



ESTUDIO DE CRECIDA MAXIMA

ESTERO CATENU EN DESEMBOCADURA

FERNANDO RODRIGUEZ ROA
Ingeniero Civil

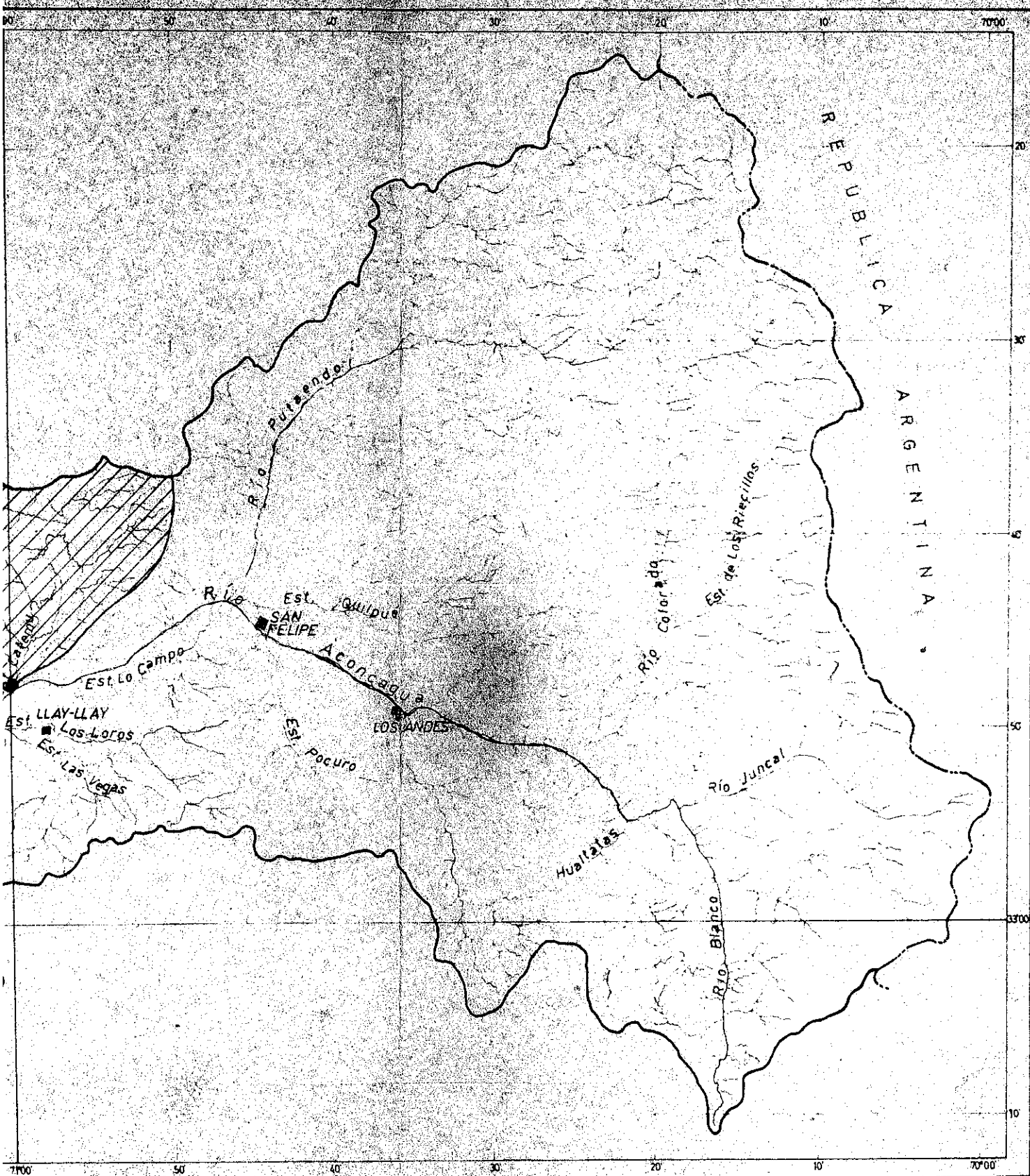
SANTIAGO, Diciembre de 1971

I.- OBJETIVO

El Departamento de Diseño de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Chile está proyectando actualmente, por intermedio del 2° Año de Diseño Paisajista, un Balneario Popular en la Plaza del Estero Santa Rosa de Catemu. La zona está ubicada relativamente cerca de la desembocadura del estero al río Aconcagua.

