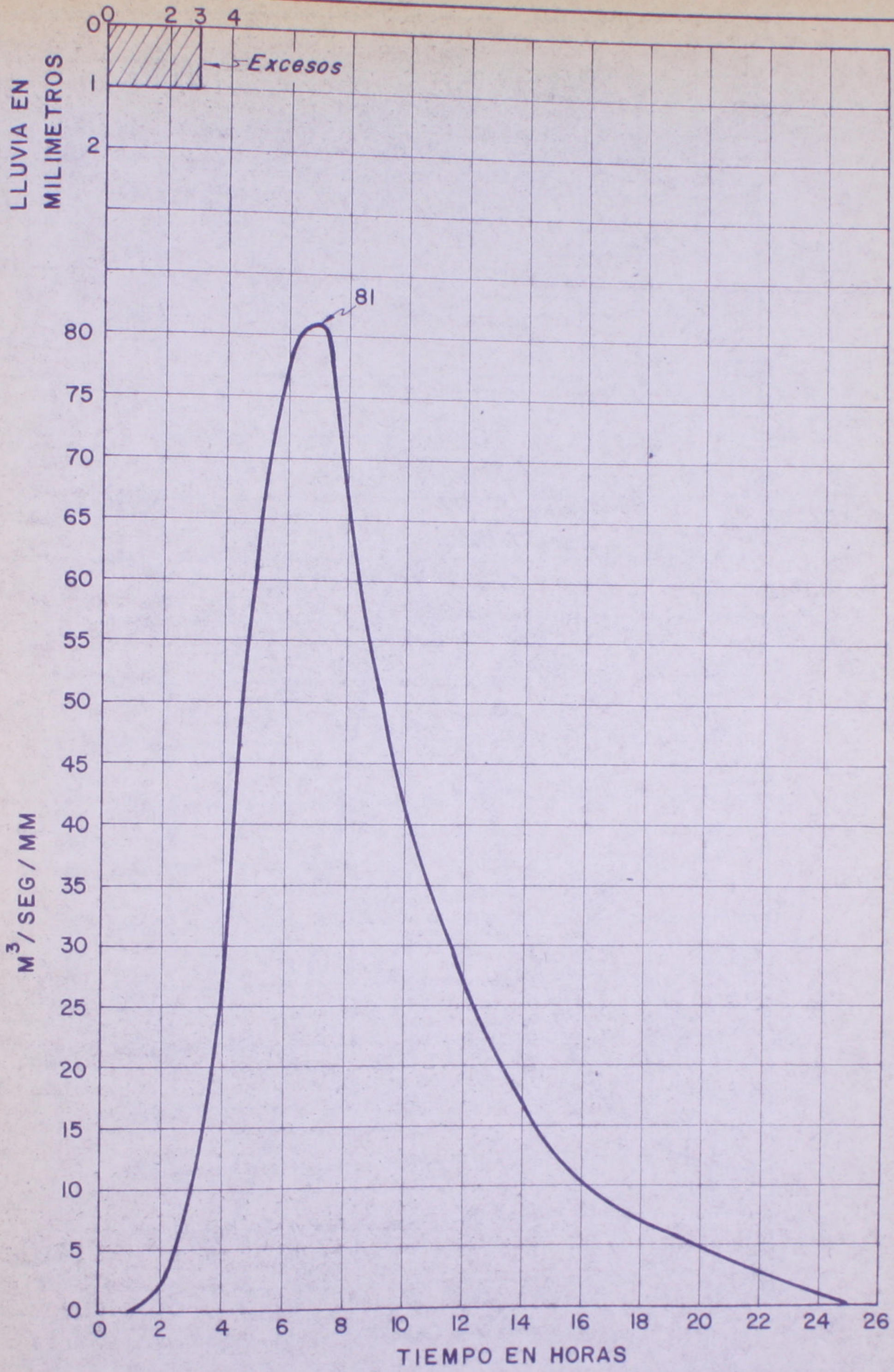


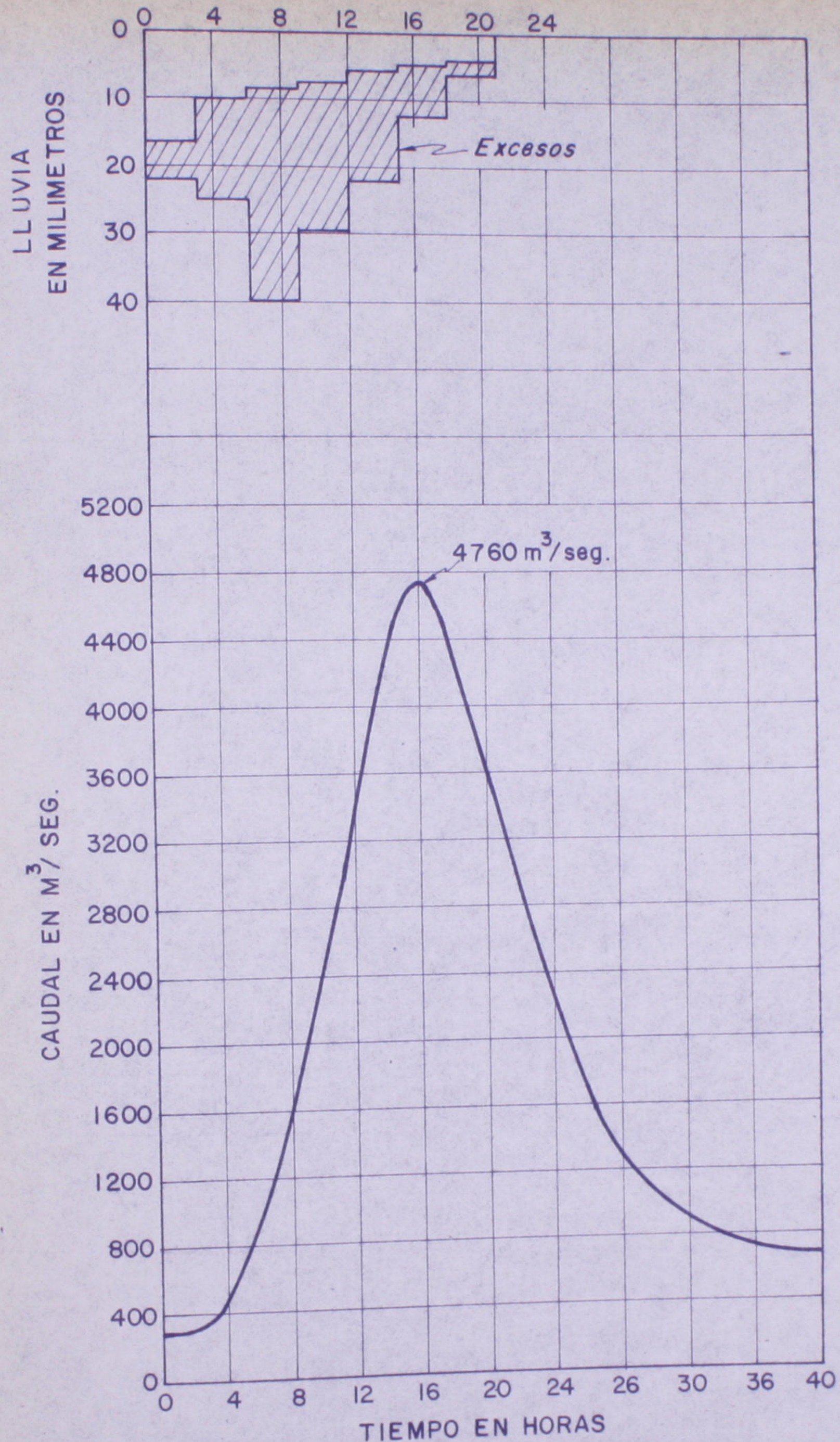
Figura N°2


SIMBOLOS
Ríos y quebradas
Límite de cuenca
Ferrocarril
Carretera Interamericana
140 Isoyetas en milímetros
Pluviógrafo
Pluviómetro
N
ESCALA GRAFICA
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
KILOMETROS
GOLFO DE NICOYA
OCEANO PACIFICO
PUNTARENAS
ESPARZA
PALMARES
GRECIA
SARCHI
HEREDIA
CARTAGO
PARAISO
Puerto Quepos
Río Barranca
Río Jesús María
Río Machuca
Río Cuarros
Río Tarcoles
Río Virilla
Río Jorco
Río Grande de Candelaria
Río Tomayo
Río Pirris (Parrita)
Río Pirris
Río Palo Seco
Río Quebrada Ancha
Río Cobano
Río Paquita
Río Bruja
Río Savegre
Río División
Río Naranjo
Río Aguacate
Río Grande de Atenas
Río Tulín
Río Caliente
Río Turrubares
Río Cacao
Río Siquirres
Río Reventazón
Río Sucio
Río Parismina
Río Toro Amarillo
Río Sarapiquí
Río Barranca
Río Grande de Tarcoles
Río Tiribí
Río Torres
Río Pirrís
Río Virilla
Río Segundo
Río Blanco
Río Durazno
Río Tuis
Río Reventado
Río Aguacate
Río Grande de Candelaria
Río Jorco
Río Tomayo
Río Pirris
Río Savegre
Río Naranjo
Río Sarapiquí
Río Sucio
Río Reventazón
Río Toro Amarillo
Río Sarapiquí
Río Sucio
Río Reventazón
Río Savegre
Río División
Río Bruja
Río Paquita
Río Cobano
Río Palo Seco
Río Pirris
Río Tomayo
Río Naranjo
Río Aguacate
Río Grande de Atenas
Río Tulín
Río Caliente
Río Turrubares
Río Cacao
Río Siquirres
Río Reventazón
Río Sucio
Río Parismina
Río Toro Amarillo
Río Sarapiquí
Río Grande de Tarcoles
Río Tiribí
Río Torres



HIDROGRAFO UNITARIO SINTETICO
PARA EL RIO GRANDE DE TARCOLES
(SITIO DEL PUENTE)
(METODO SNYDER)

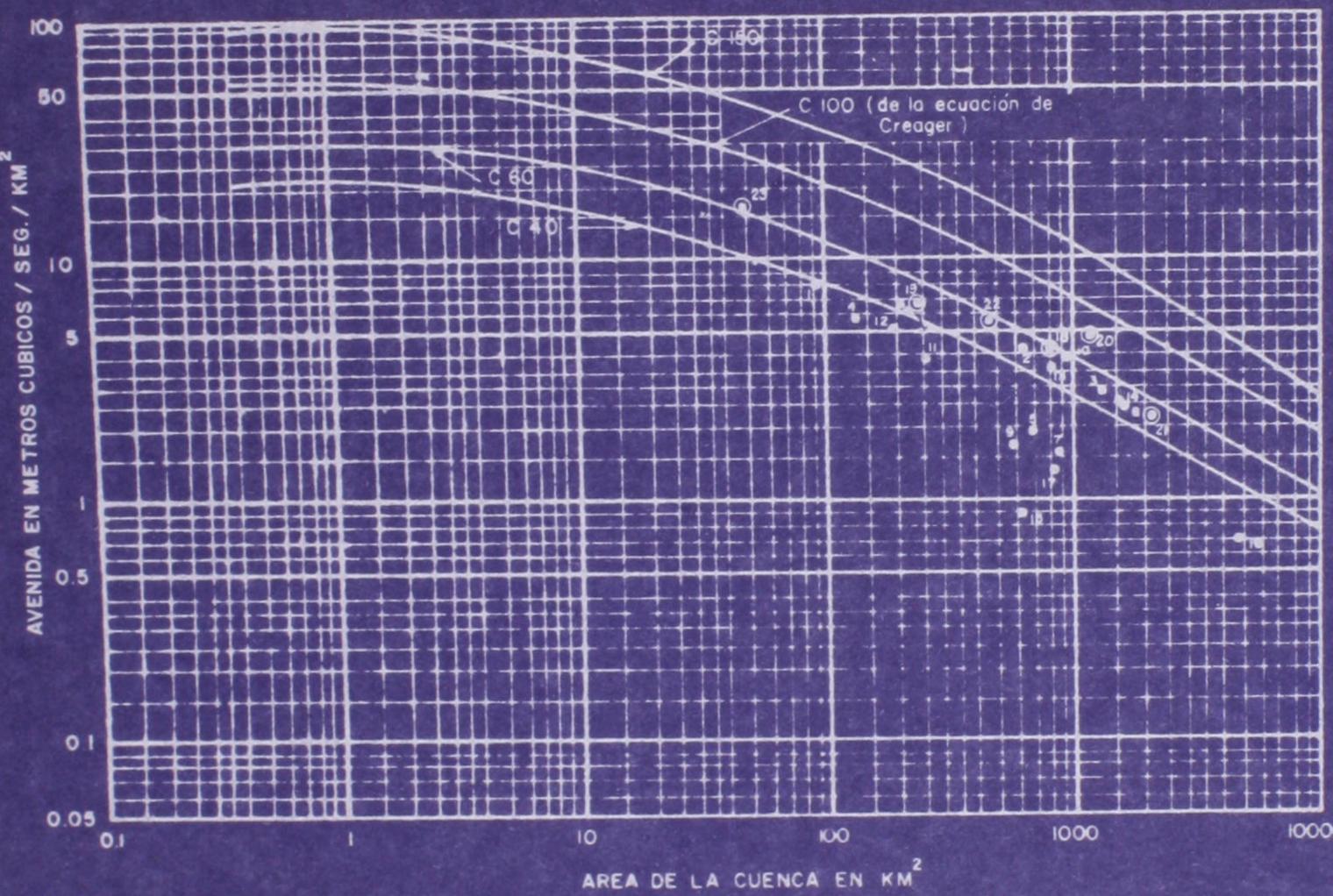
Figura N°4



AVENIDA DE DISEÑO PARA UNA FRECUENCIA DE 50 AÑOS

RIO GRANDE DE TARCOLES

Figura Nº5



LISTA DE AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA

PUNTO	R I O	S I T I O	FECHA	CAUDAL $m^3/seg.$	C
1	Banano	Asunción	9-4-70	770	40
2	Pacuare	Siquirres	9-4-70	2870	49
3	Reventazón	Angostura	9-4-70	3800	47
4	Pejibaye	El Humo	9-4-70	754	33
5	Reventazón	Cachí	9-4-70	1300	22
6	Pejibaye	Oriente	9-4-70	1380	43
7	Reventazón	El Congo	24-11-69	1400	21
8	Reventazón	Pascua	9-4-70	4200	47
9	Río San Carlos	Jabillos	24-11-69	1000	18
10	Tempisque	Guardia	27-10-60	3687	53
11	Corobicí	Corobicí	14-10-55	1000	29
12	Barranca	Nogatac	24-11-69	1000	34
13	Virilla	San Miguel	24-11-69	3080	46
14	Grande de Tárcoles	Balsa	24-11-69	4200	48*
15	Grande	Presa La Garita	6-9-61	577	10
16	Grande de Térraba	Palmar	4-11-63	3500	25
17	General	Cristo Rey	4-11-63	1137	17

* = Valor en revisión

AVENIDAS DE DISEÑO

18	Pacuare	Puente, carretera Siquirres - Limón	3577	58.5
19	Barbilla	Puente, carretera Siquirres - Limón	1472	45.1
20	Chirripó	Puente, carretera Siquirres - Limón	5670	74
21	Grande de Tárcoles	Puente, carretera Costanera Sur	4760	48
22	Tusubres	Puente, carretera Costanera Sur	2700	55
23	Hatillo Nuevo	Puente, carretera Costanera Sur	800	64

SIMBOLOS

- • AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA
- ◉ AVENIDAS DE DISEÑO EN ALGUNOS SITIOS DE PUENTES DE CARRETERAS NACIONALES

NOTAS

1) CURVAS DE LA ECUACION DE CREAGER $Q = 13\,C\left[\frac{A}{2.59}\right]^{0.936\,A^{-0.048}}$

2) ADAPTADO DE "ENGINEERING FOR DAMS" DE J.D. JUSTIN, J. HINDS Y W. P. CREAGER (NEW YORK WILEY, 1945) VOL. I, PAG. 126

Proyecto Costanera Sur

AVENIDA DE DISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RIO Gde. DE TARCOLES COMPARADA CON LAS AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN C.R. DURANTE EL PERIODO 1952 - 70

Figura No. 7

CURVA DE DESCARGA PRELIMINAR

EN EL PASO DE LA CARRETERA COSTANERA SUR

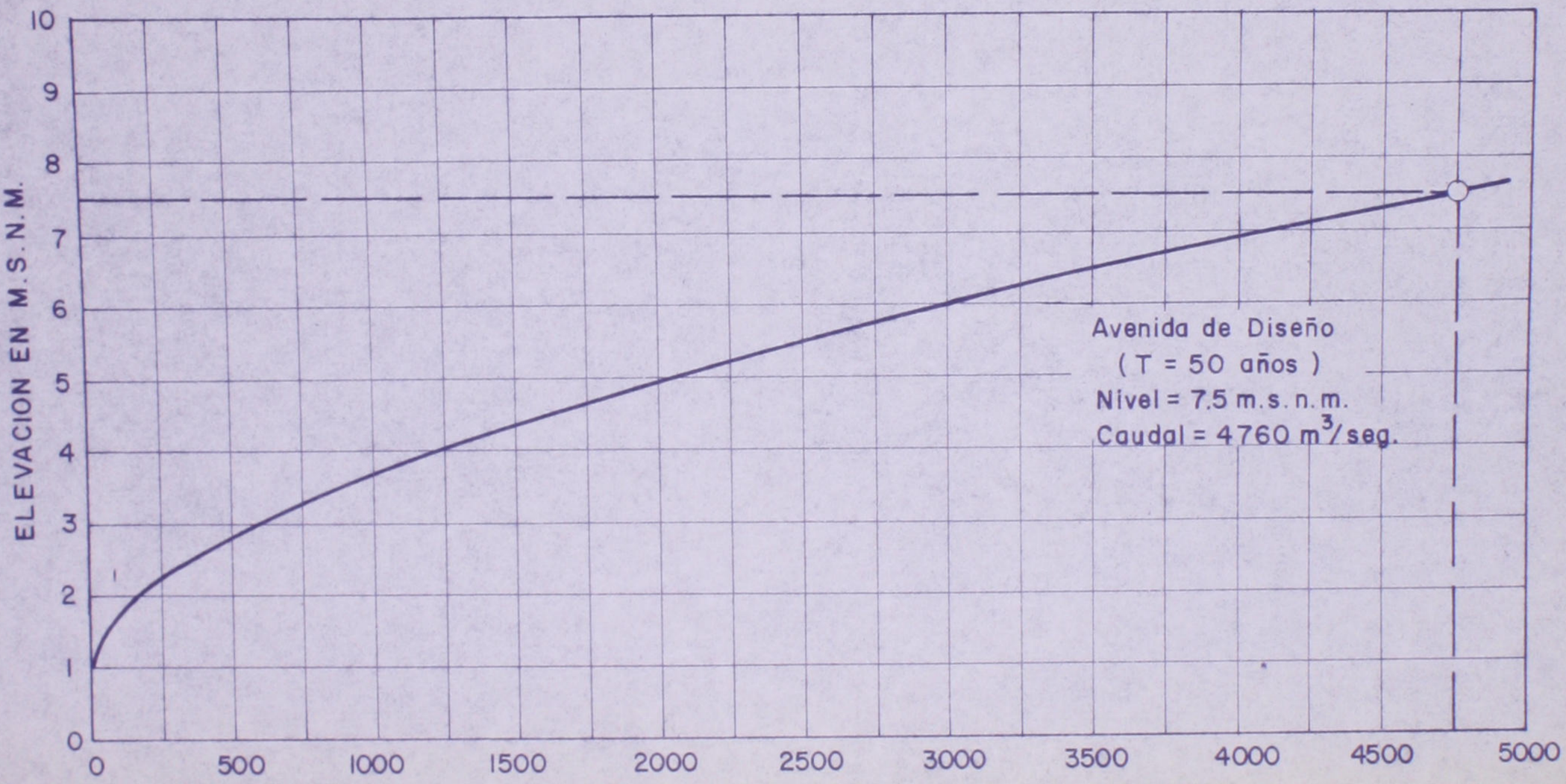
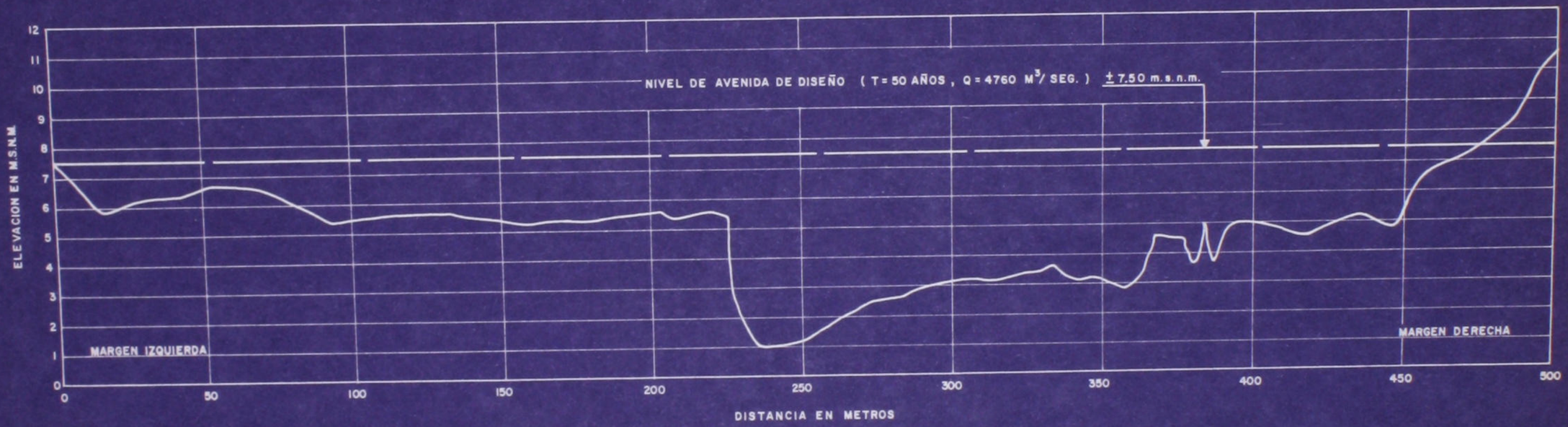


Figura Nº 7



NIVEL APROXIMADO DE LA AVENIDA DE DISEÑO DEL RIO GRANDE DE TARCOLES EN EL SITIO DEL PUENTE

Figura Nº 8

INFORME

SOBRE EL RIO TUSUBRES

1. INTRODUCCION.

El Proyecto de la Carretera Costanera Sur contempla construir, entre otros, un puente sobre el río Tusubres, cuyo paso está ubicado a unos 6 Km. aguas arriba de la desembocadura de este río en el Océano Pacífico.

Hasta el paso propuesto, el área de drenaje del río Tusubres es de unos 480 Km^2.

El presente informe es un resumen del estudio hidrológico llevado a cabo por la firma HIDROCONSULT LTDA. para definir el caudal y nivel probables de la avenida de diseño de este puente, cuyo período de recurrencia fue fijado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes en 50 años, es decir con una probabilidad anual del 2%.

2. LA CUENCA DEL RIO TUSUBRES.

El río Tusubres está formado por la confluencia de los ríos Tulín y Turrubaritos, cuya unión se efectúa a unos 6.5 Km. aguas arriba de su desembocadura en el Océano Pacífico.

Las áreas tributarias de interés son las siguientes:

a. Hasta sitio del puente: 480 Km^2

b. Hasta la desembocadura en el Océano Pacífico: 493 Km^2

El río Tulín, que es el principal, se inicia a elevaciones cercanas a los 1.200 m. s.n.m. en las estribaciones del cerro "Altos de La Potenciana", ubicado a unos 30 Km al norte del Estero Bejuco. Mientras que el río Turrubaritos se inicia en las faldas del Cerro "La Bola" a una cota cercana a 500 m. s.n.m., y ubicada a unos 17 Km. al oeste de la Playa Agujas.

Es necesario resaltar la cercanía de ambas cuencas al mar, pues este factor tiene que influir en la precipitación que pueda ocurrir sobre el área.

Considerando el curso del río Tulín, la longitud del curso principal es de 40 Km. desde el sitio del puente hasta la divisoria de aguas. En ese recorrido, el río baja unos 1350 m, o sea una pendiente bruta del orden de 34.0 m/Km. equivalente a un 3.4 por ciento. En la figura No. 2 se da el perfil del curso principal.

Sobre la cuenca predomina el clima "Tropical Lluvioso" (Amw'), el cual se caracteriza por una estación "seca" corta de enero a abril, inclusive. La otra, lluviosa, se presenta de mayo a diciembre inclusive. Sin embargo, ocurren dos períodos de transición, uno entre abril y mayo y el otro entre diciembre y enero.

La lluvia sobre la cuenca es principalmente de orígen convectivo, produciéndose en forma de chubascos de cierta intensidad y corta duración; también ocurre con bastante frecuencia la precipitación de orígen orográfico que se produce por el ascenso sobre las montañas de las masas de aire que se desplazan de mar a tierra y finalmente, el área está expuesta al fenómeno conocido como "Temporales del Pacífico", generalmente causado por el movimiento de grandes masas de aire húmedo del Pacífico hacia el Atlántico. Este movimiento es provocado por la ocurrencia de bajas presiones en el Atlántico asociados en la mayoría de las veces, a huracanes que se forman o pasan cerca de nuestra costa en el Mar Caribe. Notables ejemplos de este fenómeno lo constituyen los temporales de octubre de 1955 y setiembre de 1971, causados por la influencia de los huracanes "Katie" e "Irene",respectivamente. En tales oportunidades, las fuertes precipitaciones han provocado caudales excesivos en los ríos de la vertiente Pacífica y el Río Tusubres ha experimentado crecidas importantes.

3. TORMENTA DE DISEÑO.

En la Vertiente del Pacífico y en especial en la Meseta Central existe un regular número de estaciones medidoras de lluvia, la mayoría de ellas equipadas

únicamente con pluviómetro. Sus períodos de registro contínuo varían entre pocos años y 83 años (San José). De éstas tomando en cuenta calidad y extensión del registro se escogieron 19 estaciones cuya lista se dá en tabla 1.