El balneario, colindante a una de las riberas del Estero, deberá disponer de un sector con aguas de poca velocidad, tipo piscina, para los bañistas.

El diseño más económico de posibles defensas laterales, como asimismo las necesidades de determinar la influencia que tendrían eventuales crecidas en las instalaciones del balneario, motivaron la realización del presente estudio a solicitud expresa de los interesados, que tiene por objeto calcular la magnitud de las crecidas máximas para distintos períodos de ocurrencia.



II.- INTRODUCCION

La magnitud de una crecida no solamente dependerá de la intensidad del temporal que la produce y de la superficie de la cuenca receptora. Existen otros factores, propios de cada cuenca, que influyen y condicionan la formación de una crecida. Entre estos factores tenemos las características geográficas y geológicas de la hoya que determinan la velocidad de propagación de la onda de crecida, fenómeno que derivará básicamente de la densidad de la red de drenaje, de la sección, rugosidad y pendiente de los cauces, y de la forma y orientación de la cuenca.

Hay además otras variables que intervienen en el proceso, como son la intercepción por el follaje, la evapotranspiración y la infiltración. Por otra parte las condiciones climatológicas anteriores al temporal tienen una influencia que puede ser importante, ya que si ha habido precipitaciones el terreno estará húmedo y la infiltración será menor, aumentando la escorrentía.

La falta general de datos y la dificultad de reunir todos los factores enunciados anteriormente hacen que el problema de cálculo de una crecida sea complejo.

Se han adoptado tres métodos diferentes para la determinación de la crece en cuestión:

- a) Método empírico
 - b) Método estadístico
 - c) Método del hidrograma unitario
- los cuales se desarrollan a continuación:

III. Metodología de Cálculo.-

a) Método empírico:

Existen diversas formulas para determinar los caudales máximos de crecidas, sin embargo sus coeficientes han sido deducidos en base a cuencas determinadas con características climatológicas, hidrológicas, geológicas, geográficas definidas. Por esta razón los valores aquí calculados serán considerados solamente a modo comparativo con los calculados en base al hidrograma unitario y al método estadístico.

SANTI:

$$Q = C \times S^{1/2} \quad (m^3/s)$$

$$S = 320 \text{ Km}^2 \text{ (Superficie cuenca E. Catemu)}$$

$$C = 33 \text{ para un periodo de retorno de 100 años}$$

$$Q = 590 \text{ m}^3/s$$

SGIMENI:

$$Q = \left(\frac{600}{S+10} + 1 \right) S \quad (m^3/s)$$

$$Q = 900 \text{ m}^3/s$$

PAGLIARO:

$$Q = \frac{2900}{90+S} \cdot S \quad (m^3/s)$$

$$Q = 227 \text{ m}^3/s$$

GAUGUILLET:

$$Q = \frac{25 S}{5 + \sqrt{S}} \quad (m^3/s)$$

$$Q = 350 \text{ m}^3/s$$

MAC-MATH:

$$Q \text{ (lts/seg.)} = k P S^{0.58} i^{0.42}$$

S = superficie cuenca en hectáreas

P = Máxima precipitación en mm en 24 horas

i = pendiente en milésimas

k = 0,11; 0,22; 0,43, para periodos de retorno de 5,10 y 50 años respectivamente

Resultados obtenidos:

<u>T (años)</u>	<u>Q (m³/s)</u>
50	79.0
10	29.6
5	12.3

Se asumió una pendiente media del R. Cateanu de $i = 3\%$. Respecto a las lluvias se consideraron las máximas en 24 horas registradas en la estación de Salesianos en Cateanu (Ver anexos y Fig. 1).

b) Método estadístico:

Este método consiste en determinar las crecidas de un río a partir del análisis probabilístico de una serie de caudales máximos conocidos.

La Dirección de Riego instaló una estación limnográfica en la desembocadura del R. Cateanu en Julio de 1962. La estadística de gastos medios diarios controlada en esta estación de sección natural irregular, con abundante vegetación, es poco confiable, sin embargo a falta de otros antecedentes fluviométricos para el cálculo de las creces del estero se considerará.

A continuación se indican los gastos medios diarios máximos anuales registrados:

AÑO	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Q d máx. (m ³ /s)	3.2	4.2	2.8	75.0 *	21.0 *	7.3	6.6

* : En 1965 la crece se llevó el limnómetro, razón por la cual faltan algunos meses de estadística. Algo similar ocurre en 1966.

Calculados los periodos de retorno para los gastos señalados se graficaron en Fig. 4.

Como en el presente caso existen únicamente datos diarios, se determinaron los gastos máximos instantáneos haciendo uso de la fórmula de Fuller:

$$Q_1 = c \cdot Q_d$$

siendo: $c = 1 + \frac{2.7}{S^{0.3}}$

S = superficie cuenca en Km² (320)

En esta forma se obtuvo:

T (años)	Q_d (m ³ /s)	Q_1 (m ³ /s)
5	29	43
10	56	83
25	89	132
50	114	170
100	139	206

c) Método del hidrograma unitario:

La onda de crecida producida por una lluvia efectiva unitaria, caída en un tiempo unitario es conocida como hidrograma unitario.⁽¹⁾

Este método supone linealidad entre la precipitación efectiva y el gasto escurrido, vale decir que para determinar la crece producida por una lluvia cualquiera de tiempo unitario basta multiplicar las ordenadas del hidrograma unitario por la magnitud de la precipitación efectiva producida.

En el caso de que se desee determinar la onda de crecida producida por una lluvia cualquiera en un tiempo cualquiera, se deberá descomponer ésta en lluvias de tiempo unitario y aplicar el principio de superposición o suma de creces de tiempo unitario desfasadas en tiempos unitarios, el cual se acepta como válido.

Vale decir que conocido el hidrograma unitario y los déficits de escurrimiento se puede determinar la crece generada por cualquiera lluvia:

(1) Lluvia efectiva es la parte de la precipitación que escurre, siendo el "déficit de escurrimiento" las pérdidas de agua que

1.- Cálculo del déficit de escurrimiento.

La determinación del déficit de escurrimiento es uno de los problemas hidrológicos más difíciles de solucionar. Su magnitud depende en gran medida del estado de humedad del suelo al producirse la lluvia y de la concentración o intensidad de ésta.

De la estadística fluviosométrica de E. Catemu en deseñ bocadura se han seleccionado 6 crecidas que corresponden a las de mayor significación, de acuerdo a la magnitud del gasto peak escurrido:

<u>Fecha</u>	<u>Q_{peak} (m³/s)</u>
25 Julio 65	75.0
12 - 19 Julio 66	21.0 - 10.7
14 - 16 Junio 66	4.8 - 6.3
4 Junio 67	6.5
17 Julio 67	7.3
11 Septiembre 67	6.2

Las crecidas de Julio 65, Julio 66 y Junio 66 no se estudiaron. La primera por estimarse poco confiable el valor medio de 75.0 m³/s, y las otras dos por presentar dos peaks bien marcados, cuya separación de hidrogramas, si bien es posible, no tendrían el mismo grado de precisión que las tres crecidas restantes consideradas.

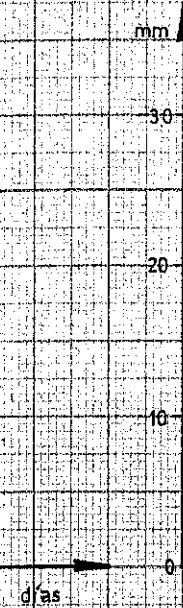
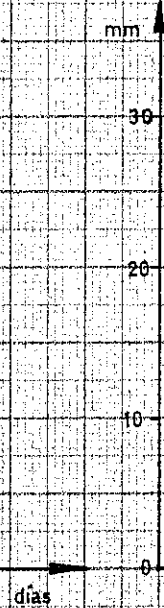
Resultados obtenidos (área cuenca = 320 Km²):

<u>Fecha</u>	<u>Precipit. escurrida(1)</u>	<u>Lluvia caída</u>	<u>Coef. escurrentia</u>	<u>Déficit</u>
4 Junio 67	0.8	14.5	5.6%	13.7
17 Julio 67	2.7	43.0	6.2%	40.3
11 Sept. 67	1.6	38.0	4.2%	36.4

(1): La precipitación escurrida (mm) se calculó en base a las áreas de las ondas/crecidas registradas.