TABLA No. 1

LISTA DE ESTACIONES MEDIDORAS DE LLUVIA Y PRECIPITACION EN 24 HORAS DE T = 50 AÑOS

Estación	Años de Registro	P_{50} (mm)
1. Bartolo	26	308,7
2. El Alto	17	133.4
3. Golfito	30	273.8
4. Herradura	8	315.8
5. Naranjo	27	161.3
6. Palmar Sur	23	232.8
7. Pocares	30	280.2
8. Quepos	31	291.6
9. Rancho Redondo	21	185.7
10. Rincón de Osa	27	254.0
11. San Isidro del General	31	275.0
12. San Joaquín de Flores	28	152.0
13. San José	83	120.1
14. San Miguel de Barranca	34	178.2
15. San Vito de Java	17	212.0
16. Tarrazú	13	265.8
17. Turrúcares	28	137.5
18. Villa Mills	21	186.0
19. Volcán Buenos Aires	19	270.0

Nota: P_{50} = Precipitación en 24 horas y T = 50 años, obtenida por el método de Gumbel.

En resumen puede decirse que:

Una Estación tiene de 0 a 10 años de registro,
Tres Estaciones tienen entre 11 y 20 años,
Diez Estaciones tienen entre 21 y 30 años,
Tres Estaciones tienen entre 31 y 40 años,
Una Estación tiene más de 40 años (83 años San José).
La duración promedio del registro es de 27 años.

En cada una de estas estaciones se determinaron las tres precipitaciones diarias máximas para cada uno de los años del registro. Usando el sistema de las series parciales se escogieron las "n" máximas precipitaciones de cada estación (siendo n el número de años de registro). Utilizando la fórmula de Gumbel se calculó la precipitación de 24 horas con un período de recurrencia T = 50 años para cada una de las 19 estaciones, cuyos valores aparecen en la tabla 1.

Estos valores sobre un mapa de la zona permitieron el trazo de las isoyetas de la tormenta de diseño (ver figura 3). Utilizando el planímetro, se calculó la precipitación promedio de esa tormenta, sobre la cuenca del río Tusubres que alcanza un valor de 256 mm. en 24 horas.

Este valor de 256 mm. se distribuyó en incrementos horarios siguiendo el patrón porcentual de la tormenta del 20 de junio de 1961 en San Isidro del General, con una duración de 4 horas, pero cuya envolvente se ha llevado hasta una duración teórica de 24 horas, con el objeto de poder distribuir la tormenta de diseño (T = 50 años; t = 24 horas), de acuerdo a un patrón más severo como el que se presenta en tormentas de mediana duración, que son las precipitaciones que podrían causar una escorrentía más alta en una cuenca del tamaño de la del Tusubres (ver figura 4).

En la tabla No.2 se suministran los incrementos horarios de la tormenta de diseño, obtenida en la forma anteriormente explicada.

TABLA No. 2

TORMENTA DE DISEÑO PARA LA CUENCA DEL RIO TUSUBRES HASTA EL SITIO DEL PUENTE

Hora	(a) % P_1	(b) P_2(mm)	(c) P_3(mm/hr)	(d) P_4(mm/hr)	(e) I.F.(mm/hr)	Excesos(mm/hr)
0	0	0	0	0	0	0
1	15	38.4	38.4	10.3	4.0	1.3
2	25	64.0	25.6	15.3	4.0	11.3
3	33	84.5	20.5	25.6	4.0	21.6
4	39	99.8	15.3	38.4	3.5	34.9
5	44	112.6	12.8	20.5	3.5	17.0
6	48	122.9	10.3	12.8	3.5	9.3
7	52	133.1	10.2	10.2	3.0	7.2
8	55	140.8	7.7	7.7	3.0	4.7
9	58	148.5	7.7	7.7	3.0	4.7
10	61	156.2	7.7	7.7	2.5	5.2
11	64	163.8	7.6	7.7	2.5	5.2
12	67	171.5	7.7	7.7	2.5	5.2
13	70	179.2	7.7	7.7	2.0	5.7
14	73	186.9	7.7	7.7	2.0	5.7
15	76	194.6	7.7	7.7	2.0	5.7
16	79	202.2	7.6	7.7	1.5	6.2
17	82	209.9	7.7	7.7	1.5	6.2
18	85	217.6	7.7	7.7	1.5	6.2
19	87	222.7	5.1	7.6	1.5	6.1
20	90	230.0	7.3	7.6	1.5	6.1
21	92	235.5	5.5	7.3	1.5	5.8
22	95	243.2	7.7	5.5	1.5	4.0
23	97	248.3	5.1	5.1	1.5	4.0
24	100	256.0	7.7	5.1	1.5	4.0
Total			256.0			

Continúa...

(Continuación Tabla No. 2)

NOTAS:

a. Porcentaje de la precipitación de la tormenta del 20/6/61 con respecto a la envolvente de San Isidro del General en 24 horas

b. P_2 = % P x 256 = Curva masa de la tormenta de diseño inicial

c. P_3 = incrementos entre dos valores horarios consecutivos de P_2

d. P_4 = los valores de P_3 reacomodados con el mayor incremento en la cuarta hora

e. I. F. = índice de infiltración

f. El primer exceso = P_4 - I.F. - pérdida inicial (= 5 mm)

4. DERIVACION DEL HIDROGRAFO UNITARIO PARA EL SITIO DEL PUENTE.

Como parte del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, el ICE ha instalado a partir de 1968, una serie de estaciones fluviográficas en varios ríos del país. De la información disponible al respecto en la costa del Pacífico, se escogió la obtenida en el río Savegre en la Estación 29-1 (Puente de Hamaca), pues el área tributaria a ese sitio tenía factores de cierta similaridad con la cuenca en estudio, tales como:

a. Extensión de la cuenca hasta la Estación 29-1: 508 Km^2
   Río Tusubres hasta sitio del puente: 480 Km^2

b. Pendiente bruta del cauce hasta la Est. 29-1: 6.0 %
   Río Tusubres hasta sitio del puente: 3.4 %

c. Ubicación del área de drenaje: ambos ríos drenan "filas" o cordilleras costaneras, de similares ubicación con respecto al mar, geología, clima y cubierta vegetal.

d. Los perfiles muestran también cierta similitud (ver figura No. 2).

Del registro disponible en el río Savegre se escogieron tres avenidas (8 de setiembre, 29 de setiembre y 8 de octubre del año 1970), de las cuales se derivaron los correspondientes hidrógrafos unitarios, escogiéndose el H.U. correspondiente a la avenida del 29 de setiembre como representativo para esta cuenca.

Mediante la curva S se demostró que dicho hidrógrafo era de 1 hora.

Con base en la experiencia de Estados Unidos y la que se está desarrollando en nuestro país al respecto, se considera que para el área tributaria a la estación 29-1 y el tiempo de concentración al mismo sitio, la duración de 1 hora es la adecuada. El H.U. de la estación 29-1, tiene las siguientes características principales:

t_p = tiempo al pico: 3 horas

Q_p = Caudal pico: 41.0 $m^3/seg - mm$

$$q_p = \frac{Q_p}{A} = \frac{41}{508} = 0.081 \ m^3/seg - mm - Km^2$$

De estos valores se derivaron los coeficientes de la fórmula de Snyder, a saber:

$$C_t = \frac{t_p}{0.508} \div \left(\frac{L \times L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} = 0.72 \qquad (1)$$

Donde:

C_t = Coeficiente de la fórmula de Snyder

t_p = Tiempo al pico del H.U. = 3 horas

L = Longitud del curso principal desde la divisoria de aguas al sitio en estudio = 54 Km

L_c = Distancia por el curso principal desde la intersección de la proyección del centro de gravedad de la cuenca sobre el mencionado curso, hasta el sitio de interés = 36 Km

S = Pendiente bruta del cauce principal expresada como m/Km = 60

$$C_p = \frac{q_p \times t_p}{0.276} = \frac{0.081 \times 3}{0.276} = 0.88 \qquad (2)$$

Donde:

C_p = Coeficiente de la fórmula de Snyder

q_p = Caudal pico del H.U. expresado en $m^3/seg - mm - Km^2$ = 0.081

Los valores de C_p derivados del H.U. del río Savegre está en concordancia con los obtenidos en otros ríos del Pacífico de Costa Rica y el valor de C_t corresponde con el observado por el U.S. Corps of Engineers en ríos al pie de colinas, caso al que se puede asimilar el río Savegre en el sitio de la estación fluviográfica 29-1.

Estos mismos valores de C_p y C_t son los que se adoptarán para derivar el H.U. del río Tusubres en el sitio del puente, mediante la aplicación de las fórmulas (1) y (2), indicadas anteriormente.

De la fórmula (1):

$$t_p = 0.508\ C_t \times \left(\frac{L \times L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} \qquad (3)$$

En donde reemplazando los valores de C_t = 0.72, L = 40 Km, L_c = 22 Km y S = 34 m/km, obtenemos t_p = 2.5 horas

De fórmula (2):

$$q_p = \frac{0.276\ C_p}{t_p} \qquad (4)$$

Reemplazando en fórmula (4), los valores conocidos de t_p = 2.5 horas y C_p = 0.88, tenemos:

$$q_p = \frac{0.276 \times 0.88}{2.5} = 0.097\ m^3/\ seg - Km^2 - mm$$

Y $Q_p = q_p \cdot A = 0.097 \times 480 = 46\ m^3/seg - mm$

Finalmente el H.U. en el sitio del puente del río Tusubres se obtuvo de multiplicar las ordenadas del H.U. adimensional del río Savegre en "Puente de

Hamaca" por el Q_p ya calculado (46 m^3/seg - mm) y las abscisas del mismo H.U. por el t_p (2.5 horas) del sitio de interés. El H.U. así calculado aparece en la Tabla No.3 y en la Figura No. 5.

La duración efectiva de la lluvia de acuerdo con el método de la curva "S" es de 1 hora, lo que se considera adecuado para el tamaño del área de drenaje.

TABLA No. 3

HIDROGRAFO UNITARIO DEL RIO TUSUBRES

SITIO DEL PUENTE CARRETERA COSTANAERA SUR

TIEMPO (Hrs)	H.U. (m^3/seg - mm)
0	0
0.5	1
1.0	6
1.5	30
2.0	46
2.5	36
3.0	30
3.5	25
4.0	20
4.5	17
5.0	15
5.5	12
6.0	10
6.5	8
7.0	6
7.5	3
8.0	1
8.5	

5. CALCULO DE LA AVENIDA DE DISEÑO PARA EL SITIO DEL PUENTE.

A los incrementos de lluvia horarios dados en la Tabla No.2 se le aplicó una pérdida inicial de 5 mm y un índice de infiltración de 4 mm/h para las tres primeras horas 3.5 mm/h para las tres horas siguientes, 3 mm/h para las otras 3 horas, 2.5 mm/h para las tres siguientes, 2 mm/h para las otras tres y 1.5 mm/h para el resto.

Al H.U. de 1 hora, se aplicaron los excesos horarios de lluvia obtenidos como se explicó antes, para calcular la Avenida de Diseño, la cual resultó con un valor máximo de 2700 m^3/seg y que corresponde a una "C" de Creager de 55. En la tabla No. 4 aparece dicho cálculo y el hidrógrafo resultante aparece en la Figura No. 6.

6. COMPARACION DE LA AVENIDA DE DISEÑO CON CRECIDAS EXTRAORDINARIAS REGISTRADAS EN COSTA RICA.

En la Figura No. 7 se muestra la comparación entre los caudales específicos (m^3/seg/Km^2) de crecidas extraordinarias registradas en nuestro país y el de la Avenida de Diseño para el puente del río Tusubres, así como los valores obtenidos para algunos puentes de la Carretera Limón-Siquirres y el Grande de Tárcoles en el sitio del puente de la Costanera Sur. En la misma figura se han tabulado dichas avenidas indicando fecha de ocurrencia, caudal pico y el correspondiente valor de la "C" de la ecuación de Creager. De acuerdo con esa Tabla, ningún río en Costa Rica ha alcanzado durante el período de registro disponible (máximo de 18 años para algunas estaciones) avenidas con valores de "C" superiores a 49; además la magnitud de la Avenida de Diseño es comparable en el valor de "C" con la de Diseño del río Pacuare. De todo lo anteriormente expuesto se concluye que la Avenida de Diseño del río Tusubres tiene una magnitud razonable para eventos de esa frecuencia.

Horas	H.Unitario 1 hora m³/seg./mm Ordenadas	Tormenta 50 años	Excesos cada hora		E	X	C	E	S	O	S						Flujo base	Total
				1.3	11.3	21.6	34.9	17.0	9.3	7.2	4.7	4.7	5.2	5.2	5.2	5.7	5.7	5.7		
0	0	10.3	1.3	0														100	100
0.5	1			1														102	103
1	6	15.3	11.3	8	0													104	112
1.5	30			39	11													106	156
2	46	25.6	21.6	60	68	0												108	236
2.5	36			47	339	22												110	518
3	30	38.4	34.9	39	520	130	0											112	801
3.5	25			32	407	648	35											114	1236
4	20	20.5	17.0	26	339	994	209	0										116	1684
4.5	17			22	282	778	1047	17										118	2264
5	15	12.8	9.3	20	226	648	1605	102	0									120	2721 ≈ 2700
5.5	12			16	192	540	1256	510	9									122	2645
6	10	10.2	7.2	13	170	432	1047	782	56	0								124	2624
6.5	8			10	136	367	872	612	279	7								126	2409
7	6	7.7	4.7	8	113	324	698	510	428	43	0							128	2252
7.5	3			4	90	259	593	425	335	216	5							130	2057
8	1	7.7	4.7	1	68	216	524	340	279	331	28	0						132	1919
8.5					34	173	419	289	232	259	141	5						134	1686
9		7.7	5.2		11	130	349	255	156	216	216	28	0					136	1497
9.5						65	279	204	158	180	169	141	5					138	1339
10		7.7	5.2			22	209	170	140	144	141	216	31	0				140	1213
10.5							105	136	112	122	118	169	156	5				142	1065
11		7.7	5.2				35	102	93	108	94	141	239	31	0			144	987
11.5								51	74	86	80	118	187	156	5			146	903
12		7.7	5.7					17	56	72	70	94	156	239	31	0		148	883
12.5									28	58	56	80	130	187	156	6		150	851
13		7.7	5.7						9	43	47	70	104	156	239	34	0	152	854
13.5										22	38	56	88	130	187	171	6	154	852
14		7.7	5.7							7	28	47	78	104	156	262	34	156	872
14.5											14	38	62	88	130	205	171	158	872
15		7.7									5	28	52	78	104	171	262	160	894
15.5												14	42	62	88	142	205	162	886
16		7.7										5	31	52	78	114	171	164	876
16.5													16	42	62	97	142	166	730
17		7.6											5	31	52	86	114	168	627
17.5														16	42	68	97	170	535
18.0		7.6												5	31	57	86	172	465
18.5															16	46	68	174	401
19.0		7.3													5	34	57	176	358
19.5																17	46	178	309
20.0		5.5														6	34	180	277
20.5																	17	182	245
21.0		5.1															6	184	224
21.5																		186	203
22.0		5.1																188	194

CALCULO DE LA AVENIDA DE DISEÑO POR EL METODO DEL HIDROGRAFO UNITARIO PARA EL RIO TUSUBRES

Tabla Nº4

7. NIVEL ESTIMADO DE LA AVENIDA DE DISEÑO EN EL SITIO DEL PUENTE.

Con base en las secciones transversales suministradas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y en las visitas al sitio, se obtuvo una curva de descarga preliminar para el sitio del puente, utilizando la fórmula de Manning. La misma presupone flujo sobre ambos bancos, excepto las partes densamente boscosas, lo cual fue confirmado durante la visita al sitio realizada el día **12-10-71**, después de que el país había sido azotado por los temporales, producto de la influencia del Huracán Irene. En tal oportunidad se encontraron marcas altas en la margen izquierda, cerca del sitio del puente a la elevación 5.41 m. s.n.m., lo que hace ver la existencia de un flujo apreciable sobre esa margen.

La curva de descarga se da en la figura No. 8, de la cual se deduce que para el caudal 2700 m^3/seg, el nivel aproximado correspondiente es de 6.6 m. s.n.m. En la figura No.9 este nivel se localiza sobre la sección transversal en el sitio propuesto para el puente.


Río del Sur
Río Tarcolitos
Río Camaronal
Bijagual
Q. Bijagual
Río Esperanza
La Esperanza
Río San Francisco
Q. Los Lajas
Río Tumbalitos
Río Danta
Delicias
Queb. Tumbalitos
Río Goláin
Río Lagos
Río Lagos
Queb. Sertudal
Río Tulín
Tulín
Queb. Grande
Río Tulín
Rancho Largo
Río Caliente
Río Negro
Quebrada Grande
Río Goláin
Río Tulín
Q. Honda
San Jerónimo
Queb. Las Vacas
Queb. Vacas
Río Caliente
Q. Alonso
Río Tigre
Guarumal
Río Negro
R. San Vicente
San Vicente
Río Guarumal
Río Chirles
Q. San Gabriel
Río Tulín
Río Negro
Q. Pesada
Q. Silicos
La Pavona
Q. Pavona
Río Tulín
Q. Colorado
Río Arenal
Gloria
Q. Espave
Río Seco
Q. Mojado
Q. Ciruelo
Río Turrubaritas
Q. Pilón
Río Gonzalillo
Angeles
Río Negro
Río Tarbaca
Gamabilla
Queb. Bonita
Q. Grande Tulín
Río Gamabilla
Río Chirles
Queb. María
Río Tulín
Río Lo Gloria
Río Lo Gloria
Q. La Quina
Río Tulín
Río Chirles
Río Naranjo
Q. San Julián
San Julián
Chirles
Esterillos Oeste
OCEANO PACIFICO
09°45'
09°40'
09°35'
84°35'
84°30'
84°25'
N
SIMBOLOS
Ríos y quebradas
Límite de cuenca
Pluviómetro
ESCALA GRAFICA
0 1 2 3 4 5
KILOMETROS
NICARAGUA
MAR CARIBE
OCEANO PACIFICO
PANAMA
LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO TUSUBRES EN COSTA RICA
Area de la cuenca hasta el Sitio del puente = 480 Km²
Nota: Este mapa se confeccionó con base en información obtenida del Instituto Geográfico de Costa Rica.
MINISTERIO OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
PROYECTO CARRETERA COSTANERA SUR
HIDROCONSULT LTDA
CUENCA DEL RIO TUSUBRES
Agosto de 1971
Escala 1:50000
Nº 125 - 3
Figura Nº 1

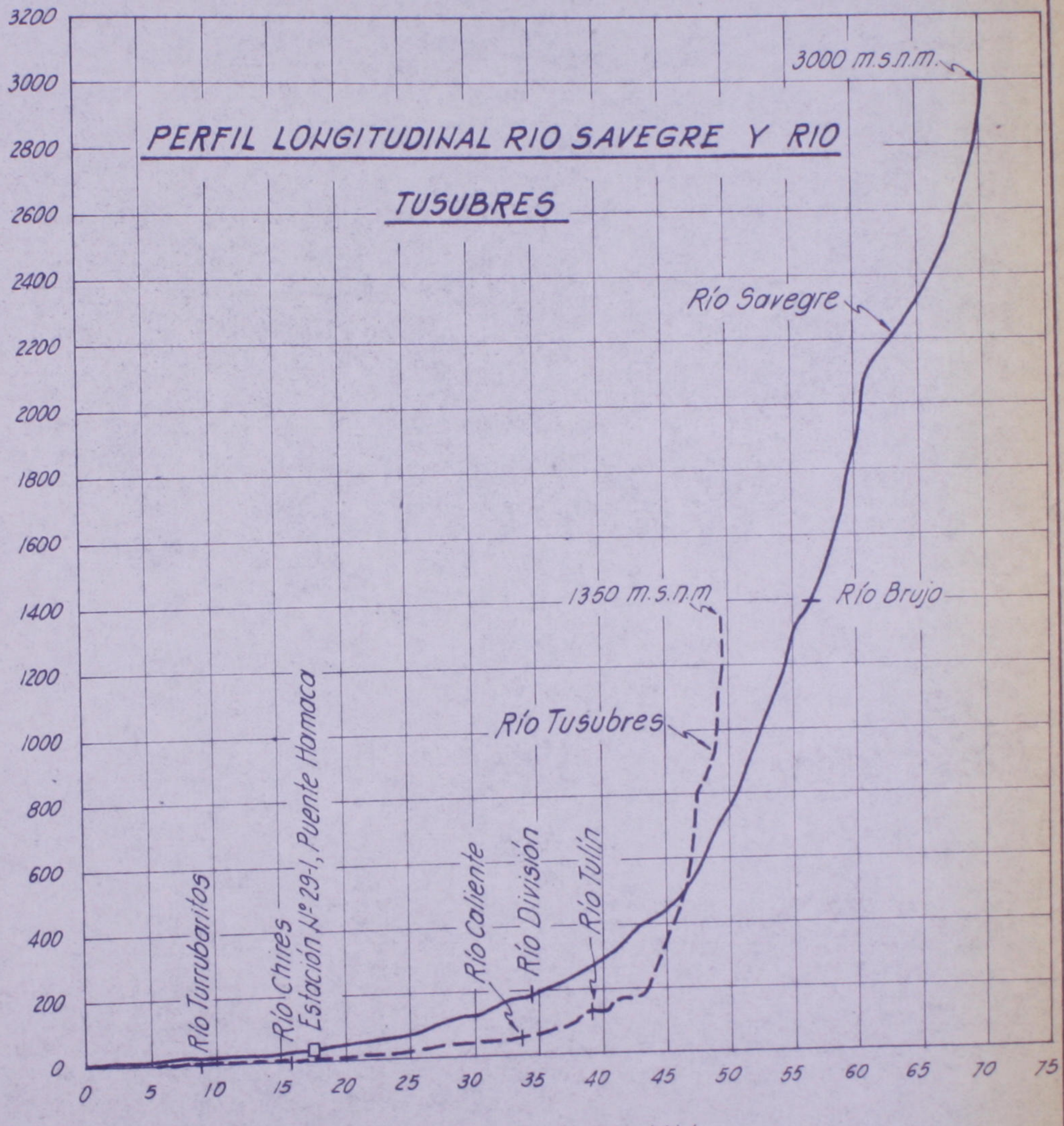
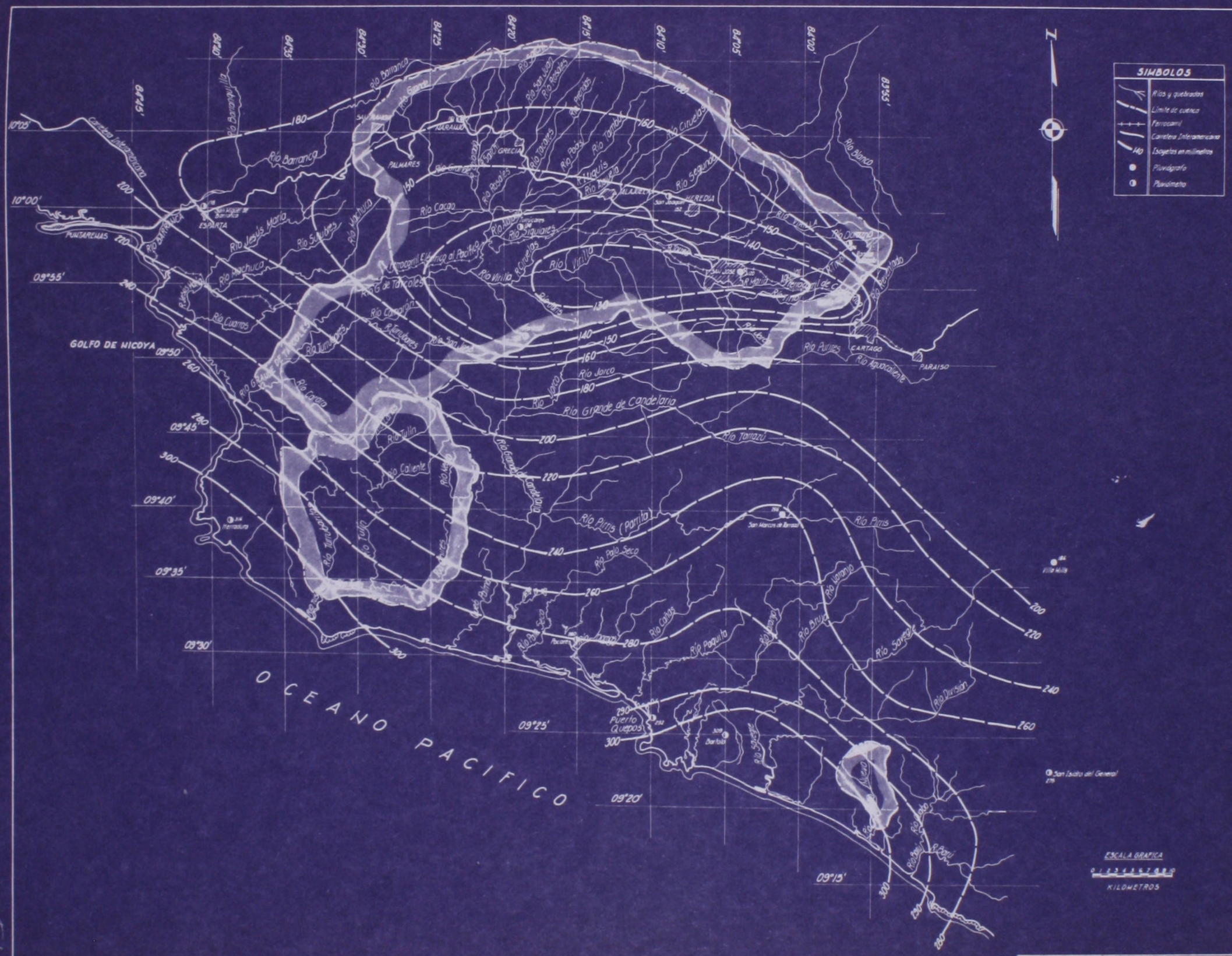

PERFIL LONGITUDINAL RIO SAVEGRE Y RIO TUSUBRES
3000 m.s.n.m.
Río Savegre
1350 m.s.n.m
Río Brujo
Río Tusubres
Río Caliente
Río División
Río Tulín
Río Turrubaritos
Río Chires
Estación Nº 29-1, Puente Homaco
ELEVACION EN M.S.N.M.
DISTANCIA EN KM.
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75

Figura Nº 2


SIMBOLOS
Ríos y quebradas
Límite de cuenca
Ferrocarril
Carretera Interamericana
Isoyetas en milímetros
Pluviógrafo
Pluviómetro
N
ESCALA GRAFICA
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
KILOMETROS
GOLFO DE NICOYA
OCEANO PACIFICO
PUNTARENAS
ESPARZA
PALMARES
SAN RAMON
ALAJUELA
HEREDIA
CARTAGO
PARAISO
Puerto Quepos
Río Barranca
Río Jesús María
Río Machuca
Río Cuarto
Río Grande de Tárcoles
Río Virilla
Río Jorco
Río Grande de Candelaria
Río Tiribí
Río Tarrazú
Río Pirrís (Parrita)
Río Palo Seco
Río Caños
Río Paquita
Río Savegre
Río Damas
Río Barú
Río Térraba
Río Pirrís
Río Blanco
Río Segundo
Río Tabacón
Río Poás
Río Toro
Río Cañas
Río Platanar
Río Peñas Blancas
Río Aguacate
Río Purires
Río Reventado
Río Sucio
Río Naranjo
Río Durán
Río Parrita
Río Tulín
Río Caliente
Río Turrubares
Río Tuis
Río Tabarcia
Río Arenal
Río Abangares
Río Tenorio
Río Bebedero
Río Corobicí
Río Colorado
Río Frío
Río Sarapiquí
Río Toro Amarillo
Río Peje
Río Sarapiquí
Río Sarapiquí
Río Sarapiquí

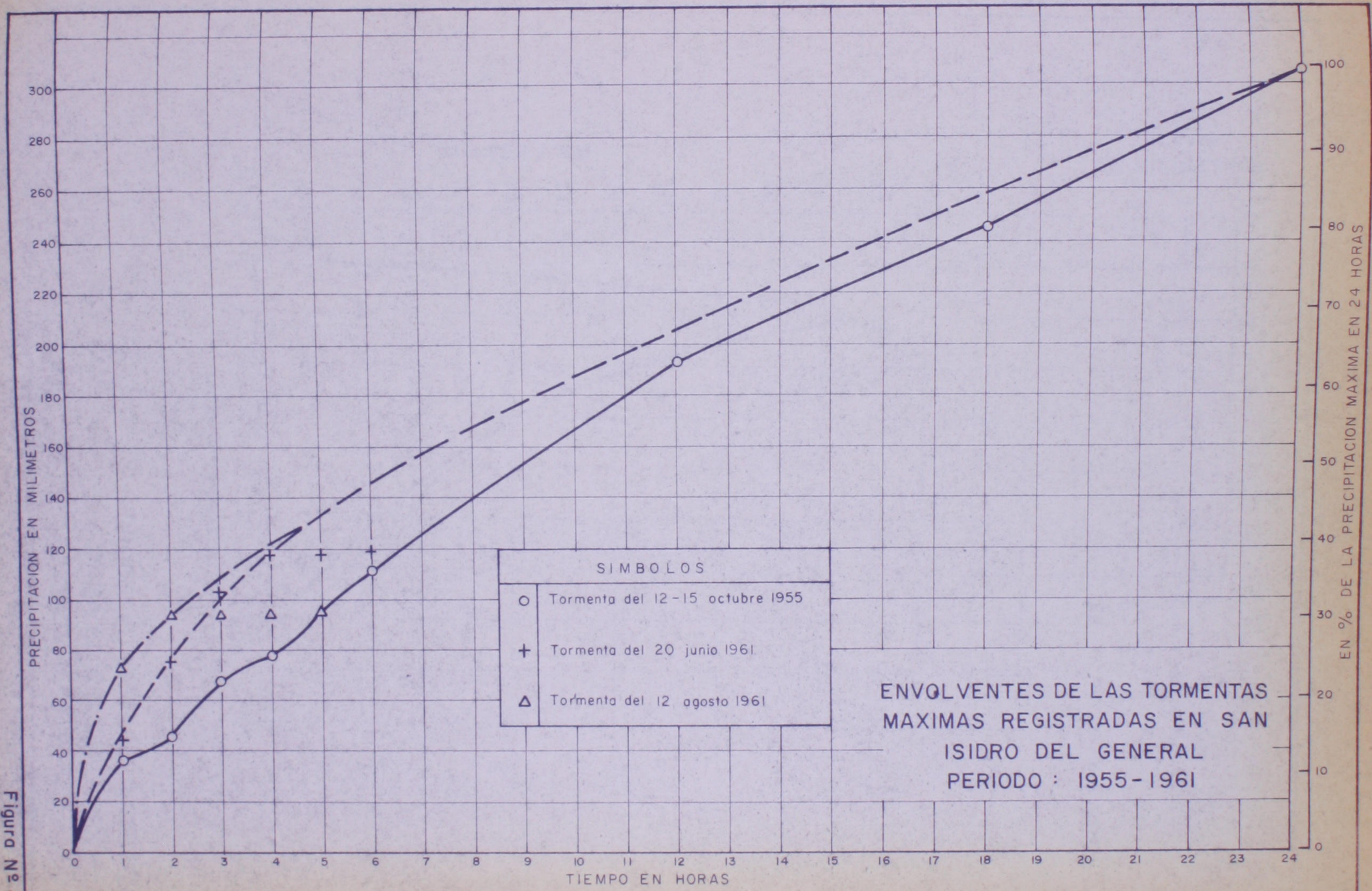
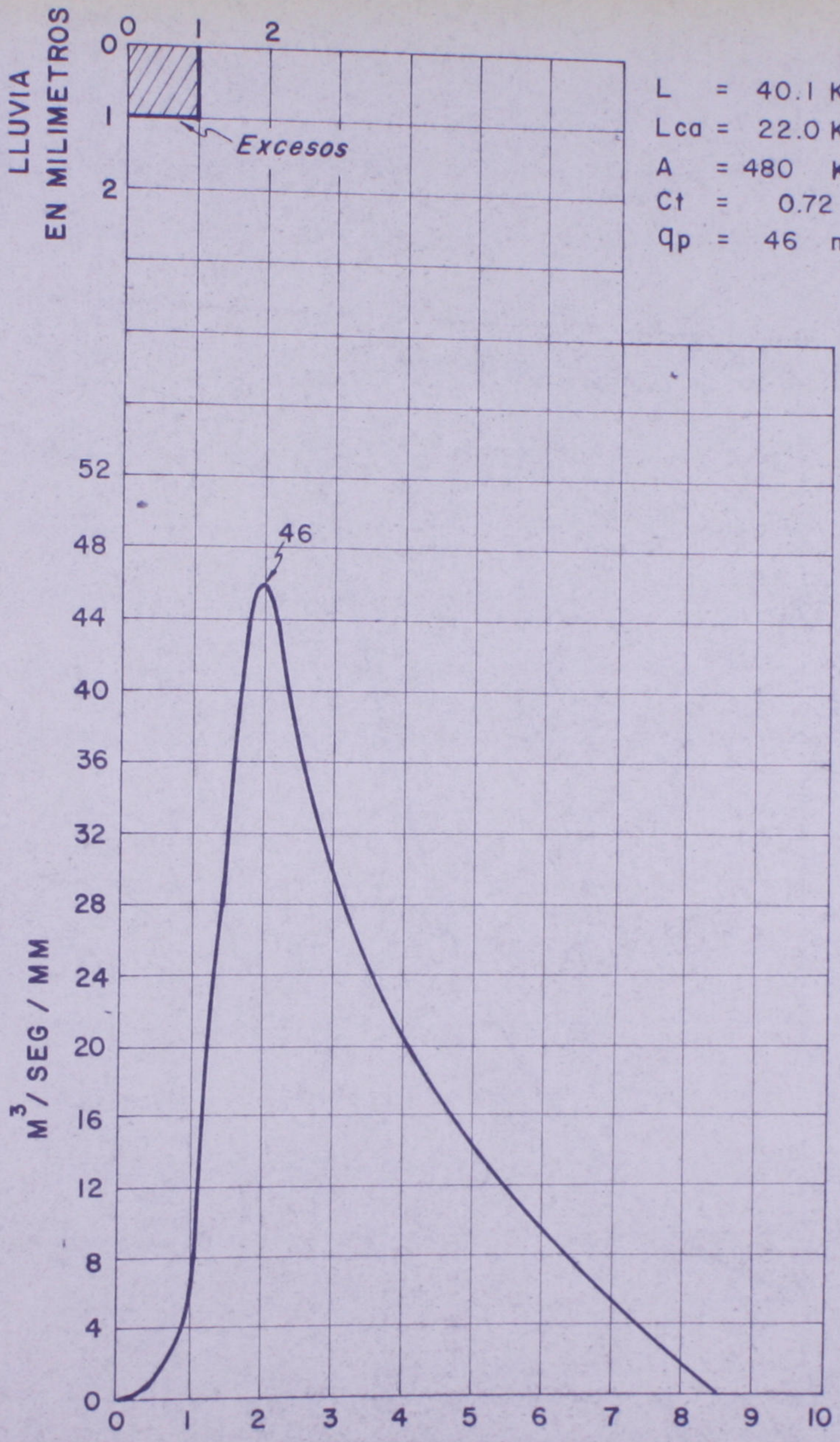
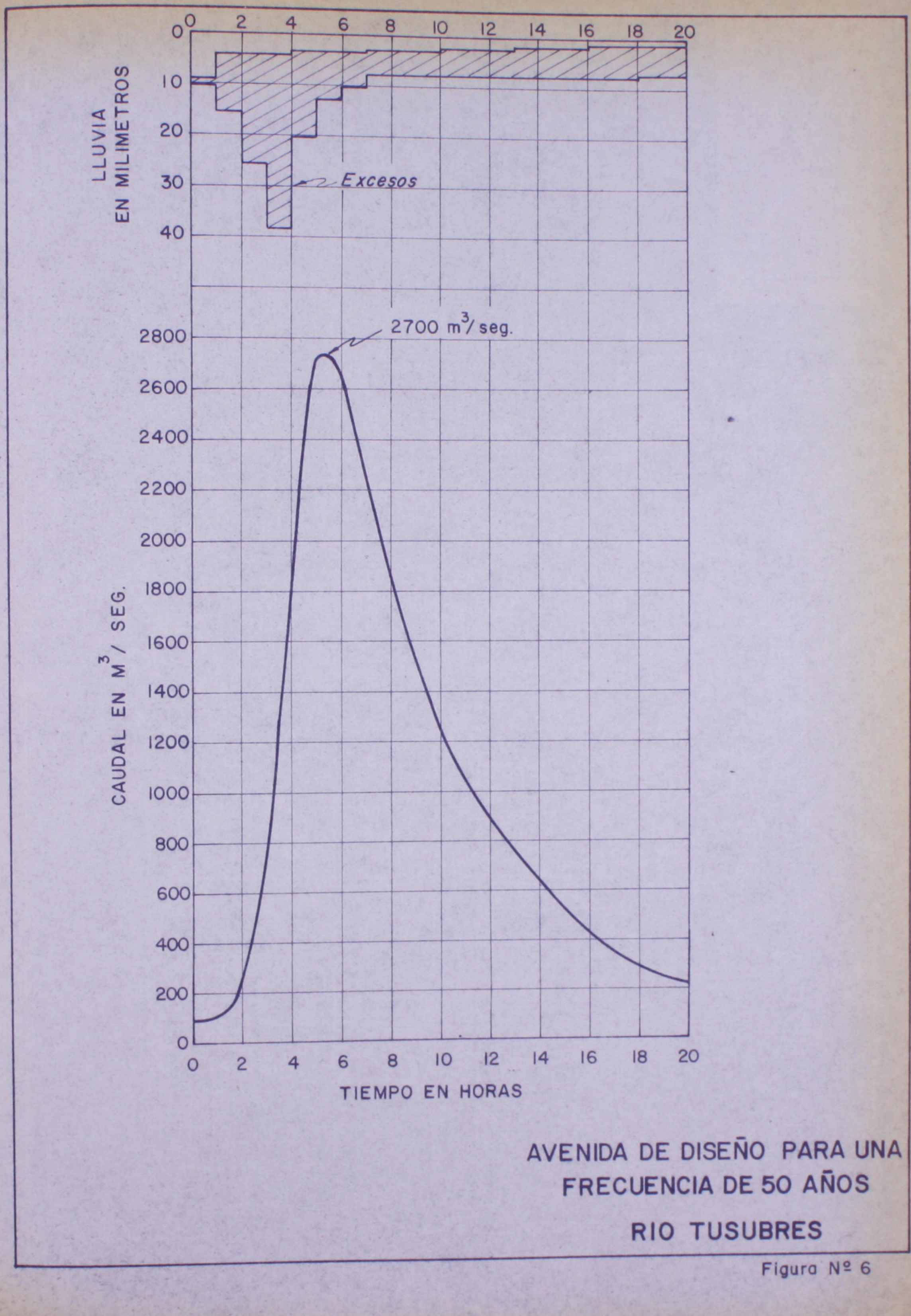

PRECIPITACION EN MILIMETROS
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
TIEMPO EN HORAS
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EN % DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
SIMBOLOS
Tormenta del 12-15 octubre 1955
Tormenta del 20 junio 1961
Tormenta del 12 agosto 1961
ENVOLVENTES DE LAS TORMENTAS MAXIMAS REGISTRADAS EN SAN ISIDRO DEL GENERAL
PERIODO : 1955-1961

Figura Nº 4



HIDROGRAFO UNITARIO SINTETICO PARA EL RIO TUSUBRES (METODO SNYDER)

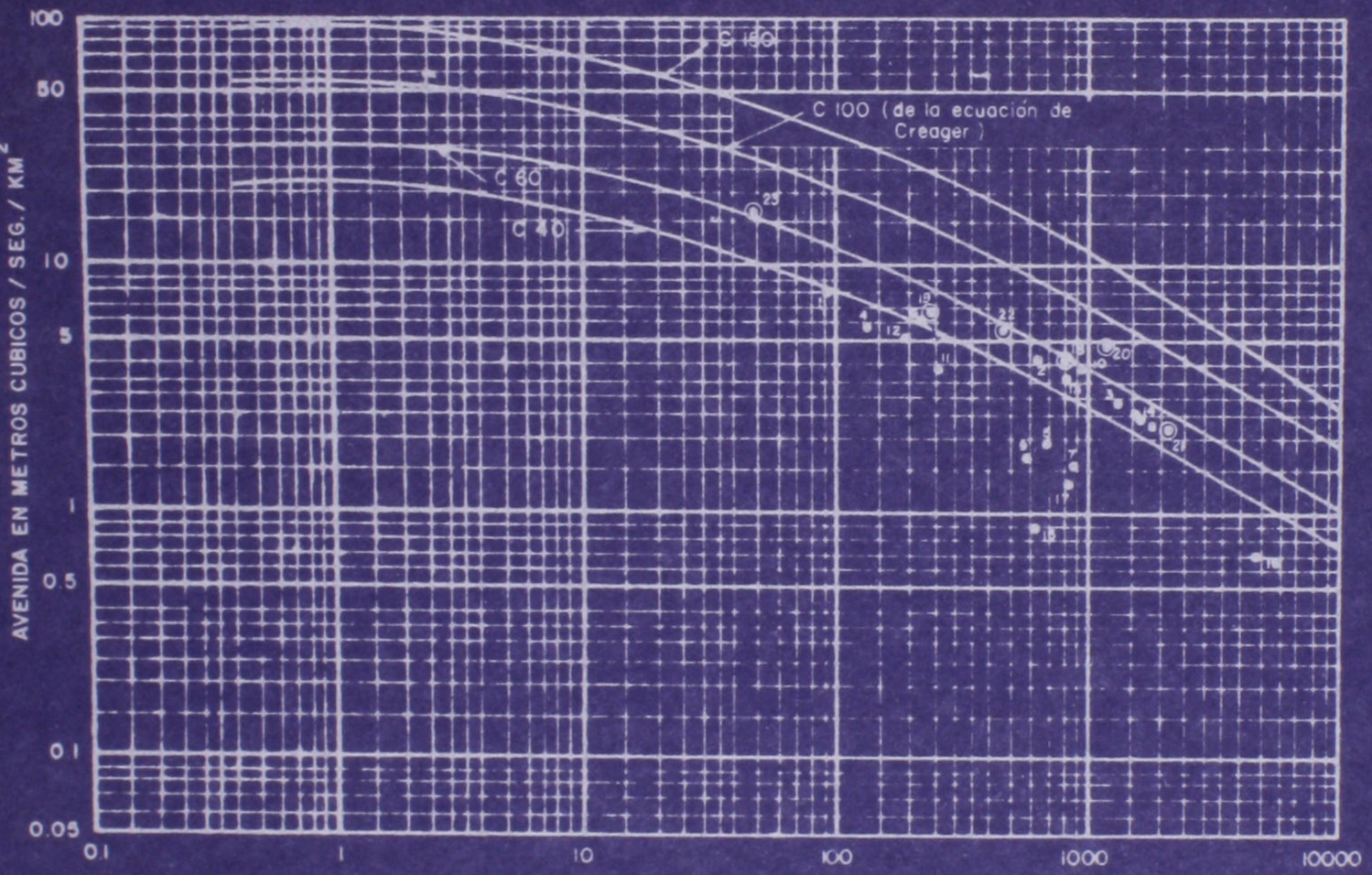
Figura Nº 5



AVENIDA DE DISEÑO PARA UNA FRECUENCIA DE 50 AÑOS

RIO TUSUBRES

Figura Nº 6



LISTA DE AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA

PUNTO	RIO	SITIO	FECHA	CAUDAL $m^3/seg.$	C
1	Banano	Asunción	9-4-70	770	40
2	Pacuare	Siquirres	9-4-70	2870	49
3	Reventazón	Angostura	9-4-70	3800	47
4	Pejibaye	El Humo	9-4-70	784	33
5	Reventazón	Cachí	9-4-70	1300	22
6	Pejibaye	Oriente	9-4-70	1380	43
7	Reventazón	El Congo	24-11-69	1400	21
8	Reventazón	Pascua	9-4-70	4200	47
9	Río San Carlos	Jabillos	24-11-69	1000	18
10	Tempisque	Guardia	27-10-60	3687	53
11	Corobicí	Corobicí	14-10-55	1000	29
12	Barranca	Nagatac	24-11-69	1000	34
13	Virilla	San Miguel	24-11-69	3080	46
14	Grande de Tárcoles	Balsa	24-11-69	4200	48*
15	Grande	Presa La Garita	6-9-61	577	10
16	Grande de Térraba	Palmar	4-11-63	3500	25
17	General	Cristo Rey	4-11-63	1137	17

* = Valor en revisión

AVENIDAS DE DISEÑO

18	Pacuare	Puente, carretera Siquirres - Limón	3577	58.5
19	Barbilla	Puente, carretera Siquirres - Limón	1472	45.1
20	Chirripó	Puente, carretera Siquirres - Limón	5670	74
21	Grande de Tárcoles	Puente, carretera Costanera Sur	4760	48
22	Tusubres	Puente, carretera Costanera Sur	2700	55
23	Hatillo Nuevo	Puente, carretera Costanera Sur	800	64

SIMBOLOS	
•	AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA
◉	AVENIDAS DE DISEÑO EN ALGUNOS SITIOS DE PUENTES DE CARRETERAS NACIONALES

NOTAS

1) CURVAS DE LA ECUACION DE CREAGER $Q = 13\,C\left[\frac{A}{2.59}\right]^{0.936\,A^{-0.048}}$

2) ADAPTADO DE " ENGINEERING FOR DAMS" DE J.D. JUSTIN, J. HINDS Y W.P. CREAGER (NEW YORK WILEY, 1945) VOL. I, PAG. 126

Proyecto Costanera Sur

AVENIDA DE DISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RIO TUSUBRES. COMPARADA CON LAS AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN C.R. DURANTE EL PERIODO 1952 – 70

Figura Nº 7

CURVA DE DESCARGA APROXIMADA DEL RIO TUSUBRES EN SITIO DE PUENTE

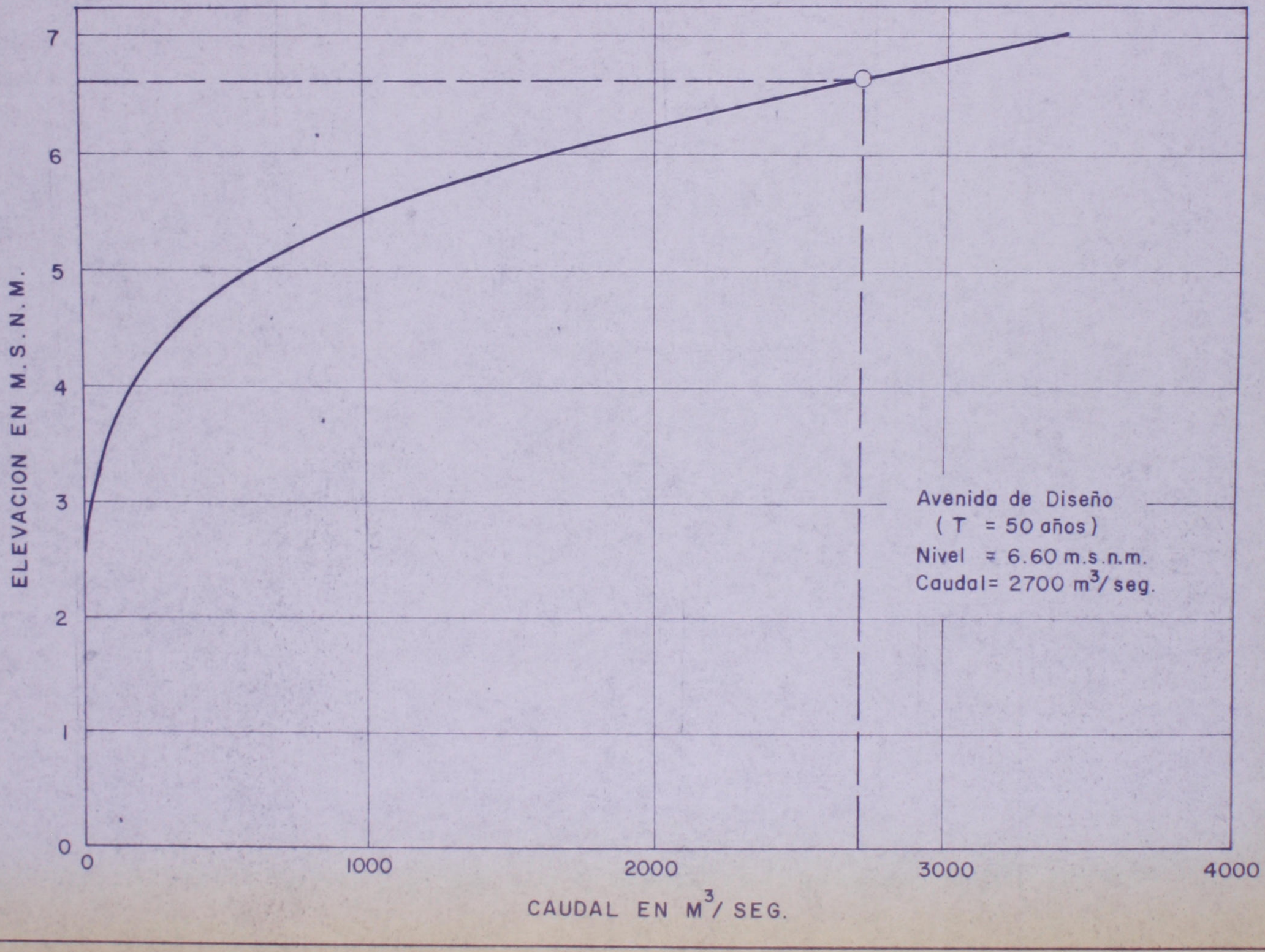
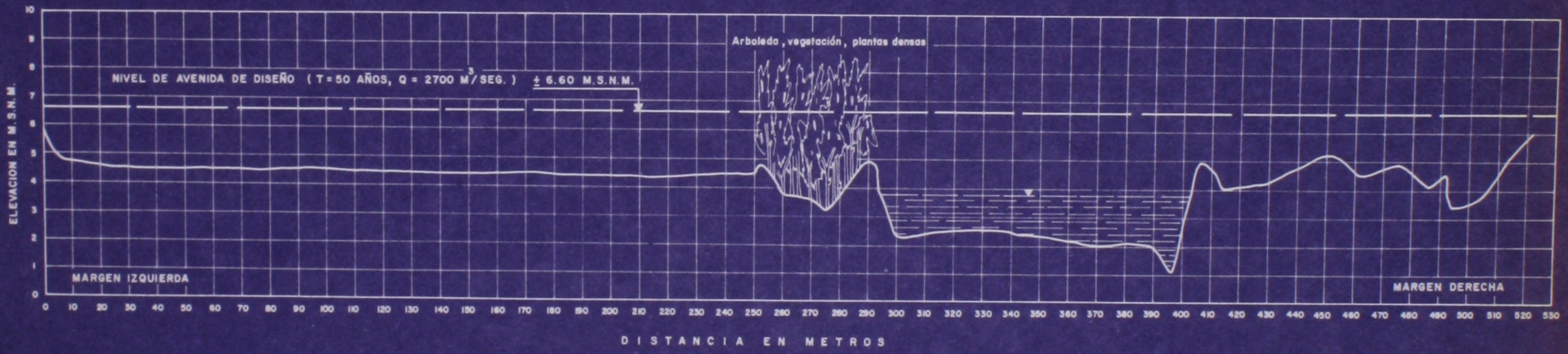


Figura Nº 8



Escalas: Horizontal 1:1000
Vertical 1:100

NIVEL APROXIMADO DE LA AVENIDA DE DISEÑO
DEL RIO TUSUBRES EN EL SITIO DEL PUENTE

Figura Nº 9

INFORME

SOBRE EL RIO HATILLO NUEVO

1. INTRODUCCION

El Proyecto de la Carretera Costanera Sur contempla construir, en otros, un puente sobre el Río Hatillo Nuevo, cuyo paso está ubicado a unos 3.7Km. aguas arriba de la desembocadura de este río en el Océano Pacífico.

Hasta el paso propuesto, el área de drenaje del Río Hatillo Nuevo es de unos 48 Km^2.