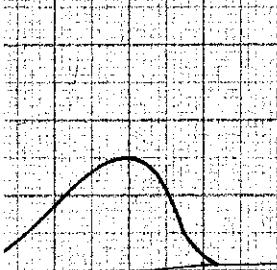
PLUVIOGRAMAS

FIG. 5

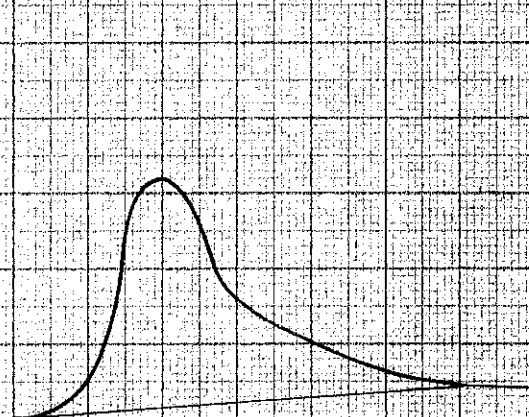


HIDROGRAMAS

Q
(m³/s)



Q
(m³/s)



JUNIO 1967

SEPTIEMBRE 1967

JULIO 1967

3 4 5 6 7 8 (días) 8 9 10 11 12 13 14 15 16 (días) 15 16 17 18 19 20 21 (días)

Como se observa en el cuadro los valores del déficit de escurrimiento son similares a los de la lluvia caída, lo cual está indicando que para precipitaciones más altas es posible tener también déficits más altos.

Considerando la falta de antecedentes al respecto se han adoptado los valores medios considerados para La Ligua en el estudio del Mejoramiento del Regadío de los Valles Ligua y Peterca (PROAS):

Déficit diario de escurrimiento

1er día	50 mm
2o día	35 mm
3o día	30 mm
4o día	25 mm

Estos valores serían aplicables a precipitaciones que duren en forma continuada más de 24 horas, como es el caso de los temporales críticos de probabilidad de recurrencia alta que se desea determinar.

2.- Hidrograma unitario.-

Se consideró como hidrograma unitario la onda de crecida que representa el volumen de agua escurrido equivalente a una lluvia efectiva de 1 mm que ha sido generada por una precipitación caída en la hoya durante 24 horas. En esta forma, dividiendo las ordenadas de las tres ondas de crecidas consideradas (Fig. 5) por la lluvia efectiva correspondiente se obtuvieron tres hidrogramas unitarios, los cuales en valores acumulados se graficaron en Fig. 6 (a), de donde se obtuvo el hidrograma unitario definitivo indicado en Fig. 6 (b)

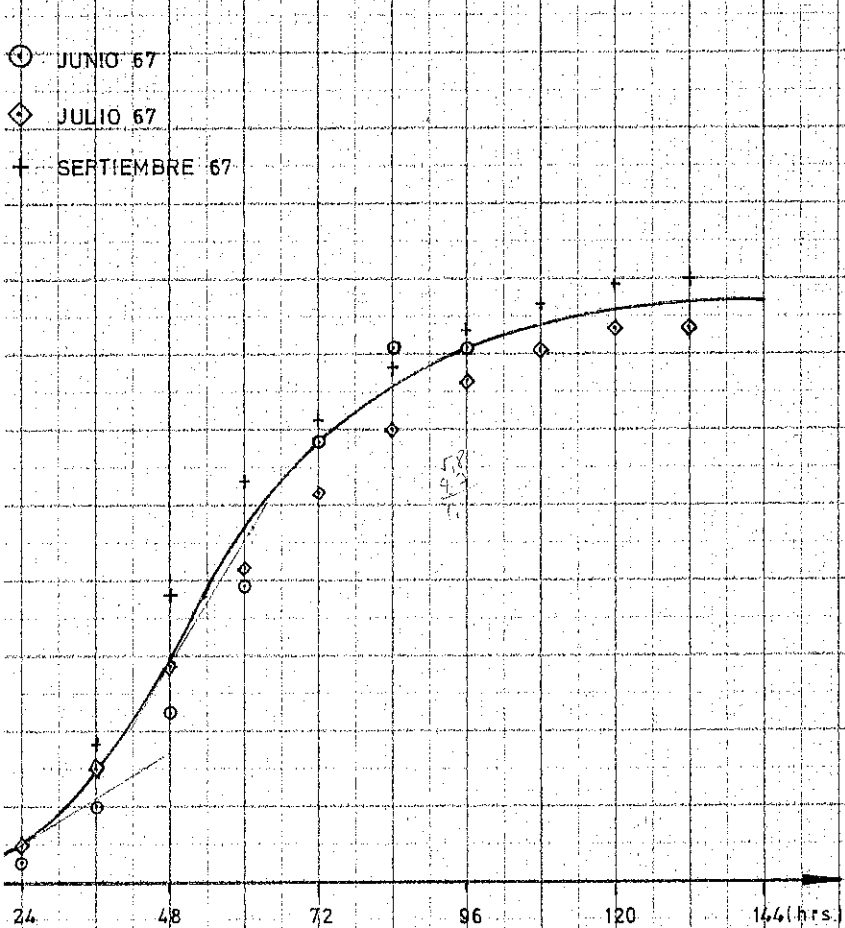
3.- Determinación de temporales críticos y cálculo de crecidas correspondientes.-