El presente informe es un resumen del estudio hidrológico llevado a cabo por la firma HIDROCONSULT LTDA. para definir el caudal y nivel probables de la avenida de diseño de este puente, cuyo período de recurrencia fue fijado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes en 50 años, es decir con una probabilidad anual del 2%.

2. CUENCA DEL RIO HATILLO NUEVO

El río Hatillo Nuevo se origina en las estribaciones de una sierra costera denominada "Fila Tierras Morenas", a una elevación cercana a los 700 m. s.n.m., a unos 12 Km. al norte-este de la playa "Matapalo".

Las áreas tributarias de interés son las siguientes:

a. Hasta sitio del puente: 48 Km^2

b. Hasta la desembocadura en el Océano Pacífico: 53 Km^2 (aprox.)

La longitud del curso principal hasta el sitio del puente, tomada desde la divisoria de aguas, es de 12.3 Km., siendo 16 Km. hasta su desembocadura en el Pacífico.

La pendiente bruta del cauce, considerado desde la divisoria de aguas, es del 9.3 % hasta el sitio del puente. Como se observa de los datos anteriores, esta pendiente es muy alta, siendo este un factor que incrementa la magnitud relativa de las avenidas que se producen en esta cuenca. En la Figura No. 2 aparece el perfil del curso principal de este río.

Sobre la cuenca predomina el clima "Tropical Lluvioso" (Amw'), el cual se caracteriza por una estación "seca" corta de enero a abril, inclusive. La otra, lluviosa, se presenta de mayo a diciembre inclusive. Sin embargo, ocurren dos períodos de transición, uno entre abril y mayo y el otro entre diciembre y enero.

La lluvia sobre la cuenca es principalmente de orígen convectivo, produciéndose en forma de chubascos de cierta intensidad y corta duración; también ocurre con bastante frecuencia la precipitación de orígen orográfico que se produce por el ascenso sobre las montañas de las masas de aire que se desplazan de mar a tierra y finalmente, el área está expuesta al fenómeno conocido como "Temporales del Pacífico", generalmente causado por el movimiento de grandes masas de aire húmedo del Pacífico hacia el Atlántico. Este movimiento es provocado por la ocurrencia de bajas presiones en el Atlántico asociadas en la mayoría de las veces, a huracanes que se forman o pasan cerca de nuestra costa en el Mar Caribe. Notables ejemplos de este fenómeno lo constituyen los temporales de octubre de 1955 y setiembre de 1971, causados por la influencia de los huracanes "Katie" e "Irene", respectivamente.

3. TORMENTA DE DISEÑO

En la Vertiente del Pacífico y en especial en la Meseta Central existe un regular número de estaciones medidoras de lluvia, la mayoría de ellas equipadas únicamente con pluviómetro. Sus períodos de registro contínuo varían entre pocos años y 83 años (San José). De éstas tomando en cuenta calidad y extensión del registro se escogieron 19 estaciones, cuya lista se dá en la Tabla No. 1.

TABLA No. 1

LISTA DE ESTACIONES MEDIDORAS DE LLUVIA Y PRECIPITACION EN 24 HORAS DE T = 50 AÑOS

Estación		Años de Registro	P_{50} (mm)
1.	Bartolo	26	308.7
2.	El Alto	17	133.4
3.	Golfito	30	273.8
4.	Herradura	8	315.8
5.	Naranjo	27	161.3
6.	Palmar Sur	23	232.8
7.	Pocares	30	280.2
8.	Quepos	31	291.6
9.	Rancho Redondo	21	185.7
10.	Rincón de Osa	27	254.0
11.	San Isidro del General	31	275.0
12.	San Joaquín de Flores	28	152.0
13.	San José	83	120.1
14.	San Miguel de Barranca	34	178.2
15.	San Vito de Java	17	212.0
16.	Tarrazú	13	265.8
17.	Turrúcares	28	137.5
18.	Villa Mills	21	186.0
19.	Volcán Buenos Aires	19	270.0

Nota: P_{50} = Precipitación en 24 horas y T = 50 años, obtenida por el método de Gumbel.

En resumen puede decirse que:

Una estación tiene de 0 a 10 años de registro,

Tres estaciones tienen entre 11 y 20 años,

Diez estaciones tienen entre 21 y 30 años,
Tres estaciones tienen entre 31 y 40 años,
Una estación tiene más de 40 años (83 años San José).

La duración promedio del registro es de 27 años.

En cada una de estas estaciones se determinaron las tres precipitaciones diarias máximas para cada uno de los años del registro. Usando el sistema de las series parciales se escogieron las "n" máximas precipitaciones de cada estación (siendo n el número de años de registro). Utilizando la fórmula de Gumbel se calculó la precipitación de 24 horas con un período de recurrencia T = 50 años para cada una de las 19 estaciones, cuyos valores aparecen en la Tabla No. 1.

Estos valores sobre un mapa de la zona permitieron el trazo de las isoyetas de la tormenta de diseño (ver figura No. 3). Utilizando el planímetro, se calculó la precipitación promedio de esa tormenta, sobre la cuenca del Río Hatillo Nuevo, que alcanza un valor de 294 mm. en 24 horas.

Este valor de 294 mm. se distribuyó en incrementos de 0.5 h siguiendo el patrón porcentual de la tormenta del 12 de agosto de 1961 en San Isidro del General, con una duración de 2 horas, pero cuya envolvente se ha llevado hasta una duración teórica de 24 horas, con el objeto de poder distribuir la tormenta de diseño (T = 50 años; t = 24 horas), de acuerdo a un patrón más severo como el que se presenta en tormentas de corta duración, que son las precipitaciones que podrían causar una escorrentía más alta en una cuenca del tamaño de la del Hatillo Nuevo (ver Figura No. 4).

En la Tabla No. 2 se suministran los incrementos de 0.5 h. de la tormenta de diseño, obtenida en la forma anteriormente explicada.

TABLA No. 2

TORMENTA DE DISEÑO PARA LA CUENCA DEL RIO HATILLO NUEVO HASTA SITIO DEL PUENTE (*)

Hora	(a) % P_1	(b) P_2 (mm)	(c) P_3 (mm)	(d) I. F.(mm/1/2 hora)	Excesos mm/1/2 hora
0	0	0	0	0	0
0.5	17.7	52.0	8.8	2	1.8 (e)
1	6.3	18.5	11.5	2	9.5
1.5	3.9	11.5	18.5	2	16.5
2.0	3.0	8.8	52.0	2	50.0
2.5	2.6	7.6	7.6	2	5.6
3.0	2.3	6.8	6.8	2	4.8
3.5	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
4.0	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
4.5	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
5.0	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
5.5	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
6.0	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
6.5	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
7.0	2.0	5.9	5.9	1.7	4.2
7.5	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
8.0	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
8.5	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
9.0	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
9.5	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
10.0	1.6	4.7	4.7	1.5	3.2
10.5	1.3	3.8	3.8	1.3	2.5
11.0	1.3	3.8	3.8	1.3	2.5

(*) Nota: Tabla en incrementos de 1/2 hora. Al aplicarse el H.U. debe hacerse en incrementos de 1/4 hora.

Continúa.....

Continuación Tabla No.2:

Notas:

a. Incrementos porcentuales de la tormenta del 12/8/61 con respecto a la envolvente de San Isidro del General en 24 horas.

b. Incrementos de la tormenta de diseño para Río Hatillo Nuevo = % P_1 x 294

c. Incrementos de la tormenta de diseño reacomodados con el valor más alto en 1 cuarto incremento.

d. I. F. = Indice de Infiltración.

e. El primer exceso = P_3 - I.F. - Pérdida inicial (5mm).

4. DERIVACION DEL HIDROGRAFO UNITARIO PARA EL SITIO DEL PUENTE

Como parte del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, el ICE ha instalado a partir de 1968, una serie de estaciones fluviográficas en varios ríos del país. De la información disponible al respecto en la costa del Pacífico, se escogió la obtenida en el río Naranjo en la Estación 28-1 (Londres), pues el área tributaria a ese sitio tenía factores de cierta similaridad con la cuenca en estudio, tales como:

a. Pendiente bruta del cauce hasta la Est. 28-1: 9.5%
Río Hatillo Nuevo hasta sitio del puente: 9.3%

b. Ubicación del área de drenaje: ambos ríos drenan "filas" o cordilleras costaneras, de similares ubicación con respecto al mar, geología, clima y cubierta vegetal.

c. Los perfiles muestran también cierta similitud (ver Figura No. 2).

Del registro disponible en el Río Naranjo se estudiaron tres avenidas (8 de setiembre, 4 y 6 de octubre del año 1970), de las cuales se derivaron los correspondientes hidrógrafos unitarios, escogiéndose el H.U. correspondien

te a la avenida del 8 de setiembre de 1970 como representativo para esta cuenca.

Mediante la curva S se demostró que dicho hidrógrafo era de 1 hora.

Con base en la experiencia de Estados Unidos y la que se está desarrollando en nuestro país al respecto, se considera que para el área tributaria a la estación 28-1 y el tiempo de concentración al mismo sitio, la duración de 1 hora es adecuada. El H. U. de la estación 28-1, tiene las siguientes características principales:

t_p = tiempo al pico: 2.0 horas

Q_p = Caudal pico: 35.0 m^3/seg - mm

$$q_p = \frac{Q_p}{A} = \frac{35}{218} = 0.16 \ m^3/seg - mm - Km^2$$

De estos valores se derivaron los coeficientes de la fórmula de Snyder, a saber:

$$C_t = \frac{t_p}{0.508} \div \left(\frac{L \times L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} = 0.95 \qquad (1)$$

Donde:

C_t = Coeficiente de la fórmula de Snyder

t_p = Tiempo al pico del H.U. = 2 horas

L = Longitud del curso principal desde la divisoria de aguas al sitio en estudio = 29.3 Km.

L_c = Distancia por el curso principal desde la intersección de la proyección del centro de gravedad de la cuenca sobre el mencionado curso, hasta el sitio de interés = 14.5 Km.

S = Pendiente bruta del cauce principal expresada como m/Km = 95

$$C_p = \frac{q_p \times t_p}{0.276} = \frac{0.16 \times 2}{0.276} = 1.16 \qquad (2)$$

Donde:

C_p = Coeficiente de la fórmula de Snyder

q_p = Caudal pico del H.U. expresado en $m^3/seg - mm - Km^2$ = 0.16

Los valores de C_p y C_t derivados del H.U. del río Naranjo están en concordancia con los obtenidos en otros ríos del Pacífico de Costa Rica.

Estos mismos valores de C_p y C_t son los que se adoptarán para derivar el H.U. del Río Hatillo Nuevo en el sitio del puente, mediante la aplicación de las fórmulas (1) y (2), indicadas anteriormente.

De la fórmula (1):

$$t_p = 0.508\ C_t \times \left(\frac{L \times L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} \qquad (3)$$

En donde reemplazando los valores de C_t = 0.95, L = 12.3 Km, L_c = 7.0 Km y S = 93 m/Km, obtenemos t_p = 1.14 horas.

De fórmula (2):

$$q_p = \frac{0.276\ C_p}{t_p} \qquad (4)$$

Reemplazando en fórmula (4), los valores conocidos de t_p = 1.0 horas y C_p = 1.16, tenemos:

$$q_p = \frac{0.276 \times 1.16}{1.14} = 0.28\ m^3/seg - Km^2 - mm$$

Y

$$Q_p = q_p \cdot A = 0.28 \times 48 = 13\ m^3/seg - mm$$

Finalmente el H.U. en el sitio del puente del río Hatillo Nuevo se obtuvo de multiplicar las ordenadas del H.U. adimensional del río Naranjo en Londres, por el Q_p ya calculado (13 $m^3/seg - mm$) y las abscisas del mismo H.U.

por el t_p (1.14 horas) del sitio de interés. El H.U. así calculado aparece en la Tabla No.3 y en la Figura No.5, redondeando las ordenadas a 1/4 horas.

La duración efectiva de la lluvia de acuerdo con el método de la curva "S" es de 1/4 de hora, lo que se considera adecuado para el tamaño del área de drenaje.

TABLA No. 3

HIDROGRAFO UNITARIO DEL RIO HATILLO NUEVO

SITIO DEL PUENTE CARRETERA COSTANERA SUR

TIEMPO (Hrs)	H. U. (m^3/seg - mm)
0	0
0.25	0.1
0.50	0.2
0.75	0.6
1.00	1.0
1.25	4.1
1.50	13.0
1.75	9.5
2.00	6.0
2.25	4.9
2.50	3.0
2.75	2.5
3.00	2.0
3.25	1.6
3.50	1.4
3.75	1.2
4.00	0.9
4.25	0.7
4.50	0.4
4.75	0.2
5.00	0.0

5. CALCULO DE LA AVENIDA DE DISEÑO PARA EL SITIO DEL PUENTE

A los incrementos de lluvia dados en la Tabla No.2 se les aplicó una pérdida inicial de 5 mm. y un índice de infiltración de 4 mm/h para las tres primeras horas 3.4 mm/h para las tres siguientes, 3 mm/h para las otras 3 horas, 2.4 mm/h para las tres siguientes, 2 mm/h para las otras tres y 1.4 mm/h para el resto.

Al H.U. de 1/4 hr, se aplicaron los excesos 1/4 hr. de lluvia obtenidos como se explicó antes, para calcular la Avenida de Diseño, la cual resultó con un valor máximo de 800 m^3/seg y que corresponde a una "C" de Creager de 64. En la Tabla No.4 aparece dicho cálculo y el hidrógrafo resultante aparece en la Figura No.6.

6. COMPARACION DE LA AVENIDA DE DISEÑO CON CRECIDAS EXTRAORDINARIAS REGISTRADAS EN COSTA RICA

En la Figura No.7 se muestra la comparación entre los caudales específicos (m^3/seg/Km^2) de crecidas extraordinarias registradas en nuestro país y el de la Avenida de Diseño para el puente del Río Hatillo Nuevo, así como los valores obtenidos para algunos puentes de la Carretera Limón-Siquirres, el Grande de Tárcoles y Tusubres, en los respectivos sitios de puente de la Costanera Sur. En la misma Figura se han tabulado dichas avenidas indicando fecha de ocurrencia, caudal pico y el correspondiente valor de la "C" de la ecuación de Creager. De acuerdo con esa Tabla, ningún río en Costa Rica ha alcanzado durante el período de registro disponible (máximo de 18 años para algunas estaciones) avenidas con valores de "C" superiores a 49; además el valor de "C" de la Avenida de Diseño es intermedio entre los valores de "C" de las Avenidas de Diseño de los ríos Pacuare y Chirripó. De todo lo anteriormente expuesto se concluye que la Avenida de Diseño del Río Hatillo Nuevo tiene una magnitud razonable para eventos de esa frecuencia.

Horas	H. Unitario ¼ hora m³/seg./mm. Ordenadas	Tormenta 50 años	Excesos cada ¼ hora	E			X				C			E			S			O			S				Flujo base	Total	
				8	15	35	10	6	4	3.5	3	2.7	2.5	2.2	2	2	2	2	1.7	1.7	1.7	1.7			
0	0		8	0																							100	100	
0.25	0.1		15	1	0																						100	101	
0.5	0.2		35	2	2	0																					100	104	
0.75	0.6		10	5	3	4	0																				100	112	
1	1.0		6	8	9	7	1	0																			100	127	
1.25	4.1		4	33	15	21	2	1	0																		100	172	
1.5	13.0		3.5	104	62	35	6	1	0	0																	100	308	
1.75	9.5		3	76	195	144	10	4	1	0	0																100	530	
2	6.0		2.7	48	142	455	41	6	2	1	0	0															100	795	≈ 800
2.25	4.9		2.5	39	90	332	130	25	4	2	1	0	0														100	723	
2.5	3.0		2.2	24	74	210	95	78	16	3	2	1	0	0													100	603	
2.75	2.5		2	20	45	172	60	57	52	14	3	2	1	0	0												100	526	
3	2.0		2	16	38	105	49	36	38	46	12	3	2	0	0	0											100	445	
3.25	1.6		2	13	30	88	30	29	24	33	39	11	2	1	0	0	0										100	400	
3.5	1.4		2	11	24	70	25	18	20	21	28	35	10	2	1	0	0	0									100	383	
3.75	1.2		1.8	10	21	56	20	15	12	17	18	26	32	9	2	1	0	0	0								100	339	
4	0.9		1.7	7	18	49	16	12	10	10	15	16	24	29	8	2	1	0	0	0							100	317	
4.25	0.7		1.7	6	14	42	14	10	8	9	9	13	15	21	26	8	2	1	0	0	0						100	278	
4.5	0.4		1.7	3	10	32	12	8	6	7	8	8	12	13	19	26	8	2	1	0	0	0					100	275	
4.75	0.2		1.7	2	6	24	9	7	6	6	6	7	8	11	12	19	26	8	2	1	0	0					100	260	
5				0	3	14	7	5	5	5	5	5	6	7	10	12	19	26	7	2	1	0					100	239	
					0	7	4	4	4	4	4	4	5	6	6	10	12	19	22	7	2	1					100	221	
						0	2	2	3	3	4	4	4	4	5	6	10	12	16	22	7	2					100	206	
							0	1	2	2	3	3	3	4	4	5	6	10	12	16	22	7					100	191	
								0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	10	12	16	22	7					100	181	
									0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	10	12	16	22					100	157	
										0	1	1	2	2	3	4	5	6	10	12	16	22					100	138	
											0	1	1	2	2	3	4	5	6	10	12	16					100	129	
												0	1	1	2	3	4	5	6	10	12	16					100	122	
													0	1	2	3	4	5	6	10	12	16					100	116	
														0	2	3	4	5	6	10	12	16					100	112	
															0	2	3	4	5	6	10	12					100	109	
																0	2	3	4	5	6	10					100	107	
																	0	2	3	4	5	6					100	104	
																		0	2	3	4	5					100	102	
																			0	2	3	4					100	101	
																				0	2	3					100	100	
																					0	2					100	100	
																						0					100	100	

CALCULO DE LA AVENIDA DE DISEÑO POR EL METODO DEL HIDROGRAFO UNITARIO PARA EL RIO HATILLO NUEVO (SITIO DEL PUENTE)

Tabla Nº 4

7. NIVEL ESTIMADO DE LA AVENIDA DE DISEÑO EN EL SITIO DEL PUENTE

Con base en las secciones transversales suministradas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y en las visitas al sitio, se obtuvo una curva de descarga preliminar para el sitio del puente, utilizando la fórmula de Manning. La misma presupone flujo sobre el banco izquierdo.

La curva de descarga se da en la Figura No. 8, de la cual se deduce que para el caudal 800 m^3/seg, el nivel aproximado correspondiente es de 16.6 m. s.n.m. Sin embargo, como la sección del puente está localizada en una curva del río de un radio pequeño, necesariamente debe esperarse la ocurrencia de una superelevación, en el lado externo del río; esta superelevación se estima del orden de 0.9 m., por lo que el nivel en ese lado podría alcanzar una elevación del orden de 17.5 m. s.n.m. En la Figura No. 9 se dibuja este nivel sobre la línea de centro del puente propuesto.

09°25'

09°20'

83°55'

Río Portalón

Río Hatillo Nuevo

Q. Amarillo

Río Moreno

Portalón

Nubes

Río Cascado

Dos Bocas

Queb. Bolsa

Queb. Nubes

Río Hatillo

Q. Negra

Nuevo

A Quepos

Queb. Zacatona

Matapalo

Q. Platanillo

Platanillo

Playa Matapalo

B-C1

A1

Río Hatillo Viejo

Hatillo

Boca Río Hatillo Nuevo

OCEANO PACIFICO

Boca Río Hatillo Viejo

Nota: Este mapa se confeccionó con base en información obtenida del Instituto Geográfico de Costa Rica.

Figura No 1



LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO HATILLO NUEVO EN COSTA RICA

SIMBOLOS	
	Ríos y quebradas
	Límite de cuenca
- - -	Camino

Area de la cuenca hasta el sitio del puente = 48 Km²

ESCALA GRAFICA

0 1 2 3 4 5

KILOMETROS

MINISTERIO OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

PROYECTO CARRETERA COSTANERA SUR

HIDROCONSULT LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

CUENCA DEL RIO HATILLO NUEVO

Agosto de 1971	Escala : 1:50000	Nº 125 - 4

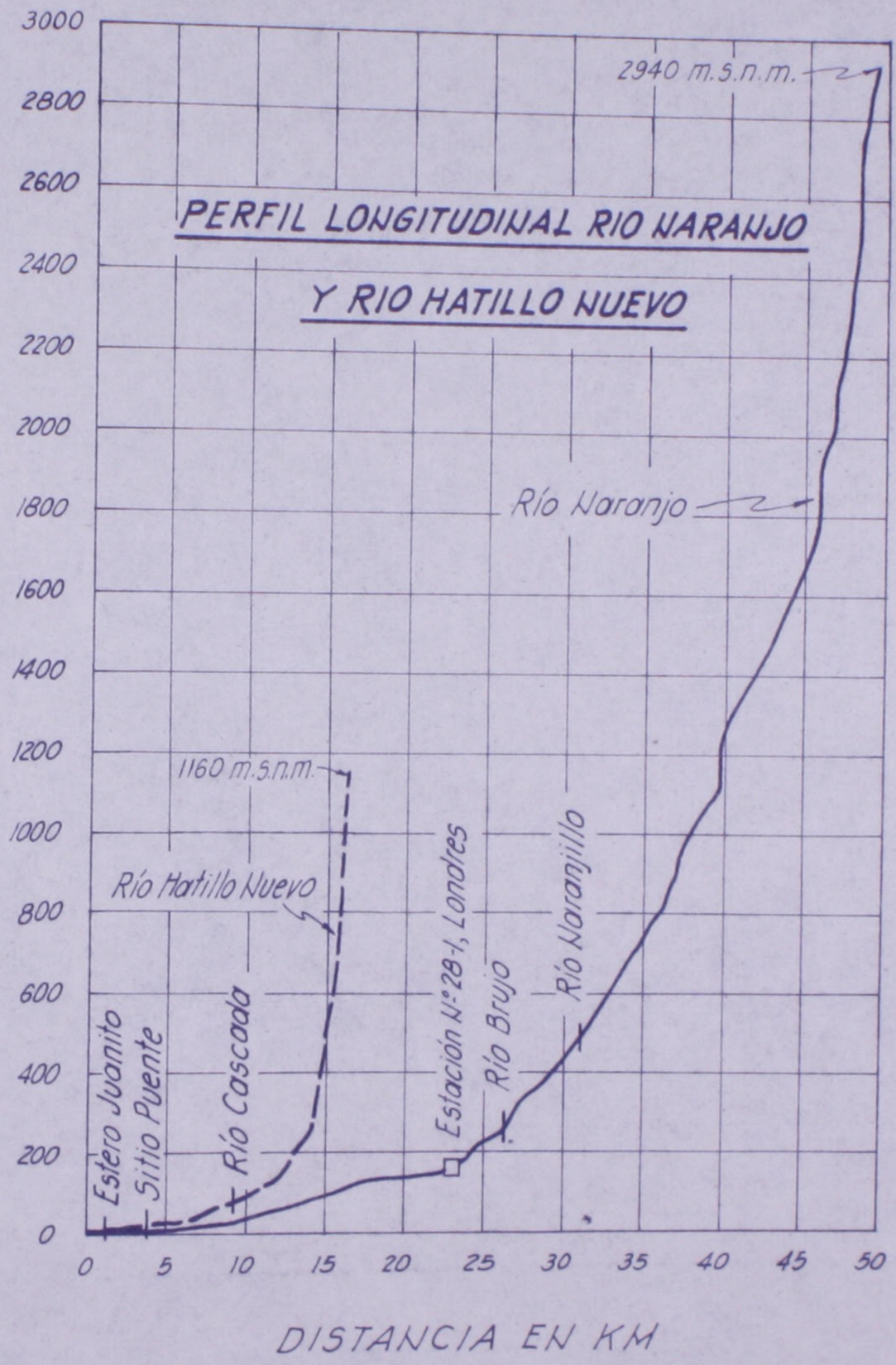
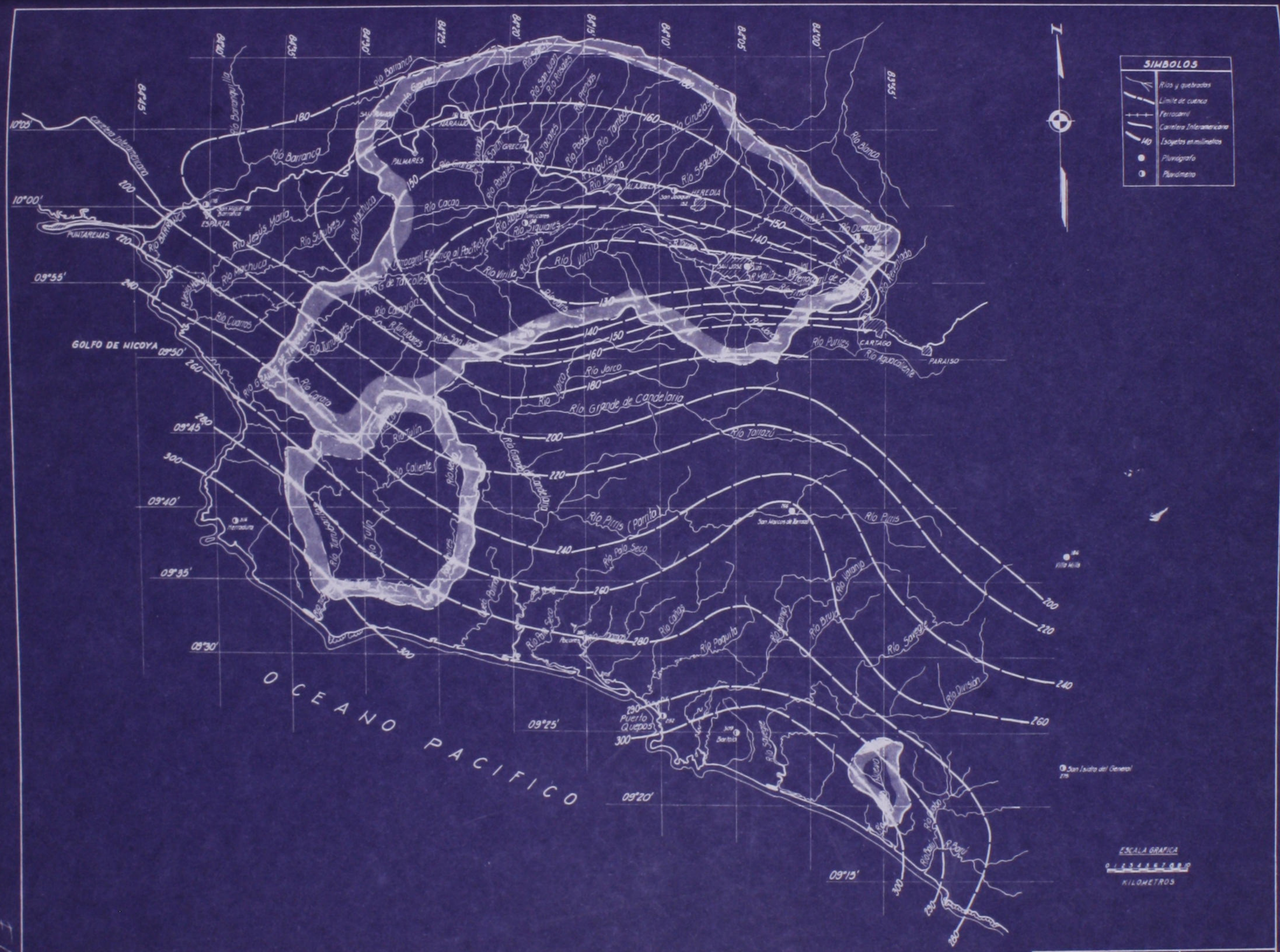

PERFIL LONGITUDINAL RIO NARANJO
Y RIO HATILLO NUEVO
ELEVACION EN M.S.N.M.
DISTANCIA EN KM
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
2940 m.s.n.m.
Río Naranjo
1160 m.s.n.m.
Río Hatillo Nuevo
Río Cascada
Estero Juanito
Sitio Puente
Estación N°28-I, Londres
Río Brujo
Río Naranjillo

Figura N°2


SIMBOLOS
Ríos y quebradas
Límite de cuenca
Ferrocarril
Carretera Interamericana
Isoyetas en milímetros
Pluviógrafo
Pluviómetro
N
ESCALA GRAFICA
KILOMETROS
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE NICOYA
Río Barranca
Río Grande
Río Jesús María
Río Machuca
Río Cuarros
Río Tulín
Río Caliente
Río Tarcoles
Río Jorco
Río Grande de Candelaria
Río Virilla
Río Cocos
Río Tiribí
Río Torres
Río Pirrís (Parrita)
Río Pirrís
Río Pozo Seco
Río Parrita
Río Carbón
Río Savegre
Río Damas
Río Naranjo
Río Barú
Río Térraba
Río Sierpe
Río Purires
Río Aguacaliente
Río Banco
Río Sequito
Río Tiquis
Río Tarbaca
Río Pacaca
Río Pocares
Río Siquires
Río Tiribí
Río Torres
Río Purires
Río Durazno
Río Sabalito
Río Sierpe
Río Diquís
Río Sabalito
Río Térraba
Río Barú
Río Naranjo
Río Savegre
Río Damas
Río Parrita
Río Carbón
Río Pirrís
Río Pirrís (Parrita)
Río Pozo Seco
Río Tarrazú
Río Jorco
Río Grande de Candelaria
Río Virilla
Río Cocos
Río Machuca
Río Jesús María
Río Barranca
Río Grande
Río Cuarros
Río Tulín
Río Caliente
Río Tarcoles
Río Torres
Río Tiribí
Río Purires
Río Aguacaliente
Río Banco
Río Sequito
Río Tiquis
Río Tarbaca
Río Pacaca
Río Pocares
Río Siquires

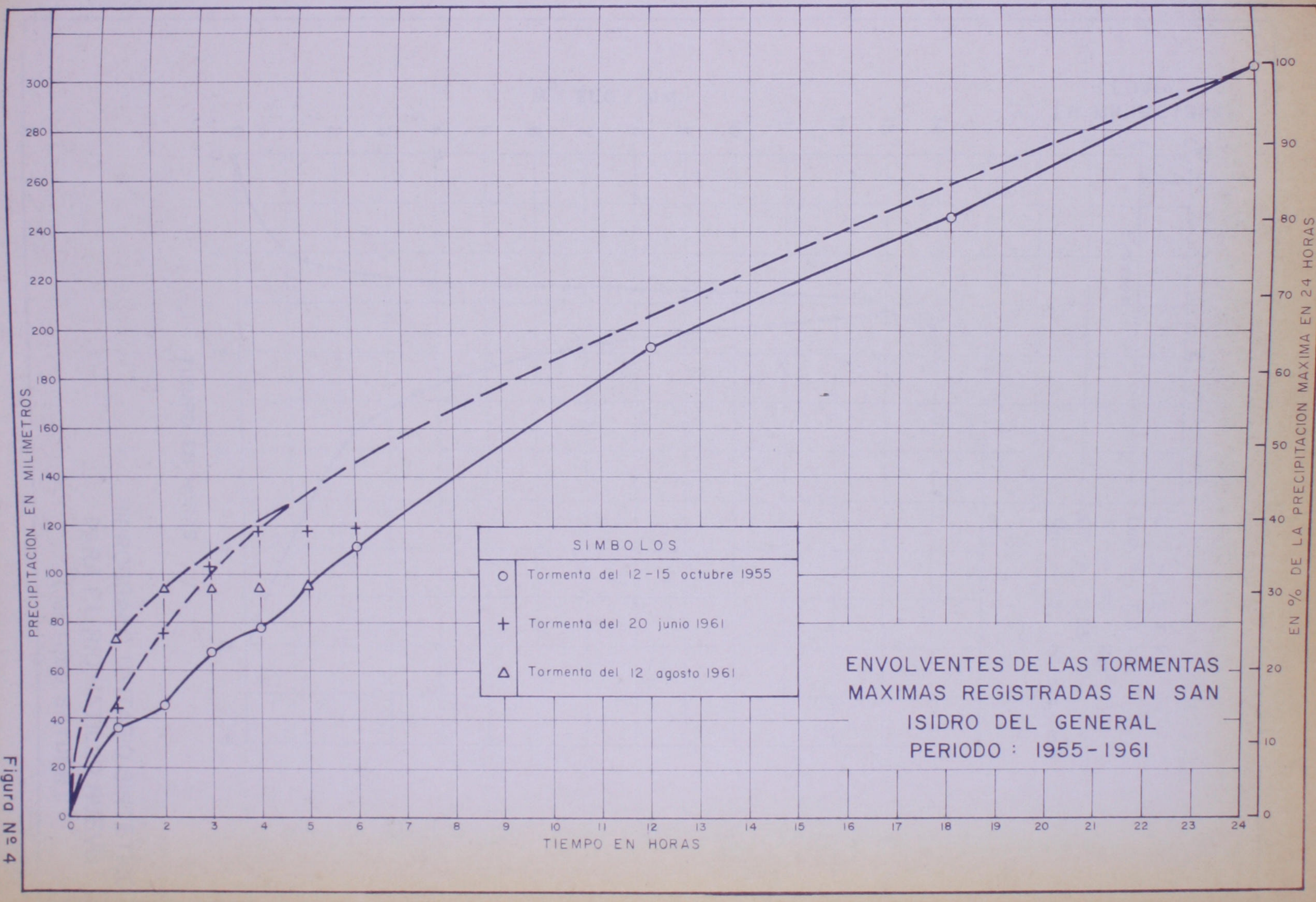
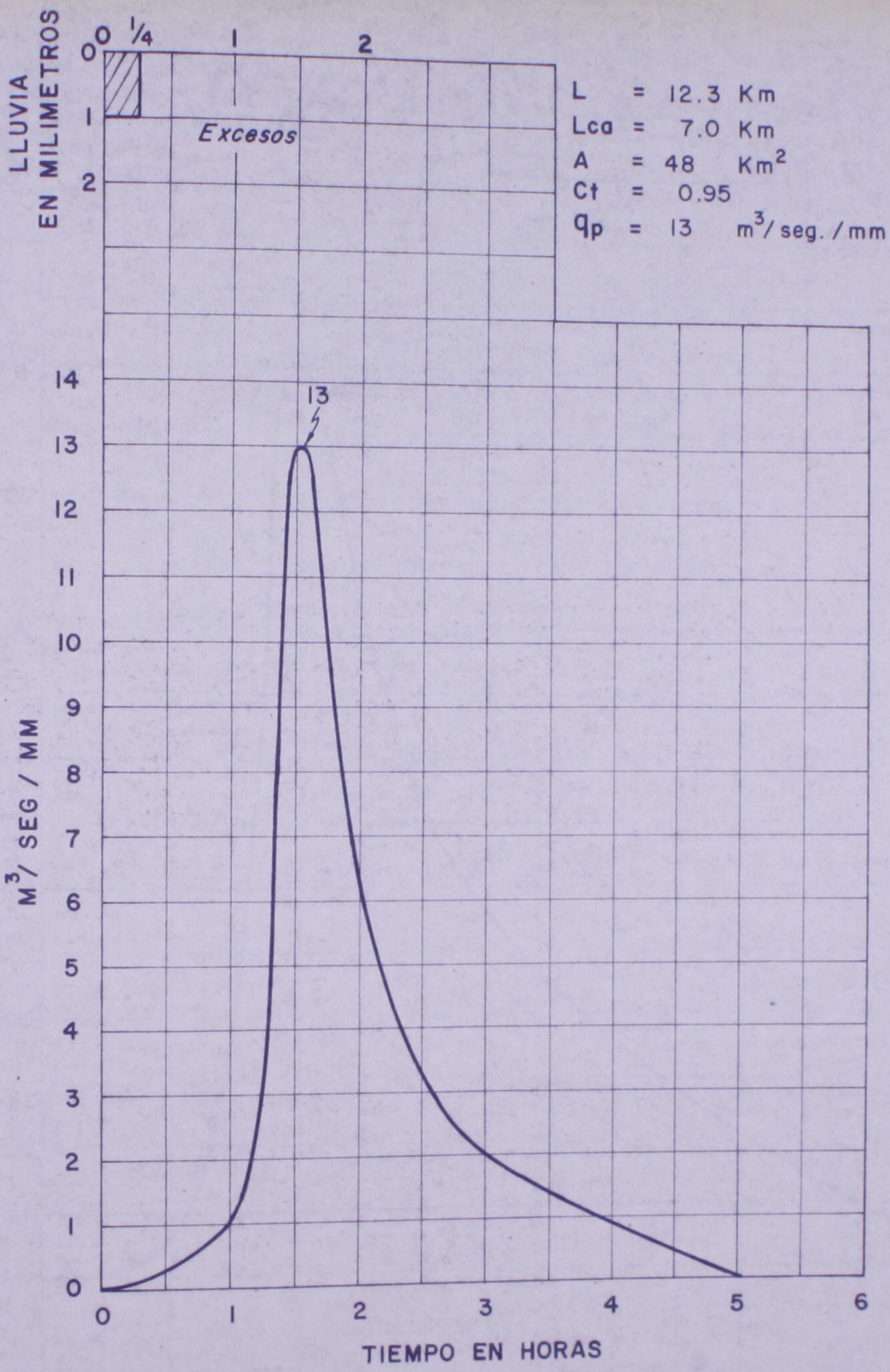
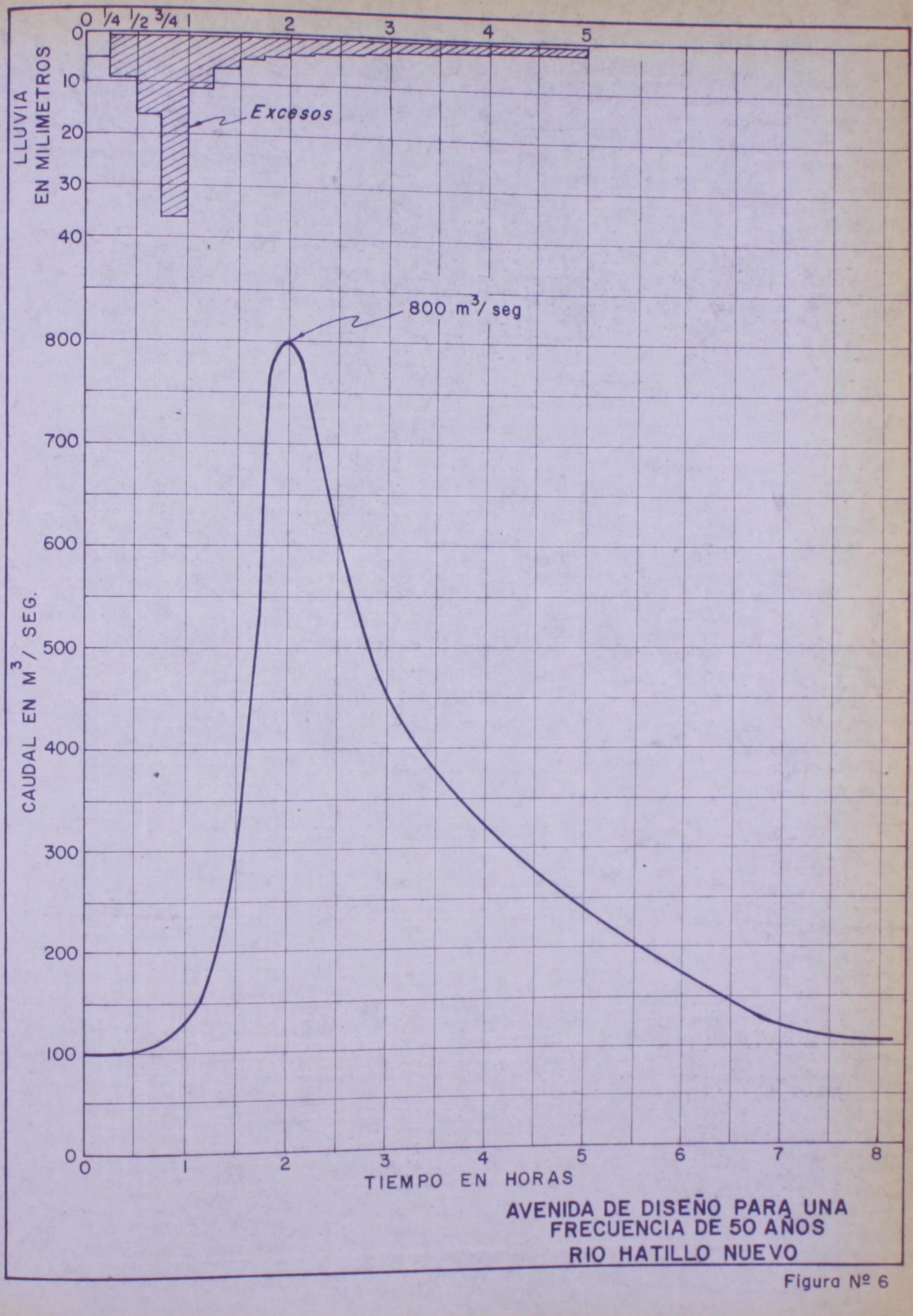

PRECIPITACION EN MILIMETROS
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN % DE LA PRECIPITACION
TIEMPO EN HORAS
SIMBOLOS
Tormenta del 12-15 octubre 1955
Tormenta del 20 junio 1961
Tormenta del 12 agosto 1961
ENVOLVENTES DE LAS TORMENTAS MAXIMAS REGISTRADAS EN SAN ISIDRO DEL GENERAL
PERIODO : 1955-1961

Figura Nº 4



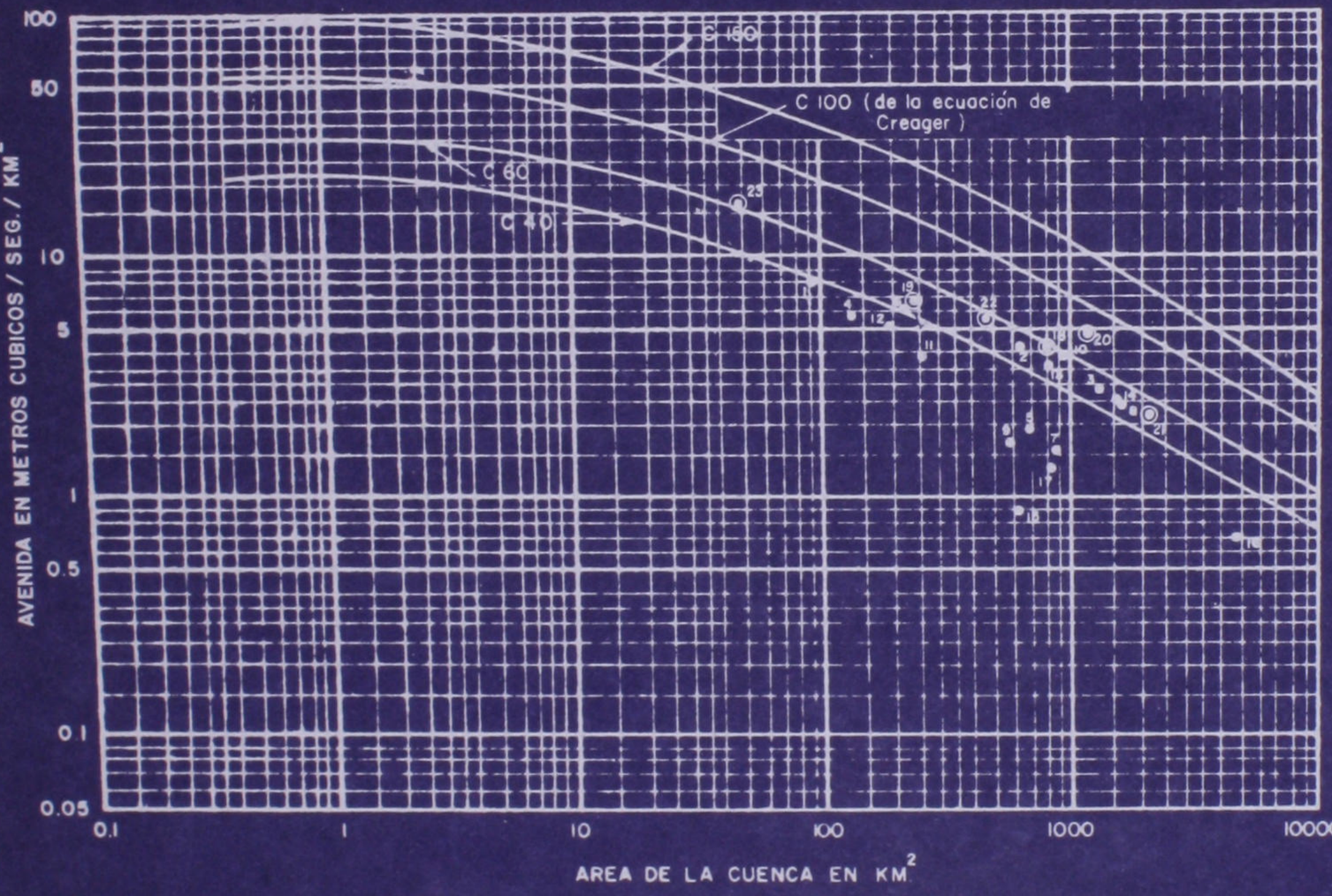
HIDROGRAFO UNITARIO SINTETICO
PARA EL RIO HATILLO NUEVO
(METODO SNYDER)

Figura Nº 5



AVENIDA DE DISEÑO PARA UNA FRECUENCIA DE 50 AÑOS
RIO HATILLO NUEVO

Figura Nº 6



LISTA DE AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA

PUNTO	R I O	S I T I O	FECHA	CAUDAL $m^3/seg.$	C
1	Banano	Asunción	9-4-70	770	40
2	Pacuare	Siquirres	9-4-70	2870	49
3	Reventazón	Angostura	9-4-70	3800	47
4	Pejibaye	El Humo	9-4-70	754	33
5	Reventazón	Cachí	9-4-70	1300	22
6	Pejibaye	Oriente	9-4-70	1380	43
7	Reventazón	El Congo	24-11-69	1400	21
8	Reventazón	Pascua	9-4-70	4200	47
9	Río San Carlos	Jabillos	24-11-69	1000	18
10	Tempisque	Guardia	27-10-60	3687	53
11	Corobicí	Corobicí	14-10-55	1000	29
12	Barranca	Nagatac	24-11-69	1000	34
13	Virilla	San Miguel	24-11-69	3080	46
14	Grande de Tárcoles	Balsa	24-11-69	4200	48*
15	Grande	Presa La Garita	6-9-61	577	10
16	Grande de Térraba	Palmar	4-11-63	3500	25
17	General	Cristo Rey	4-11-63	1137	17

* = Valor en revisión

AVENIDAS DE DISEÑO

18	Pacuare	Puente, carretera Siquirres - Limón	3577	58.5
19	Barbilla	Puente, carretera Siquirres - Limón	1472	45.1
20	Chirripó	Puente, carretera Siquirres - Limón	5670	74
21	Grande de Tárcoles	Puente, carretera Costanera Sur	4760	48
22	Tusubres	Puente, carretera Costanera Sur	2700	55
23	Hatillo Nuevo	Puente, carretera Costanera Sur	800	64

SIMBOLOS

- • AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA
- ◉ AVENIDAS DE DISEÑO EN ALGUNOS SITIOS DE PUENTES DE CARRETERAS NACIONALES

NOTAS:

1) CURVAS DE LA ECUACION DE CREAGER $Q = 13\,C\left[\frac{A}{2.59}\right]^{0.936\,A^{-0.048}}$

2) ADAPTADO DE "ENGINEERING FOR DAMS" DE J.D. JUSTIN, J. HINDS Y W. P. CREAGER (NEW YORK WILEY, 1945) VOL. I, PAG. 126

PROYECTO CARRETERA COSTANERA SUR

AVENIDA DE DISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RIO HATILLO NUEVO COMPARADA CON LAS AVENIDAS MAXIMAS REGISTRADAS EN COSTA RICA DURANTE EL PERIODO 1952 - 70

Figura Nº 7

CURVA DE DESCARGA EN EL SITIO DEL PUENTE
RIO HATILLO NUEVO

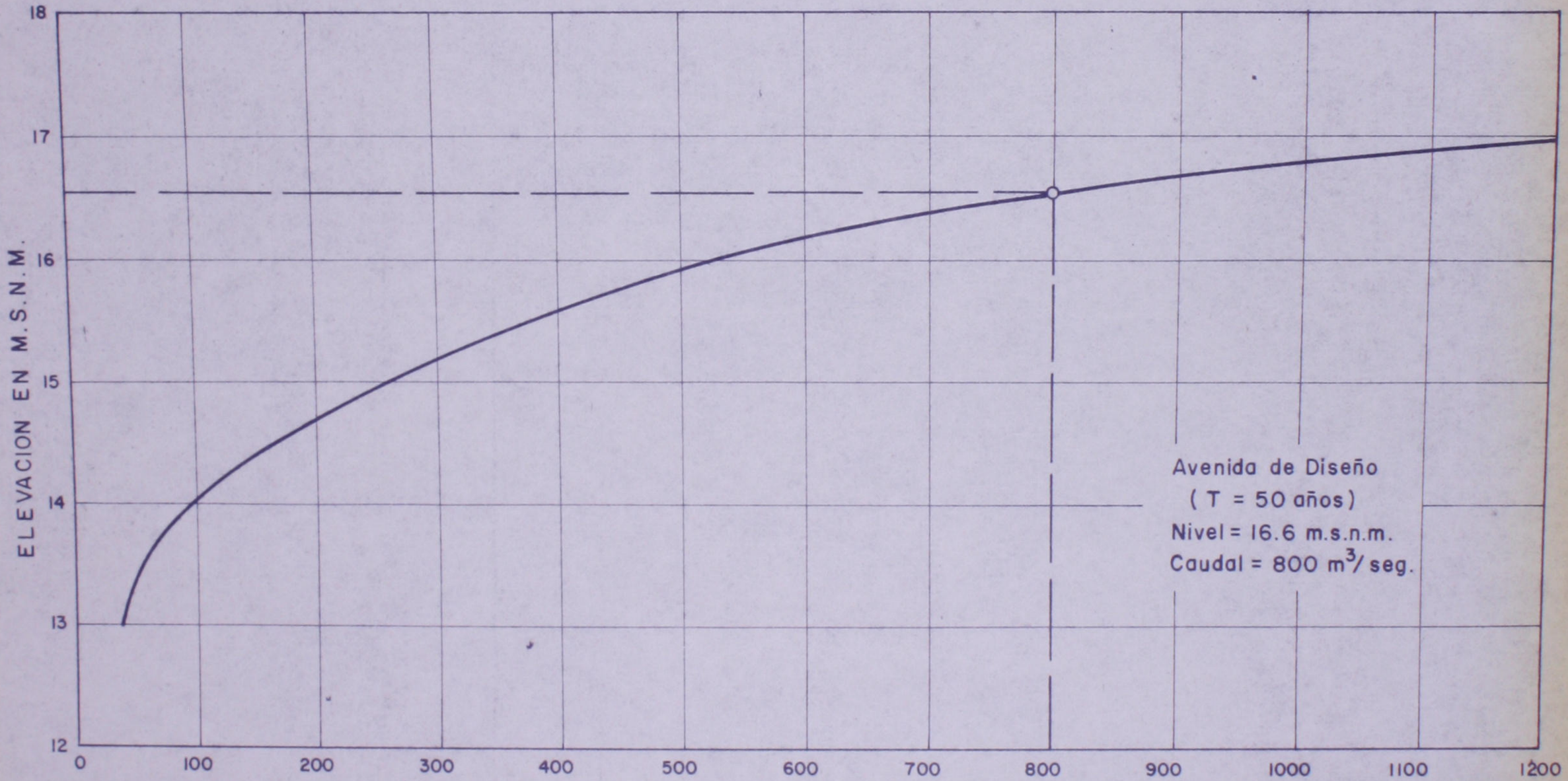
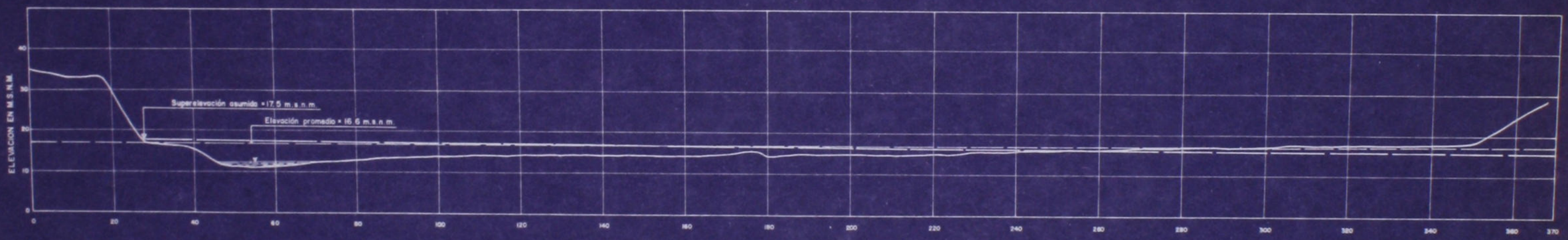


FIGURA Nº 8



Escalas: Horizontal 1:400
Vertical 1:400

NIVEL APROXIMADO DE LA AVENIDA DE DISEÑO DEL RIO HATILLO NUEVO EN EL SITIO DEL PUENTE

Figura Nº 9

CUENCAS Y CAUDALES

PARA

32 PUENTES



	A - B	C
Area de la cuenca	6884 Ac	5523 Ac
Longitud del cauce	47985 ft.	40356 ft
Caída del cauce	748 ft.	738 ft.
Caudal Pies³/seg	10215	9080

Cuenca del RIO PAIRES

Tomado de: Mapas del I.G.H.C.R.