Los temporales que producen las grandes crecidas duran hasta 3 y 4 días, lo cual implica analizar la magnitud de las precipitaciones máximas en 1, 2, 3 y 4 días para distintas probabilidades, a fin de determinar las crecidas correspondientes con el objeto de ver cuál es la que produce el máximo gasto peak.

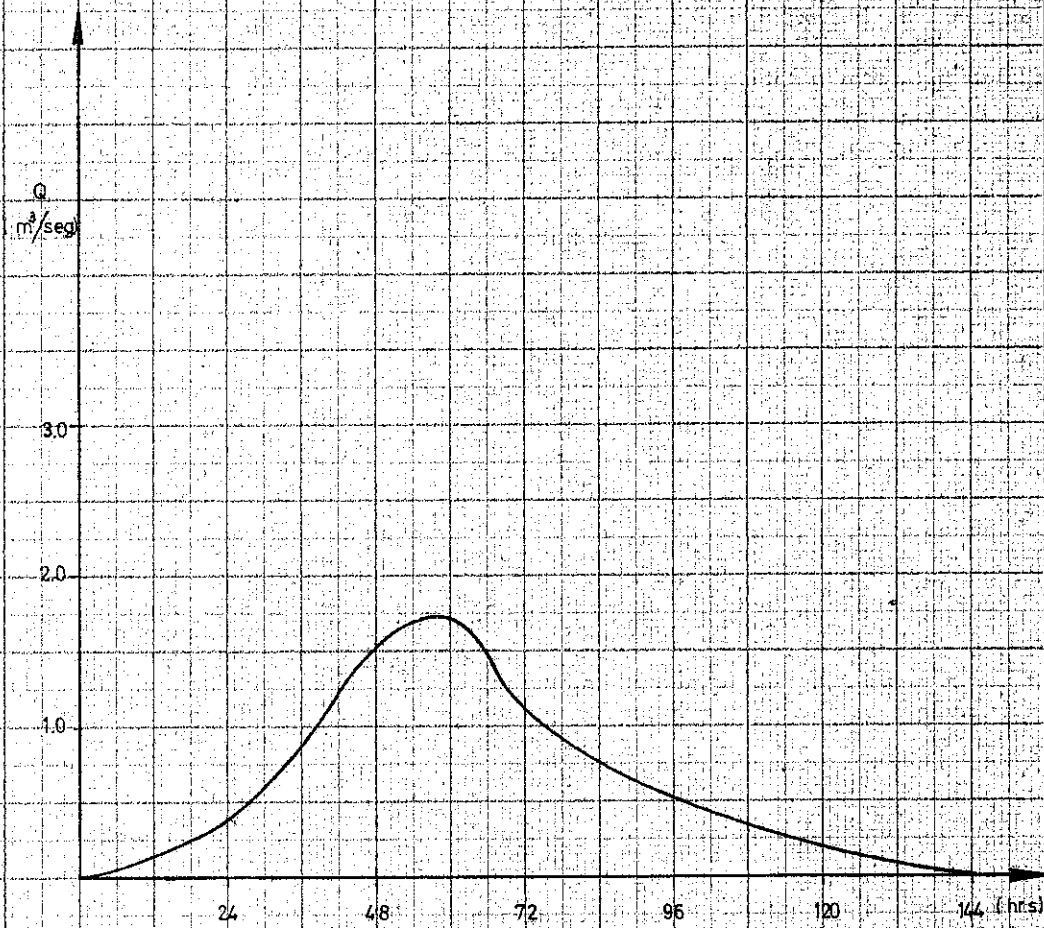
FIG. 6

HIDROGRAMA UNITARIO E. CATEMU EN DESEMBOCADURA

○ JUNIO 67
◇ JULIO 67
+ SEPTIEMBRE 67



(a)



(b)

Considerando las lluvias máximas anuales de 1,2 y 3 días de duración registradas en la estación pluviométrica de Salesianos de Catemu que controla la Dirección de Riego, se determinaron las figs. 1, 2 y 3. No se consideraron las lluvias de 4 días porque como puede apreciarse en los anexos, éstas prácticamente coinciden con las de 3 días.

Se observó en las estadísticas pluviométricas que las lluvias máximas caen el primer día declinando hacia el tercero.

De los gráficos mencionados se obtiene:

	(mm)				
T (años)	5	10	25	50	100
24 horas	65	77	92	105	117
48 horas	104	132	167	195	222
72 horas	105	140	186	220	250

Considerando los déficits de escurrimiento señalados anteriormente se determinaron las precipitaciones efectivas:

	(mm)		
T (años)	1er día	2o día	3o día
5	15	4	--
10	27	20	--
25	42	40	--
50	55	55	--
100	67	70	--

Haciendo uso del hidrograma unitario se tiene:

T (años)	5	10	25	50	100
Q _{peak} (m ³ /s)	30	64	107	143	180

(2): Debido a la falta de otros antecedentes se ha tenido que trabajar con precipitaciones de 24 horas, lapso demasiado grande para el tamaño de la hoya en estudio.

IV. Conclusiones.-