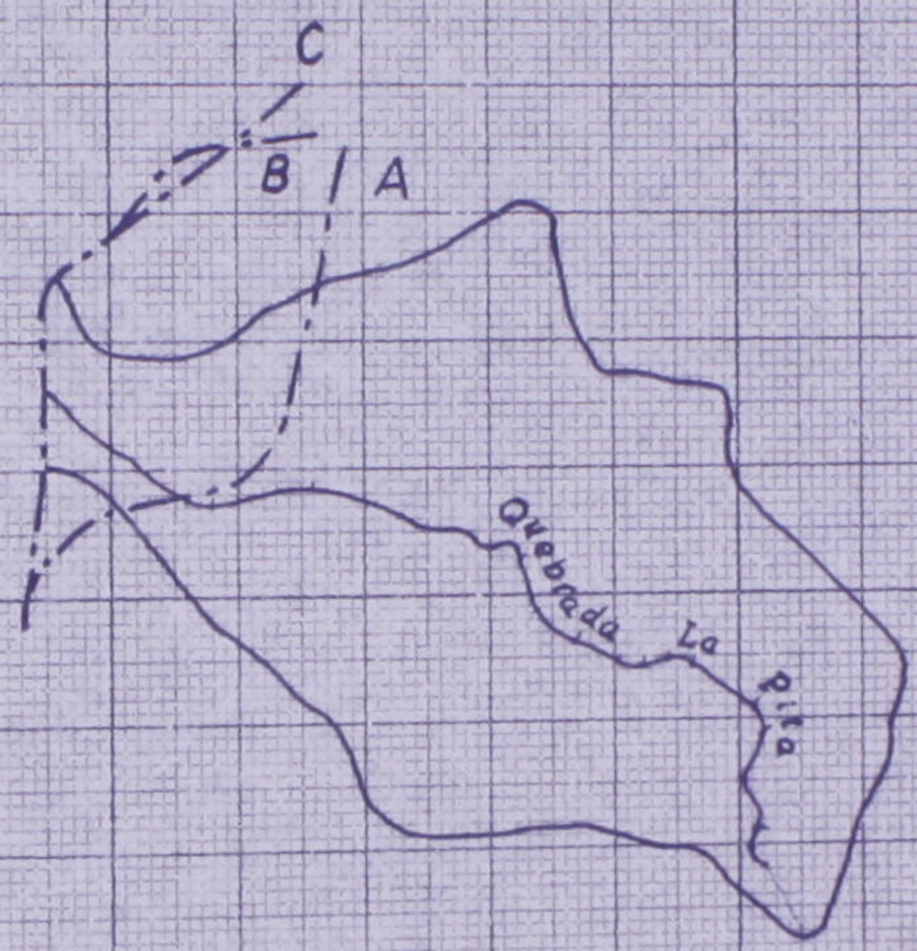
ESCALA: 1:50.000

	A	B	C
Area de la cuenca	6170 Ac	6197 Ac	6234 Ac
Longitud del cauce	36321'	35763'	36780'
Caída del cauce	1608'	1608'	1624'
Caudal pies³/seg	13600	14000	13790



Cuenca del RIO TARCOLITOS
Tomado de: Hojas del I.G.N.C.R.
ESCALA : 1:50000

	A	B - C
Area de la cuenca	1181 Ac	1324 Ac
Longitud del cauce	11484'	13780'
Caída del cauce	1641'	1706'
Caudal pies³/seg	4870	5050

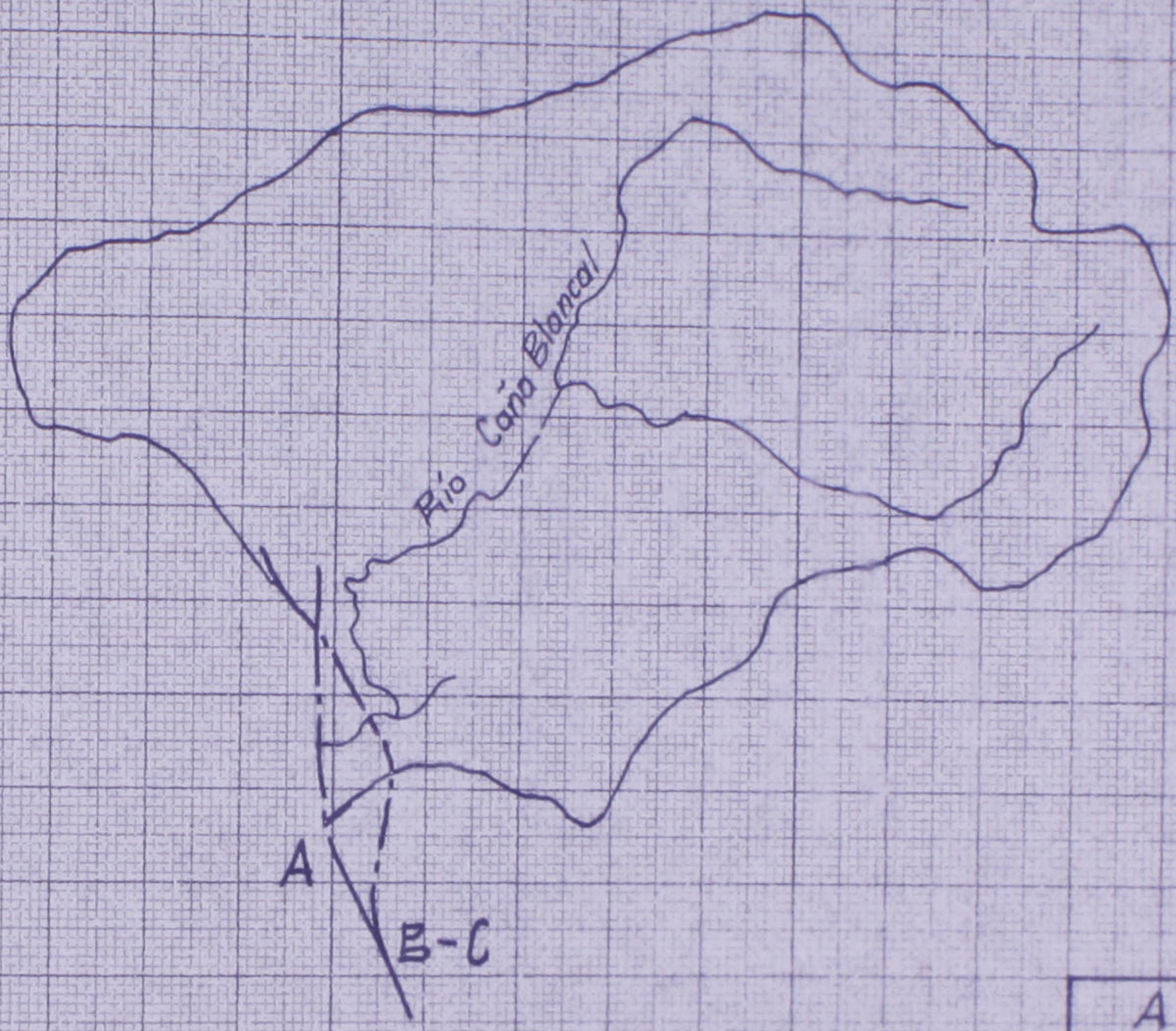


Cuenca de: QDA. LA PITA.
Tomada de: Mapas del I.G.C.P.
ESCALA: 1:50000

	A	B	C
Area de la cuenca	4131 Ac	4131 Ac	4109 Ac
Longitud del cauce	32482'	32482'	32810'
Caída del cauce	1739'	1739'	1739'
Caudal Pies³/seg	6783	6411	4545

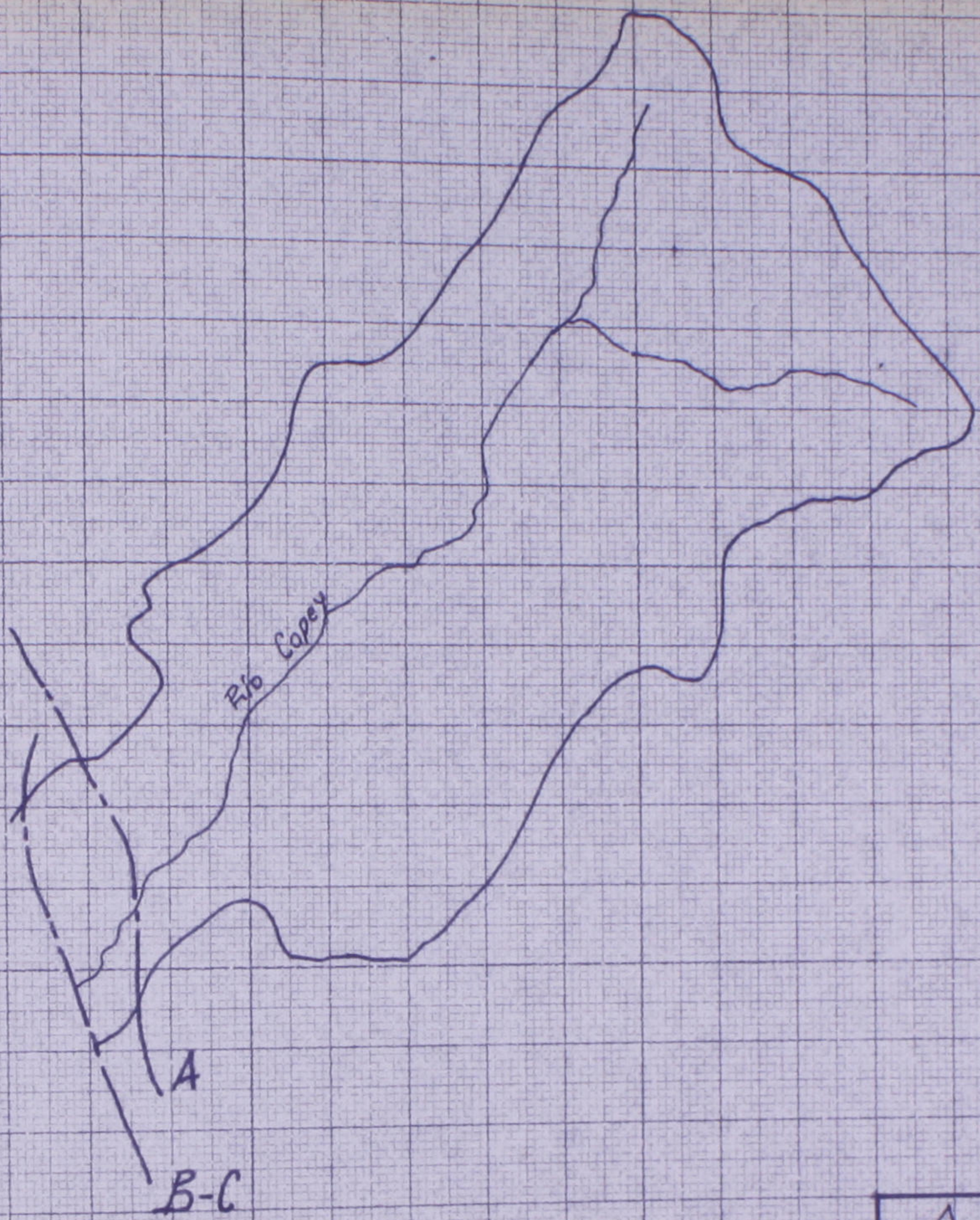


Cuenca del : RIO AGUJAS
Tomado de : Mapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1:50000



	A	B-C
Area de la Cuenca	3948 Ac	3888 Ac
Longitud del Cauce	21655'	20342'
Caída del Cauce	1903'	1870'
Caudal Pies³/seg	8140	8200

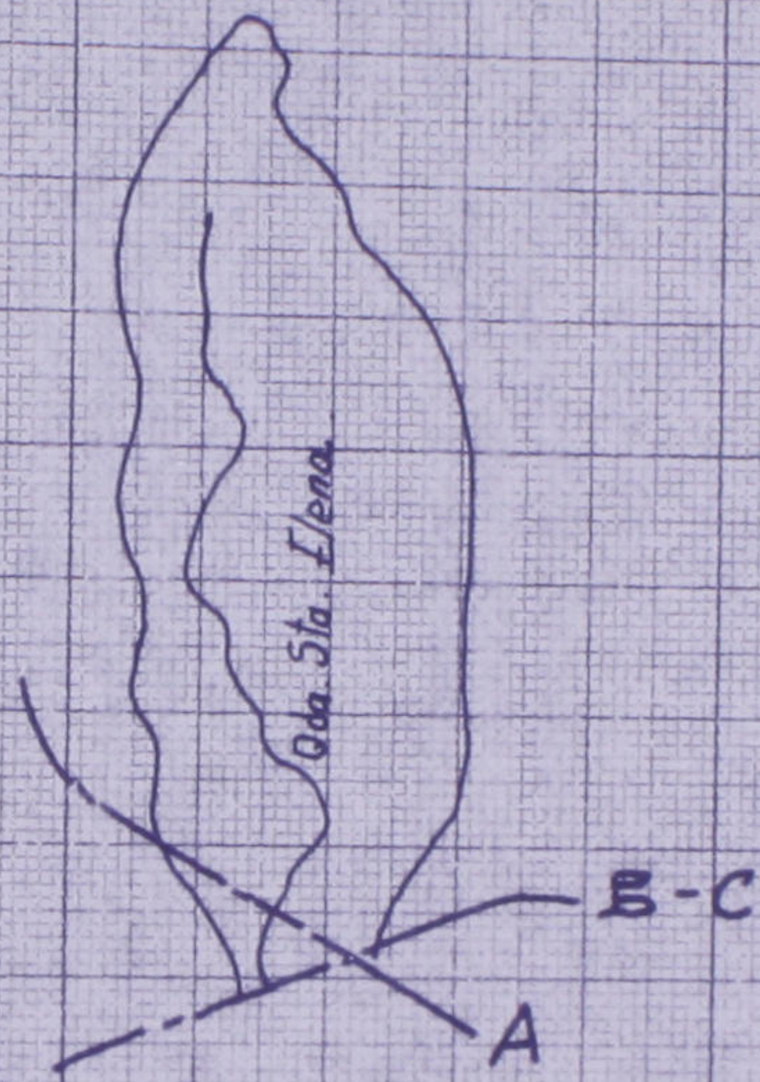
Cuenca del: RIO CAÑA BLANCAL
Tomado de: MAPAS del I.G.C.R.
ESCALA: 1:50.000



	A	B - C
Area de la Cuenca	3884 Ac	4085 Ac.
Longitud del Cauce	26018 pi	26248 ft.
Caída del Cauce	2034 pi	2051 ft.
Caudal pies³/seg	8600	8990

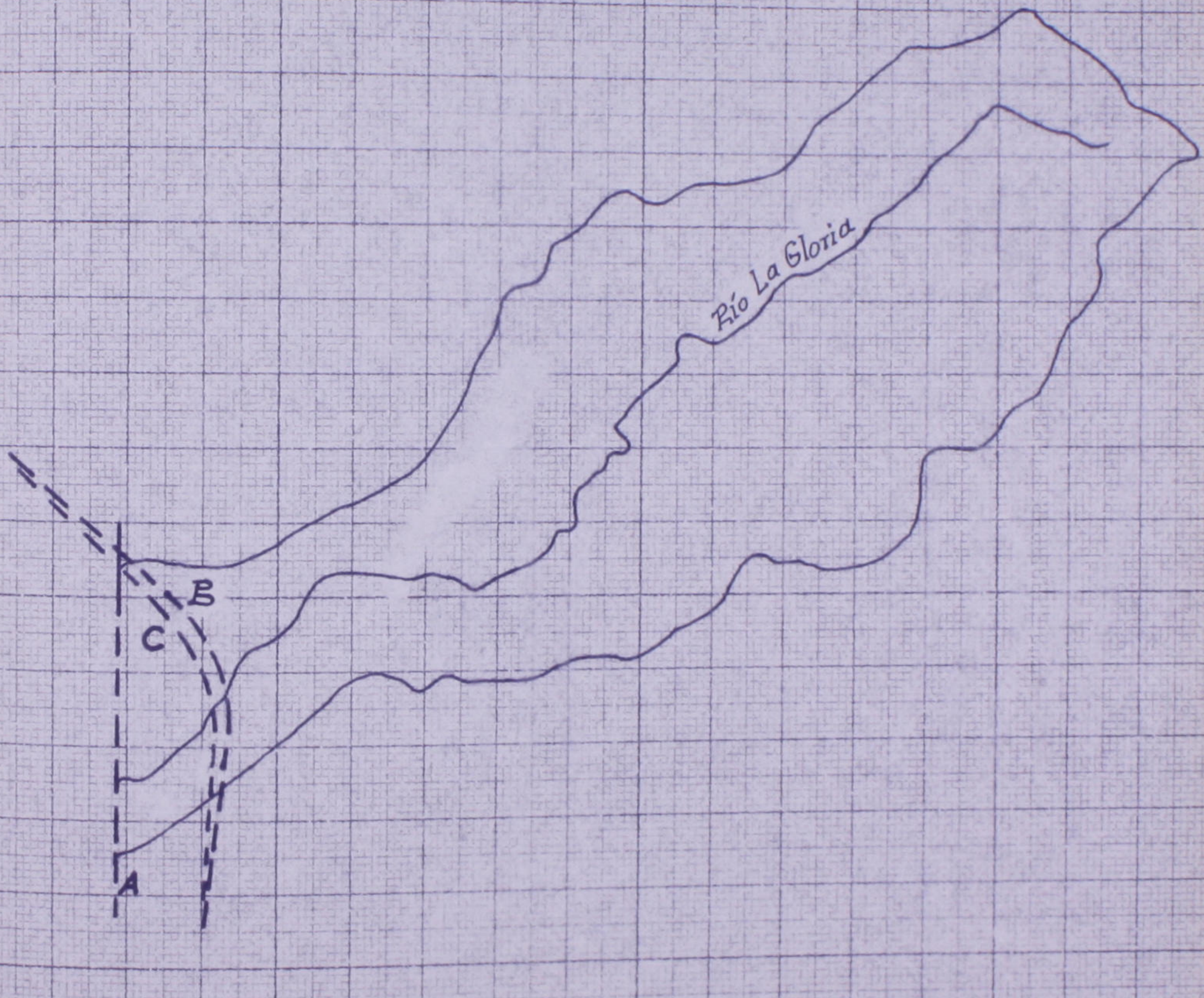
Cuenca del: RIO COPEY
Tomado de: Mapas del IGCR
ESCALA: 1:50.000

	A	B-C
Area de la Cuenca	903 Ac	866 Ac
Longitud del Cauce	10171'	11155'
Caída del Cauce	689'	689'
Caudal pies³/seg	2370	2270



Cuenca de : QDA STA ELENA
Tomado de : Mapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1:50000

	A	B	C
Area de la Cuenca	3175 Ac.	2973 Ac.	3024 Ac.
Longitud del Cauce	30841'	27560'	28053'
Caida del Cauce	1985'	1969'	1969'
Caudal Pies3/seg	8509	9802	8080



Cuenca del RIO LA GLORIA
Tomado de: Hojas del I.G.C.R.
ESCALA: 1:50000

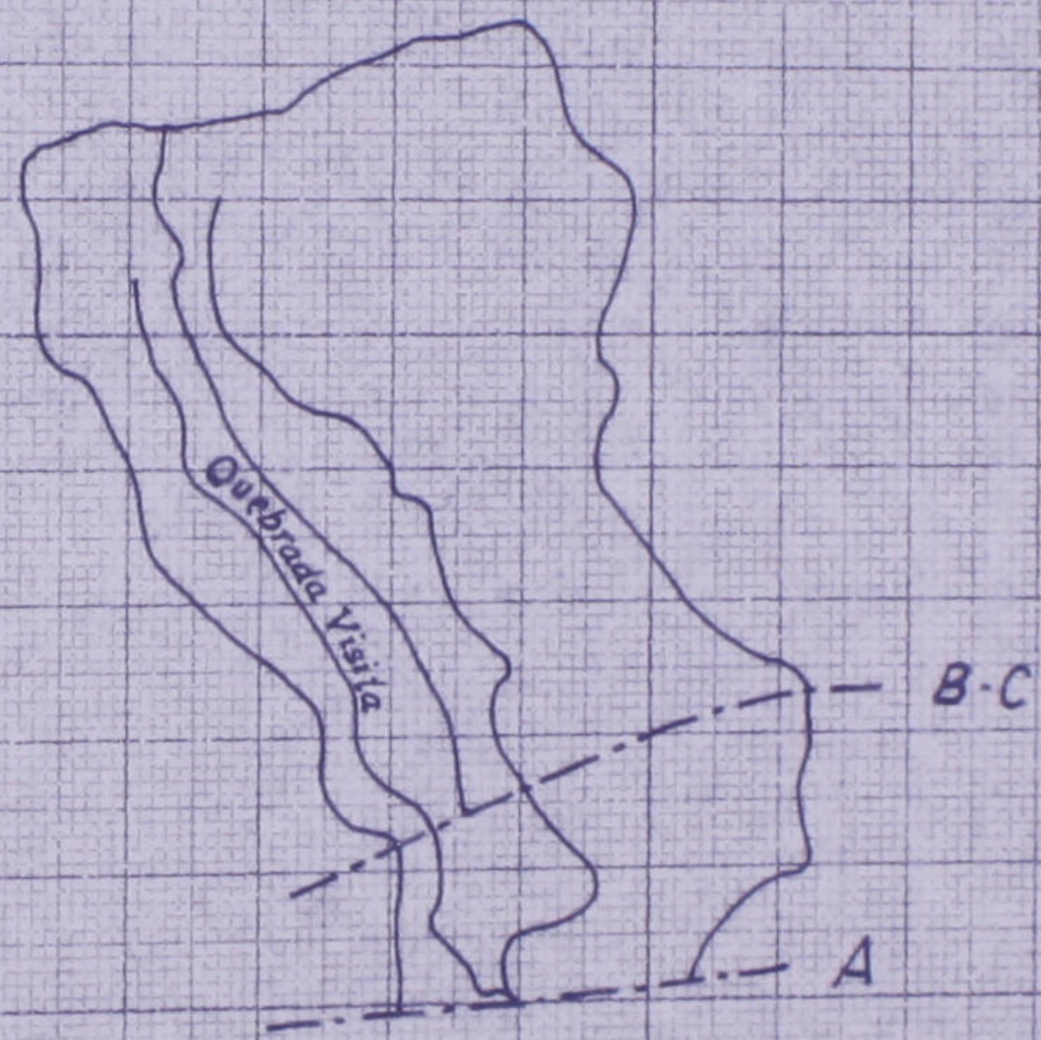
	A-B-C
Area de la Cuenca	1332 Acres
Longitud del Cauce	10926 pies
Caida del Cauce	180 pies
Caudal pies 3/seg.	3880



Cuenca de: QDA. BEJUCO
Tomado de: Mapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1:50000

	A	B·C
Area de la Cuenca	1574 Ac	351 Ac
Longitud del Cauce	13124'	8203'
Caída del Cauce	230'	197'
Caudal pies³/seg	1840	1840

1 2 3 4



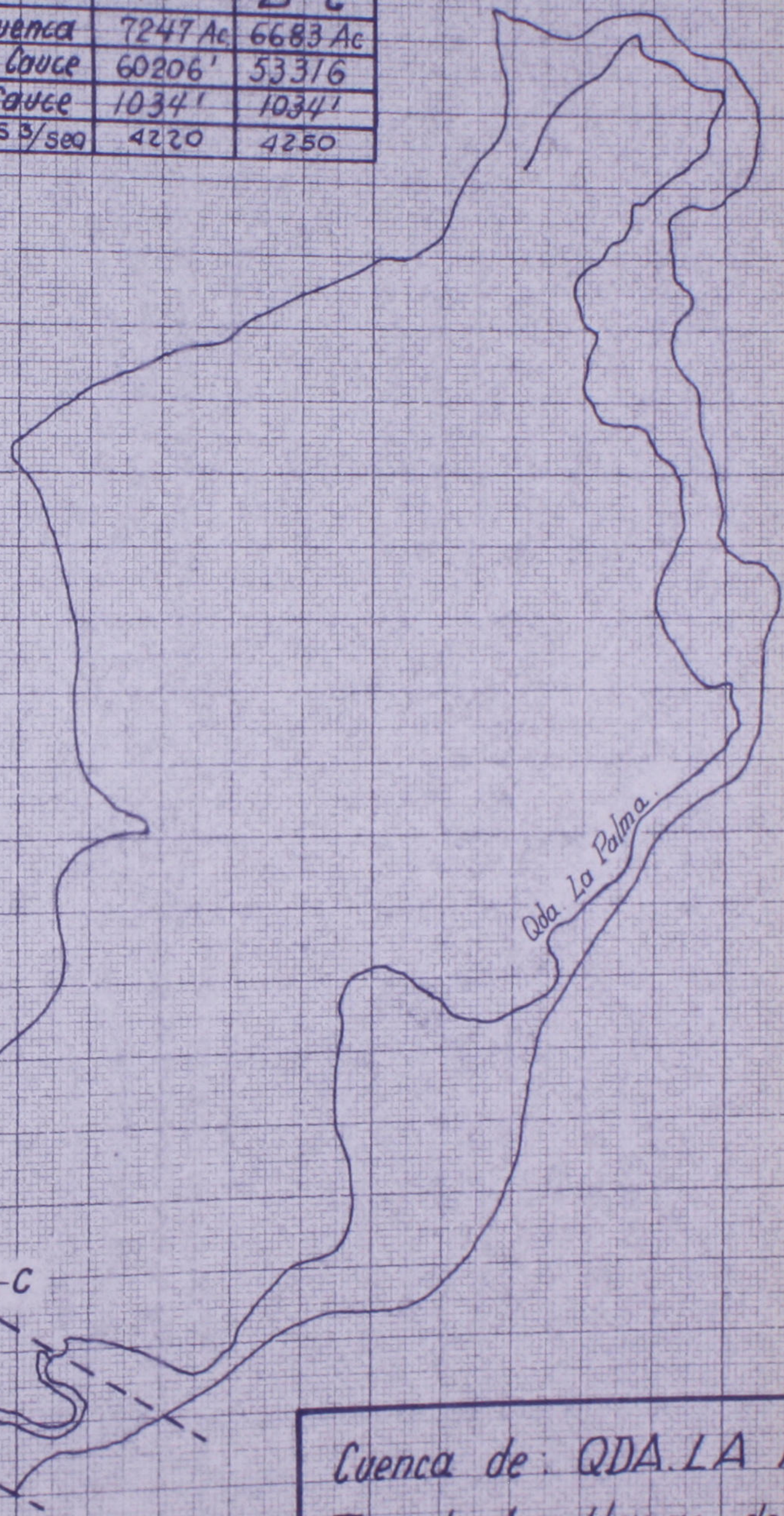
Cuenca del: QDA. VISITA
Tomado de Mapas del IGC
ESCALA 1:50.000



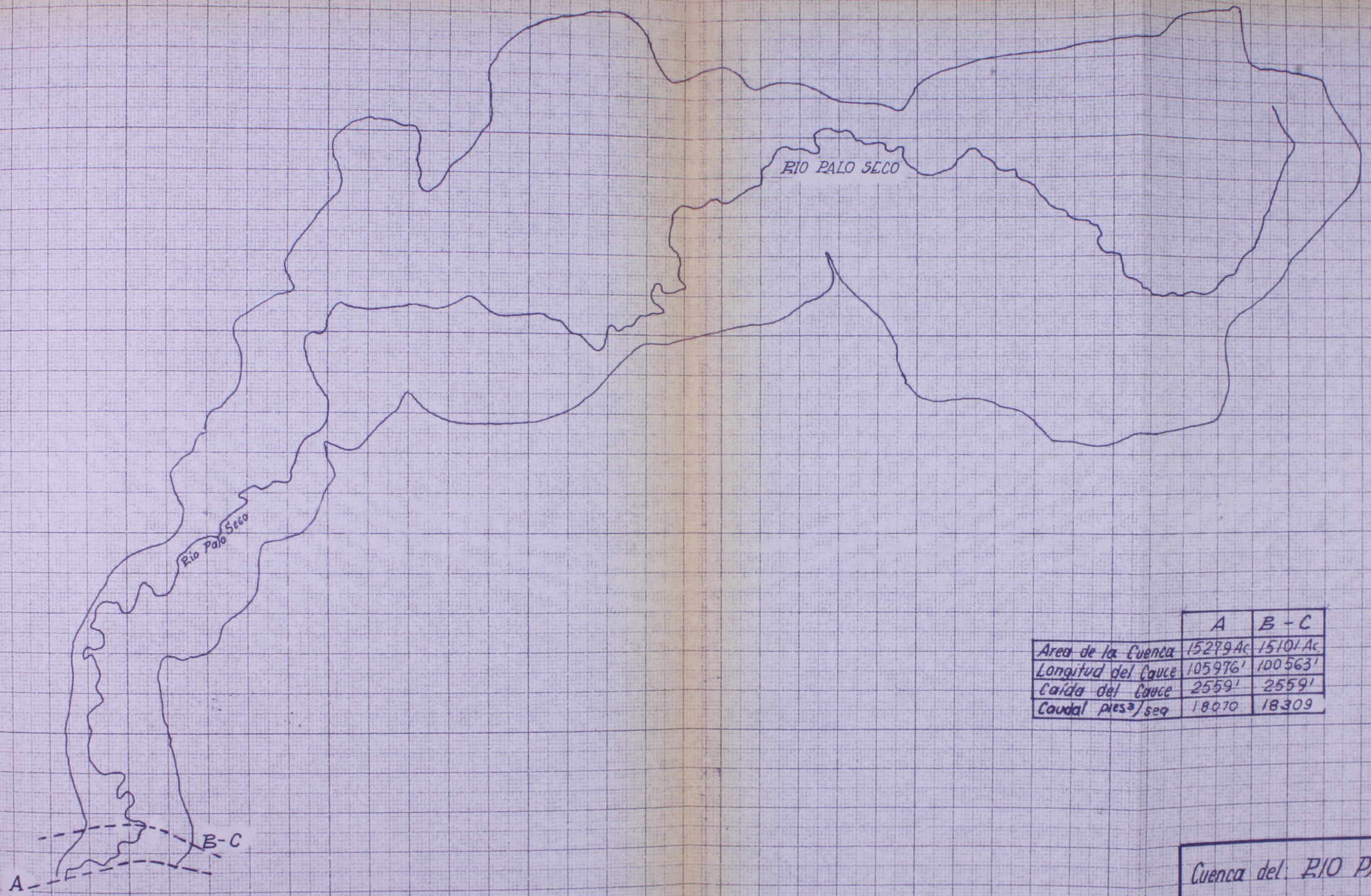
	A	B-C
Area de la Cuenca	3037	2780
Longitud del Cauce	24115'	18702'
Caída del Cauce	197'	180'
Caudal pies³/seg	3260	2190

Cuenca del RIO JICOTE
Tomado de Mapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1 : 50000

	A	B-C
Area de la Cuenca	7247 Ac	6683 Ac
Longitud del Cauce	60206'	53316
Caída del Cauce	1034'	1034'
Caudal Pies 3/seg	4220	4250



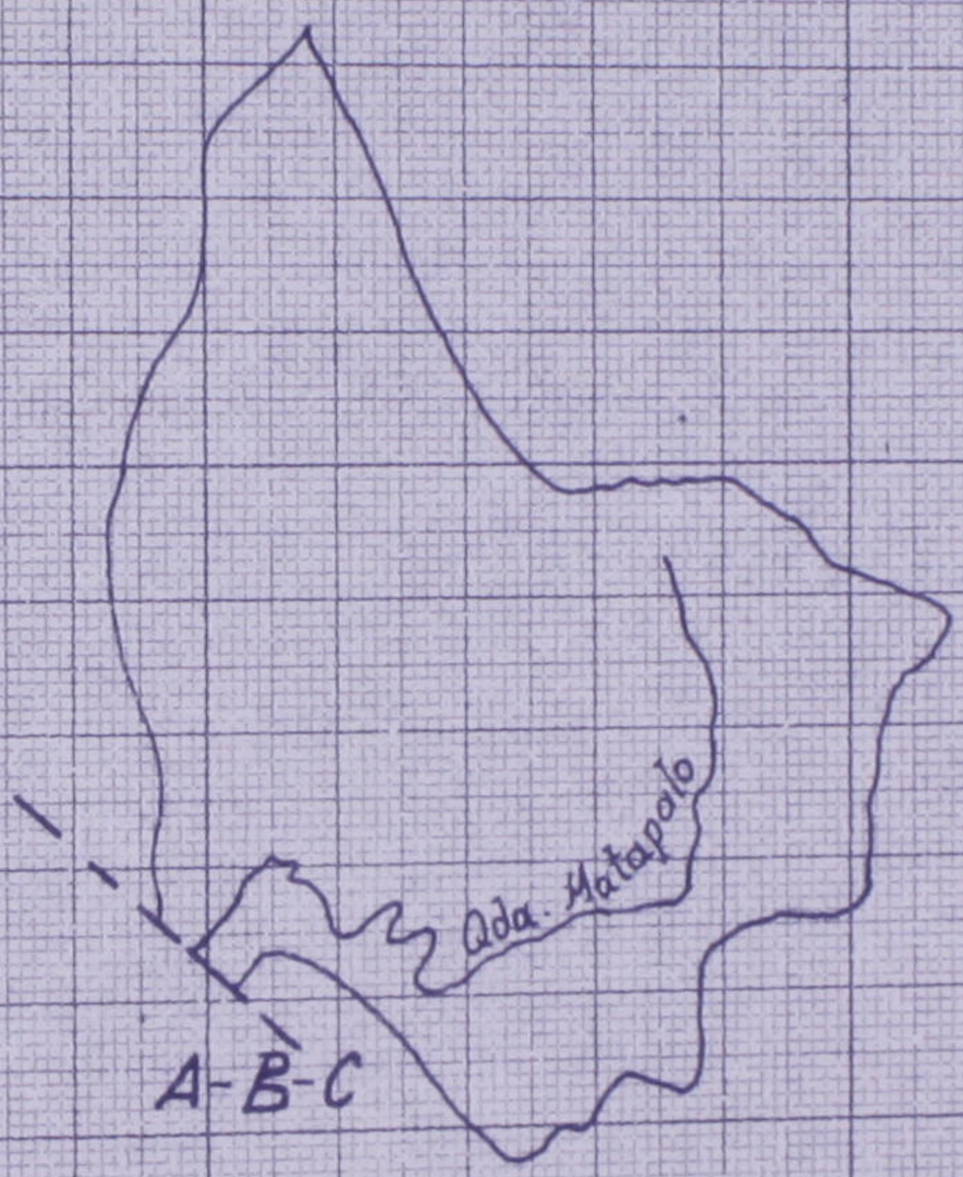
Cuenca de: QDA. LA PALHA
Tomado de: Hapas del I.G.C.R.
ESCALA: 1:50000



	A	B - C
Area de la Cuenca	15279 Ac	15101 Ac
Longitud del Cauce	105976'	100563'
Caida del Cauce	2559'	2559'
Caudal pies³/seg	18070	18309

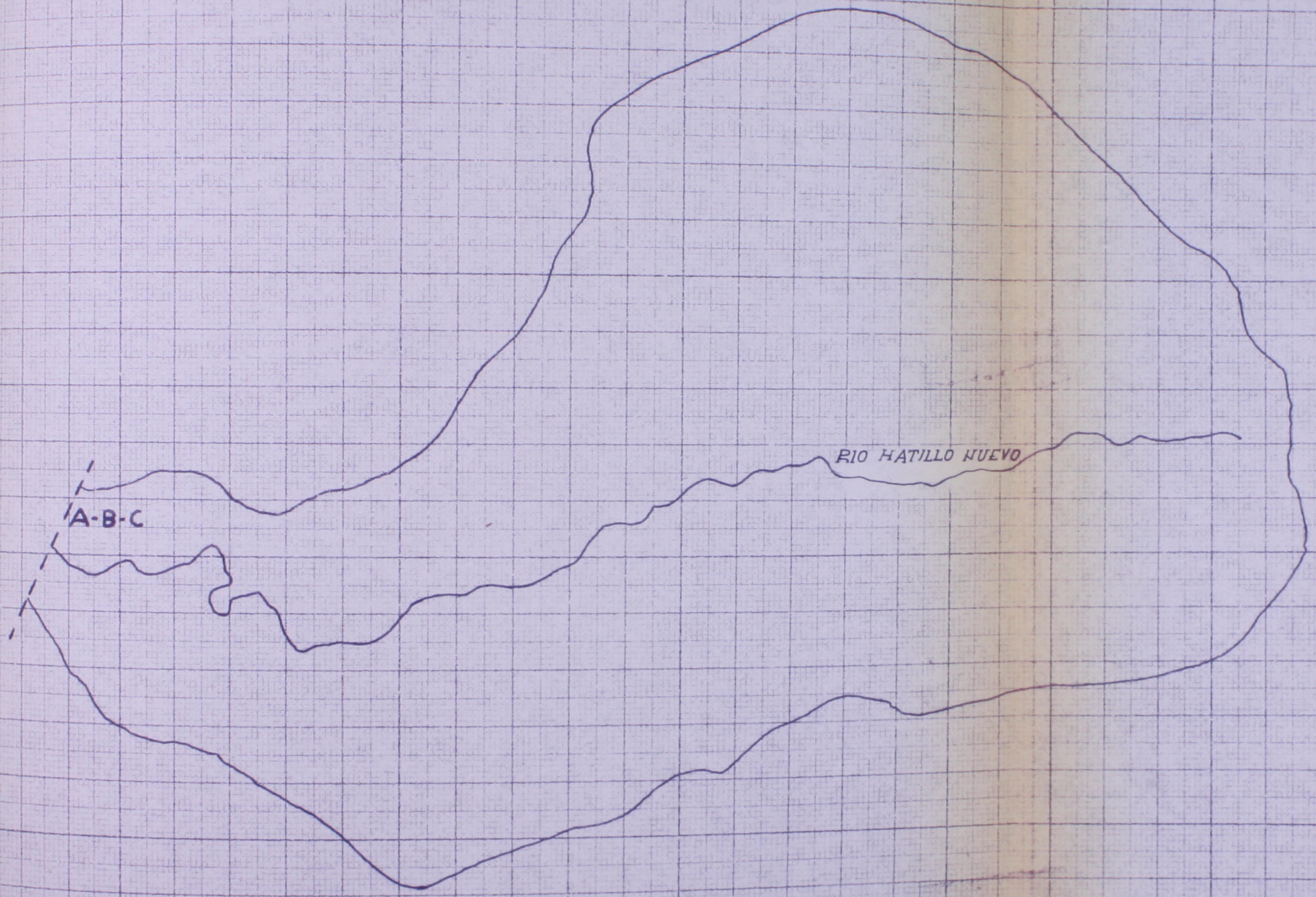
Cuenca del RIO PALO SECO
Tomado de Hapas del I.G.C.E.
ESCALA : 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	1401 Ac
Longitud del Cauce	13561'
Caida del Cauce	1247'
Caudal Pies 3/seg	4727



Cuenca de: QDA. MATAPALO
Tomado de: Mapas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50,000

	A-B-C
Area de la Cuenca	10173 Ac
Longitud del Cauce	44031'
Caída del Cauce	2740'
Caudal pies3/seg	22500



Cuenca del: R. HATILLO HUEVO
Tomado de Hapas del I.G.C.R.
ESCALA: 1:50000

	A-B-C
Area de la cuenca	2066 Ac.
Longitud del Cauce	19030'
Caída del Cauce	1280'
Caudal Pies 3/seg.	6284

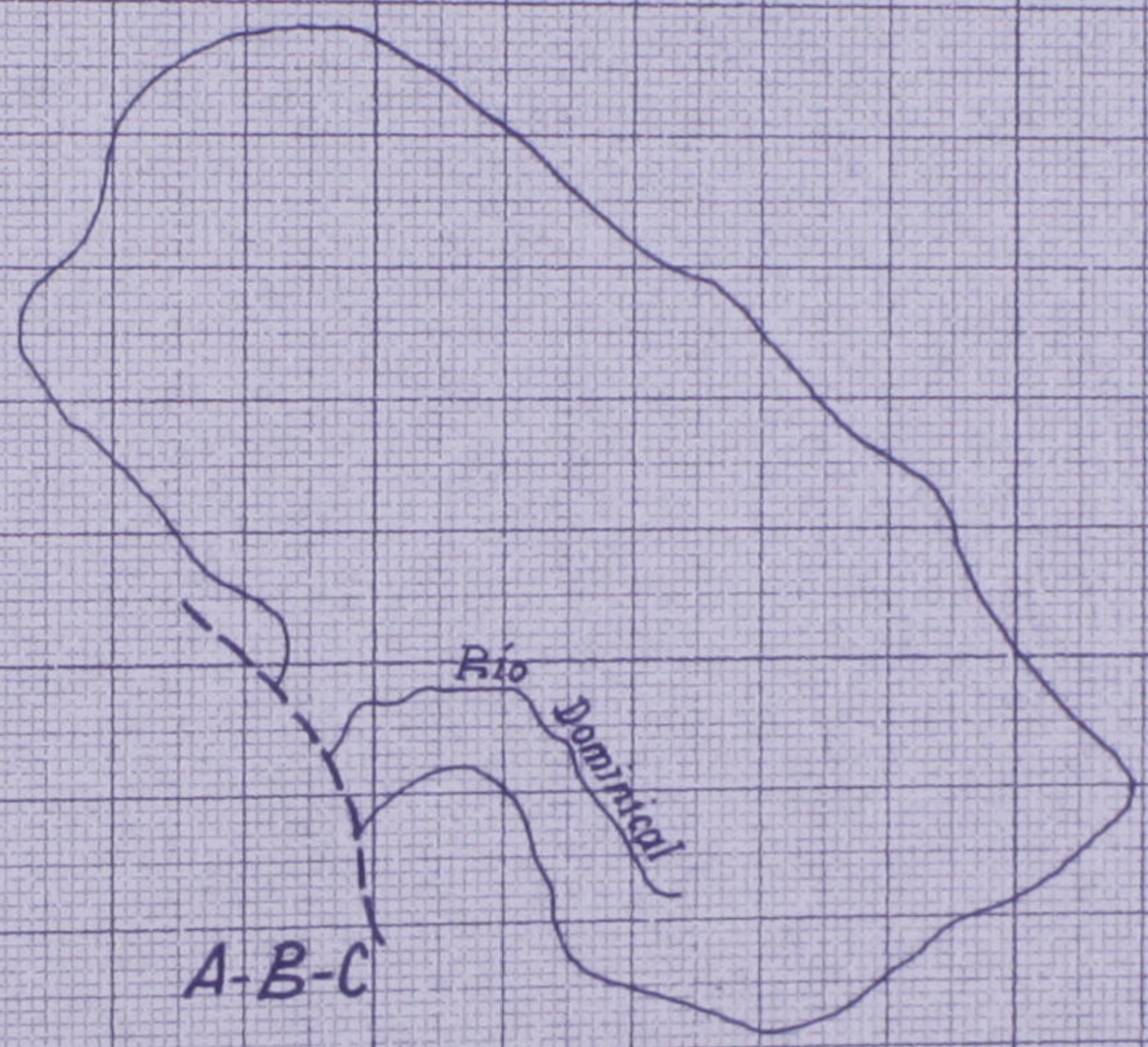


Cuenca del RIO HATILLO VIEJO

Tomado de Mapas del I.G.C.P.

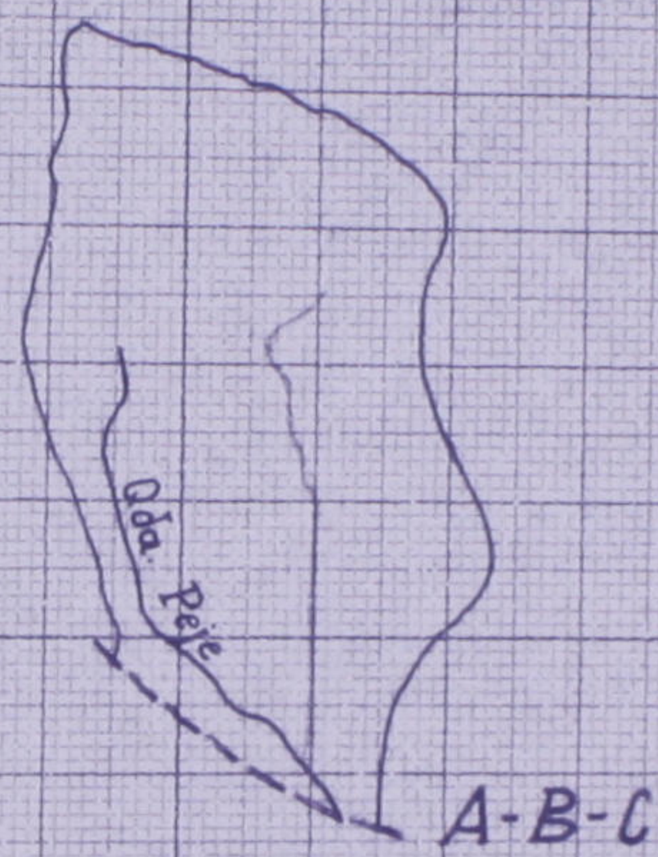
ESCALA : 1:50,000

	A-B-C
Area de la Cuenca	2136 Ac
Longitud del Cauce	6332'
Caida del Cauce	328'
Caudal pies 3/seg.	5210



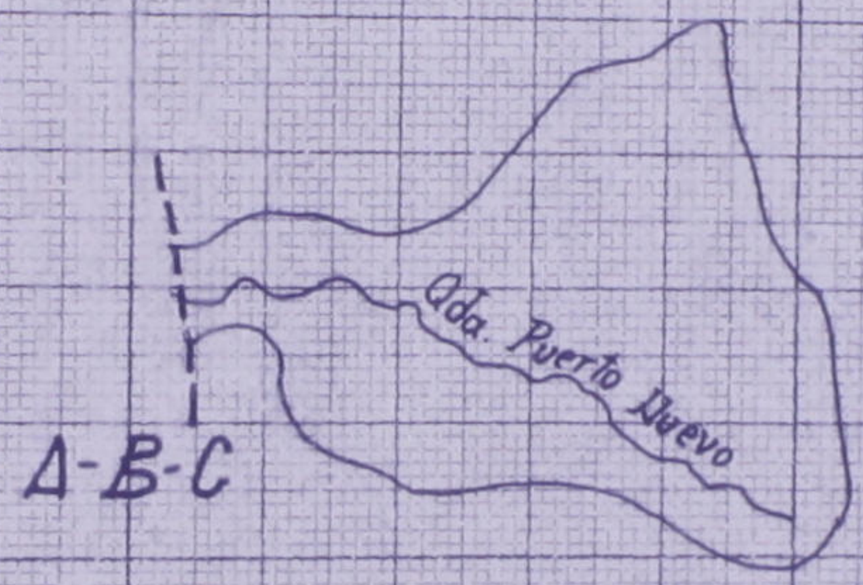
Cuenca del: RIO DOMINICAL
Tomado de Hojas del IGCR
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	840 Ac.
Longitud del Cauce	7054'
Caída del Cauce	722'
Caudal pies³/seg.	3840



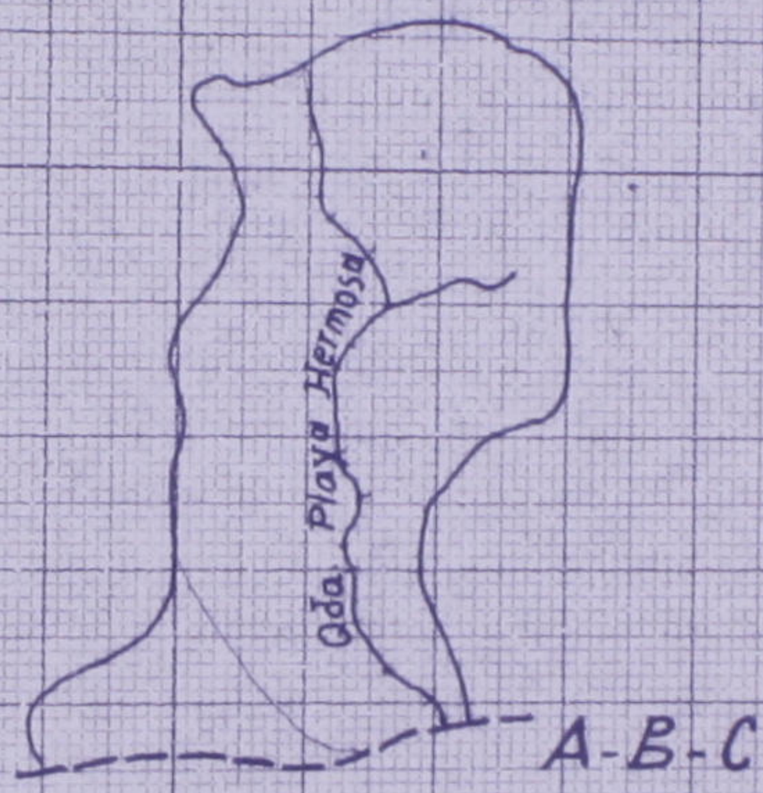
Cuenca de: QDA. PEJE
Tomado de: Mapas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	697 Ac.
Longitud del Cauce	9482'
Caída del Cauce	1870'
Caudal Pies 3/seg	3234



Cuenca de: QDA PUERTO NUEVO
Tomado de Hapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1 50.000

	A-B-C
Area de la Cuenca	743 Ac.
Longitud del Cauce	9200'
Caída del Cauce	1770'
Caudal Pies3/seg	3450



Cuenca de: QDA. PLAYA HERMOSA
Tomado de Hojas del I.G.C.R.
ESCALA : 1:50000



	A-B-C
Area de la Cuenca	8447 Ac.
Longitud del Cauce	28217'
Caída del Cauce	1854'
Caudal Pies 3/seg	22100

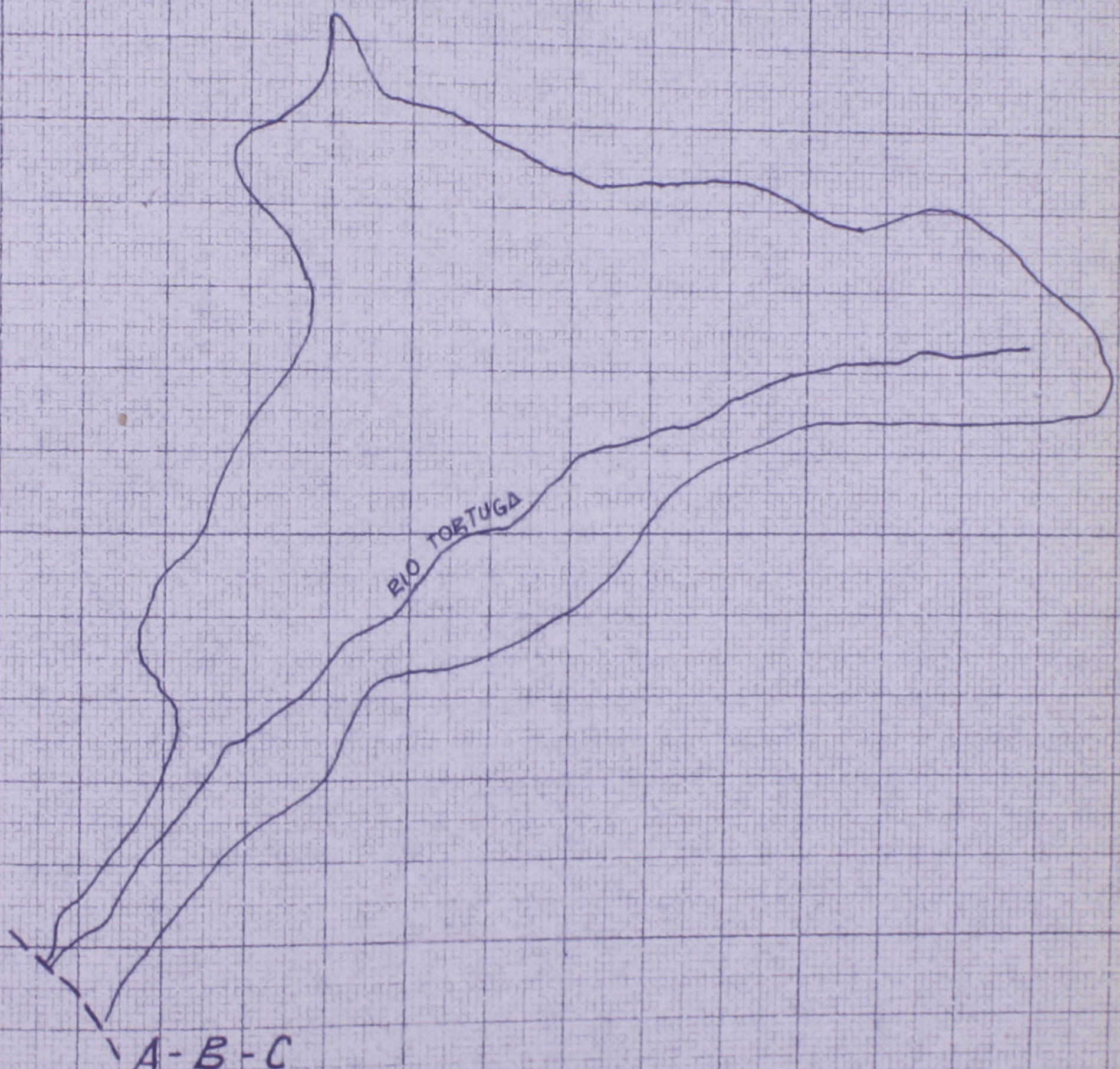
Cuenca del: RIO HIGUERON
Tomado de Hojas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	12347 Ac.
Longitud del Cauce	31005'
Caída del Cauce	1936'
Caudal Pies3/seg	25300



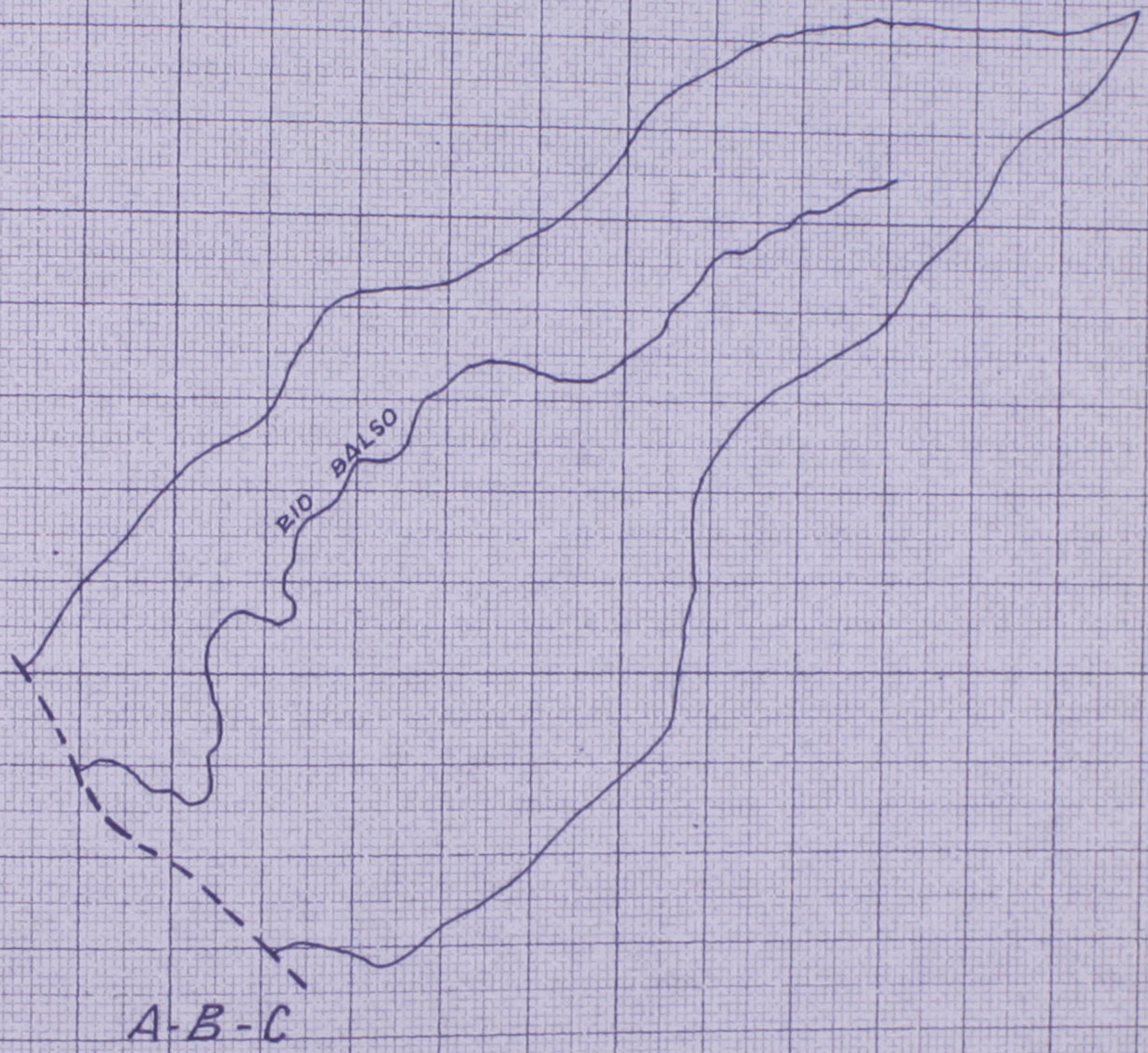
Cuenca del: RIO UVITA
Tomado de: Mapas del IGCR
ESCALA: 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	3333 Ac.
Longitud del Cauce	25034'
Caída del Cauce	2592'
Caudal Pies3/seg	7670



Cuenca del: RIO TORTUGA
Tomado de Hapas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	3400 Ac.
Longitud del Cauce	23787'
Caida del Cauce	1214'
Caudal Pies 3/seg.	6460



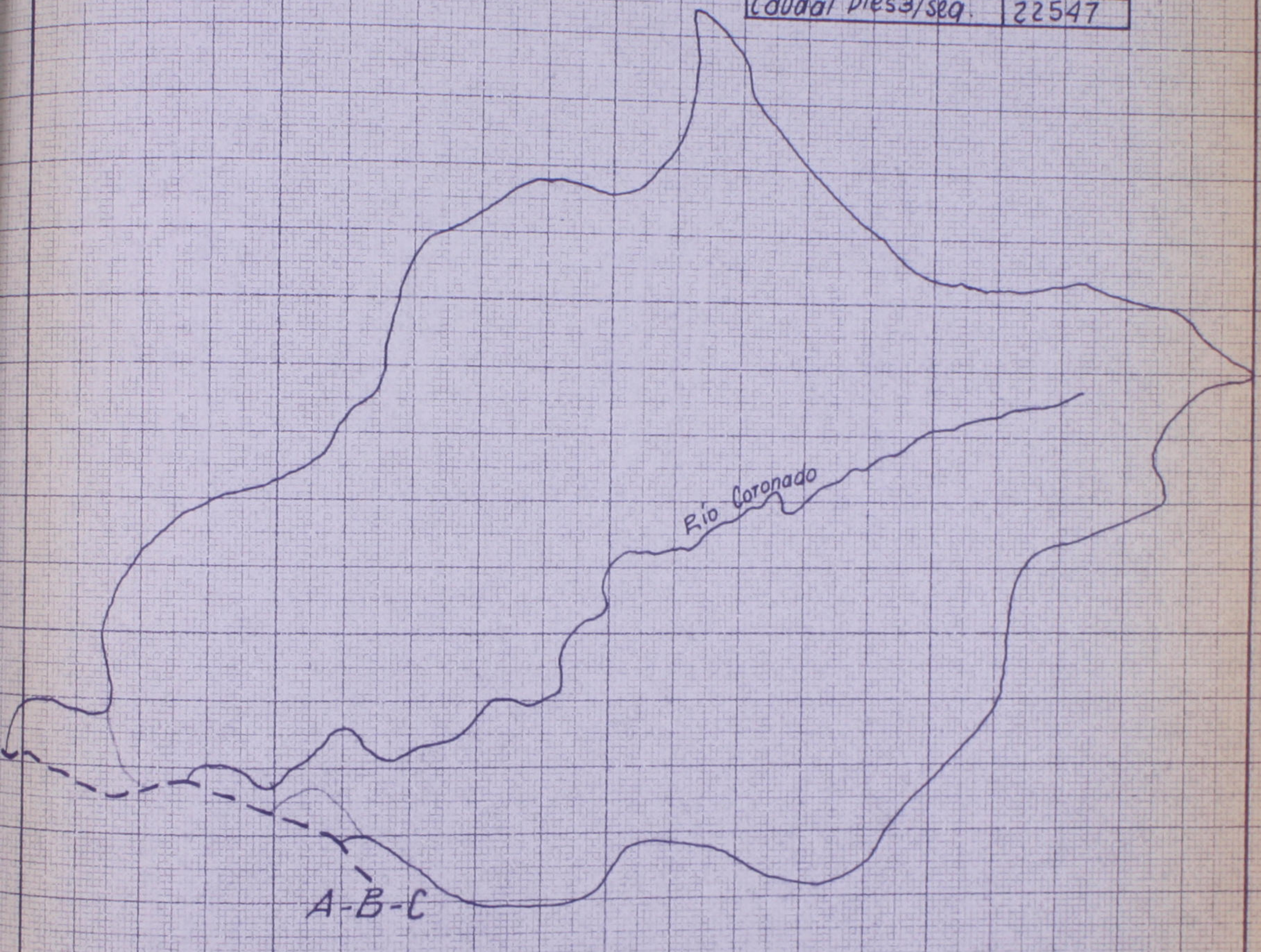
Cuenca del RIO BALSO
Tomado de Mapas del I.G.C.E.
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	4014 Ac.
Caida del Cauce	2280'
Longitud del Cauce	24608'
Caudal — Pies³/seg	9640



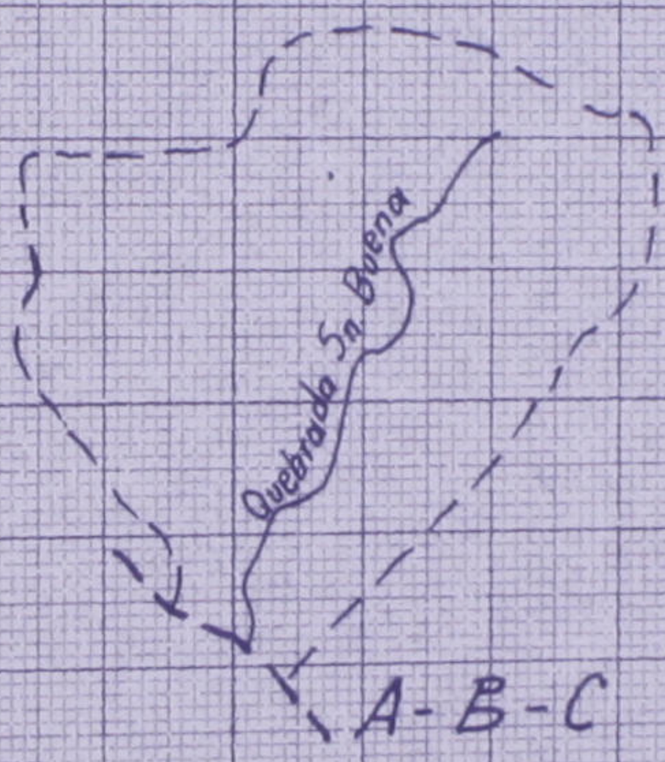
Cuenca del: RIO PUNTA MATA
Tomado de Mapas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	7818 Ac.
Longitud del Cauce	28381'
Caida del Cauce	1772'
Caudal pies3/seg.	22547



Cuenca del: RIO COLORADO
Tomado de Mapas del IGCR
ESCALA 1 : 50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	915 Ac.
Longitud del Cauce	8859'
Caída del Cauce	312'
Caudal $Pies^3/seg$	1975



Cuenca de: QDA. SAN BUENA
Tomado de Mapas del IGCP
ESCALA: 1:50000

Area de la Cuenca	10264. Ac.
Longitud del Cauce	31.005'
Caida del Cauce	2.395 pies
Caudal pies 3/seg.	23000



Cuenca del RIO BALSAR
Tomado de Mapas del IGN.C.R.
ESCALA: 1:50.000

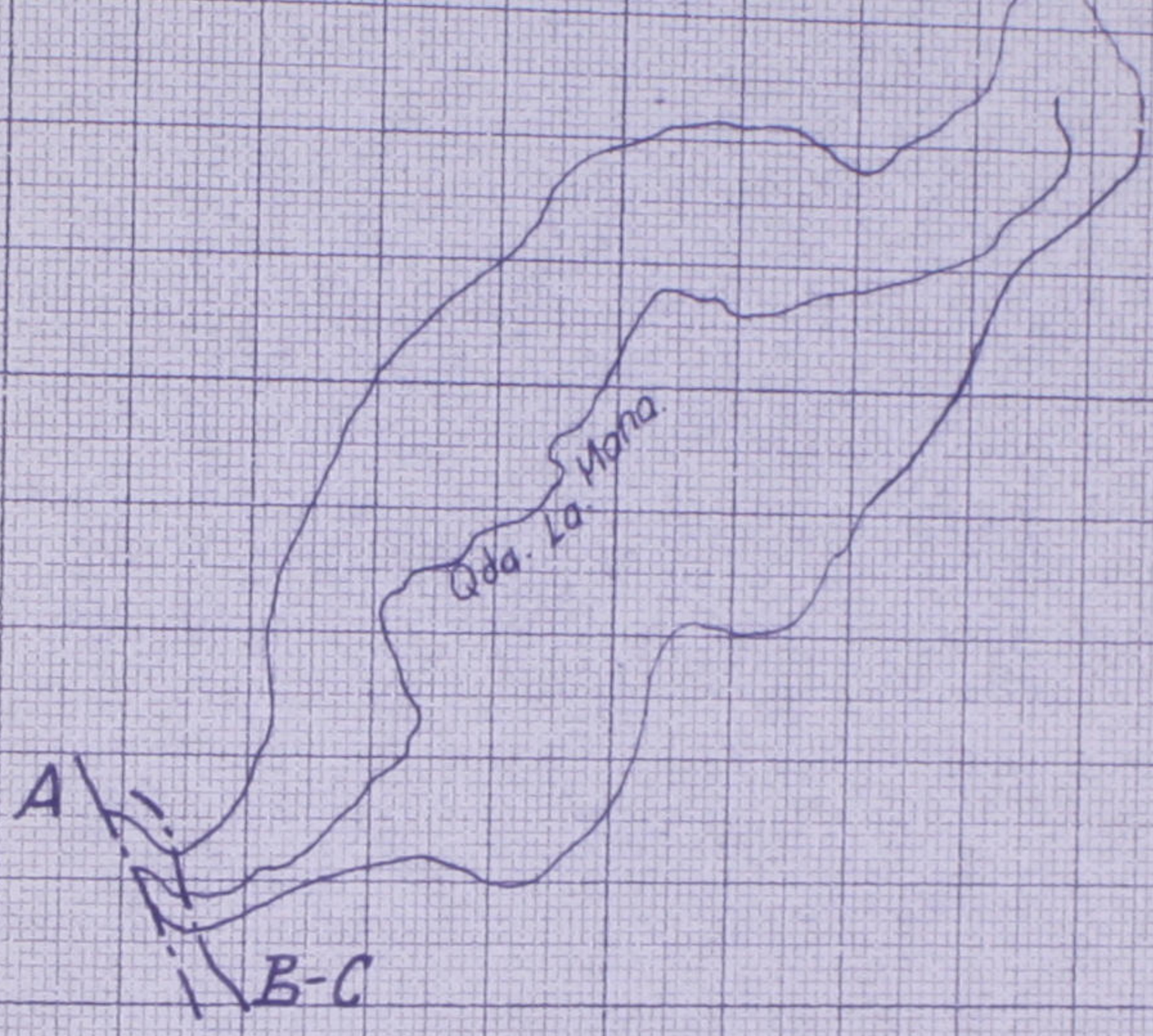
	A-B-C
Area de la Cuenca	57759 Ac.
Longitud del Cauce	78744 pie.
Caída del Cauce	2723 pies
Caudal pies 3/seg	81389

RIO BARU

A-B-C

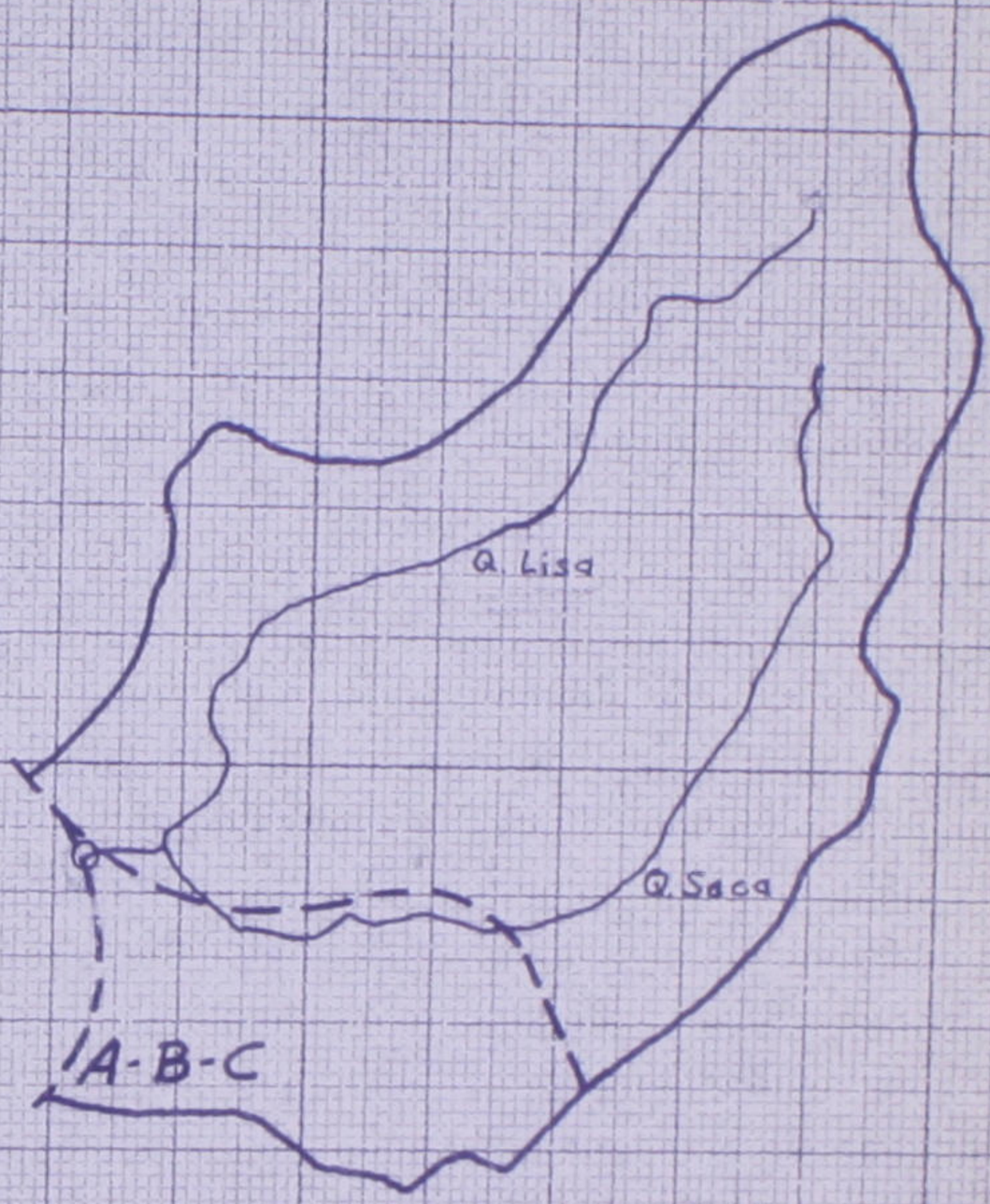
Cuenca del: RIO BARU
Tomado de Hojas del I.G.C.E.
ESCALA 1:50000

	A	B-C
Area de la Cuenca.	1668 Ac	1651 Ac
Longitud del cauce	20408 ft	14332 ft
Caida del cauce	1247 ft	1247 ft
Caudal Pies 3/seg	3580	3520



Cuenca de: Qda. LA MONA
Tomado de Mapas del I.G.C.R.
ESCALA 1: 50000

	A-B-C
Area de la cuenca	1896. Ac
Long. del cauce	14.502 Ft
Caída del cauce	1.443.6 Ft
Caudal Pies 3/seg	4290



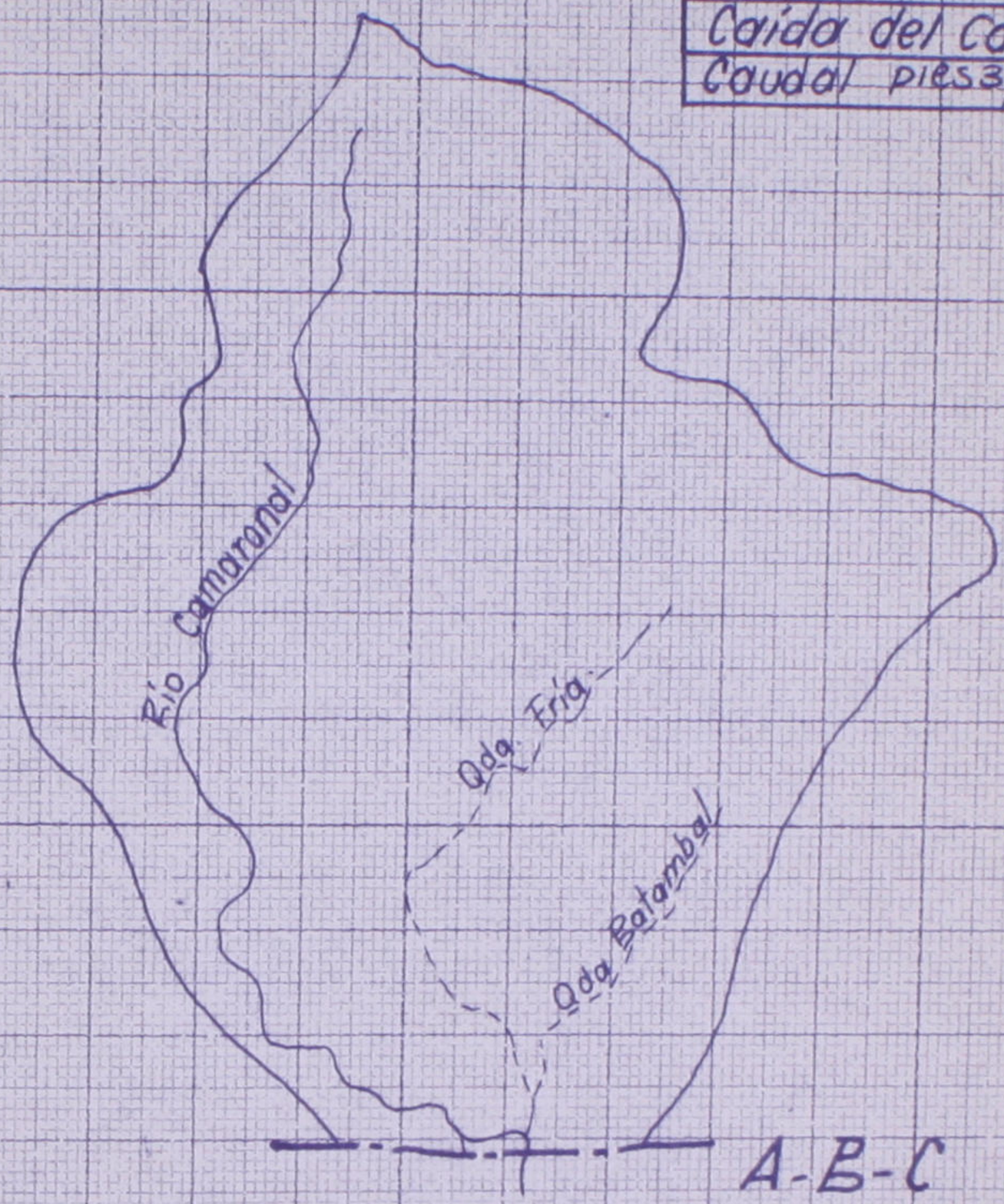
Cuenca de: Qda. SECA
Tomado de: Mapas del I.G.C.R
ESCALA: 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	4624 Ac.
Longitud del Cauce	22147'
Caída del Cauce	2067'
Caudal Pies 3/seg	14000



Cuenca del : RIO PORTALON
Tomado de: Mapas del I.G.C.R.
ESCALA : 1:50000

	A-B-C
Area de la Cuenca	3595 Ac.
Long. del Cauce	21162'
Caida del Cauce	1509'
Caudal pies3/seg.	6100



Cuenca de: RIO CAMARONAL
Tomado de Hojas del I.G.C.R.
ESCALA 1:50000