Referente al uso de fórmulas empíricas para el cálculo de crecidas cabe mencionar que en general, como puede observarse, el objeto de éstas es solamente acotar el problema por arriba, pero no pretenden dar una estimación de la crece y siempre es aconsejable usar más de una fórmula debido a que ellas han sido deducidas para zonas determinadas con características específicas.

En el caso particular de la fórmula de Mac-Math que proporcionó valores muy inferiores a los reales, es probable su aplicación sea efectiva a cuencas más pequeñas y/o regiones más áridas. Esta presunción se desprende del hecho que esta fórmula viene expresada en lts/seg..

Los resultados obtenidos con el método estadístico y con el método del hidrograma unitario, no obstante presentan discrepancias hasta de un 30%, puede afirmarse se confirman mutuamente. Dicho porcentaje de error, dados los escasos antecedentes disponibles es plenamente aceptable.

Como valores finales se adoptarán, por el lado de la seguridad, los determinados a partir del método estadístico que son levemente superiores:

Período de retorno (años)	5	10	25	50	100
Q_{peak} (m ³ /s)	43	83	132	170	206

A N E X OI. Lluvias máximas anuales en Salesianos de Catemú (mm)

<u>Año</u>	<u>24 horas</u>	<u>48 horas</u>	<u>72 horas</u>	<u>96 horas</u>
1954	34	40	40	40
1955	13	26	26	26
1956	32	32	32	32
1957	89	169	188	188
1959	91	91	91	91
1963	46	73	89	89
1964	36	36	36	36
1965	68	133	133	133
1966	34	66	67	67
1967	32	38	39	43
1968	14	14	14	14
1970	44	58	58	58
1971	46	70	75	81

BIBLIOGRAFIA

- Métodos Prácticos de Estimación de Crecidas (R. Las Heras)
- Hidrología Aplicada (Ven Te Chow)
- Apuntes de Hidrología (B. Espildora)
- Mejoramiento del Regadío de Ligua y Petórea (PROAS)
- Diseño de Presas Pequeñas (Bureau of Reclamation U. S. A.)
- Hidrología Río Blanco (J. Tolosa)



SALESIANOS EN CATEMU
LLUVIAS MAXIMAS EN 24 Hrs.
(mm)

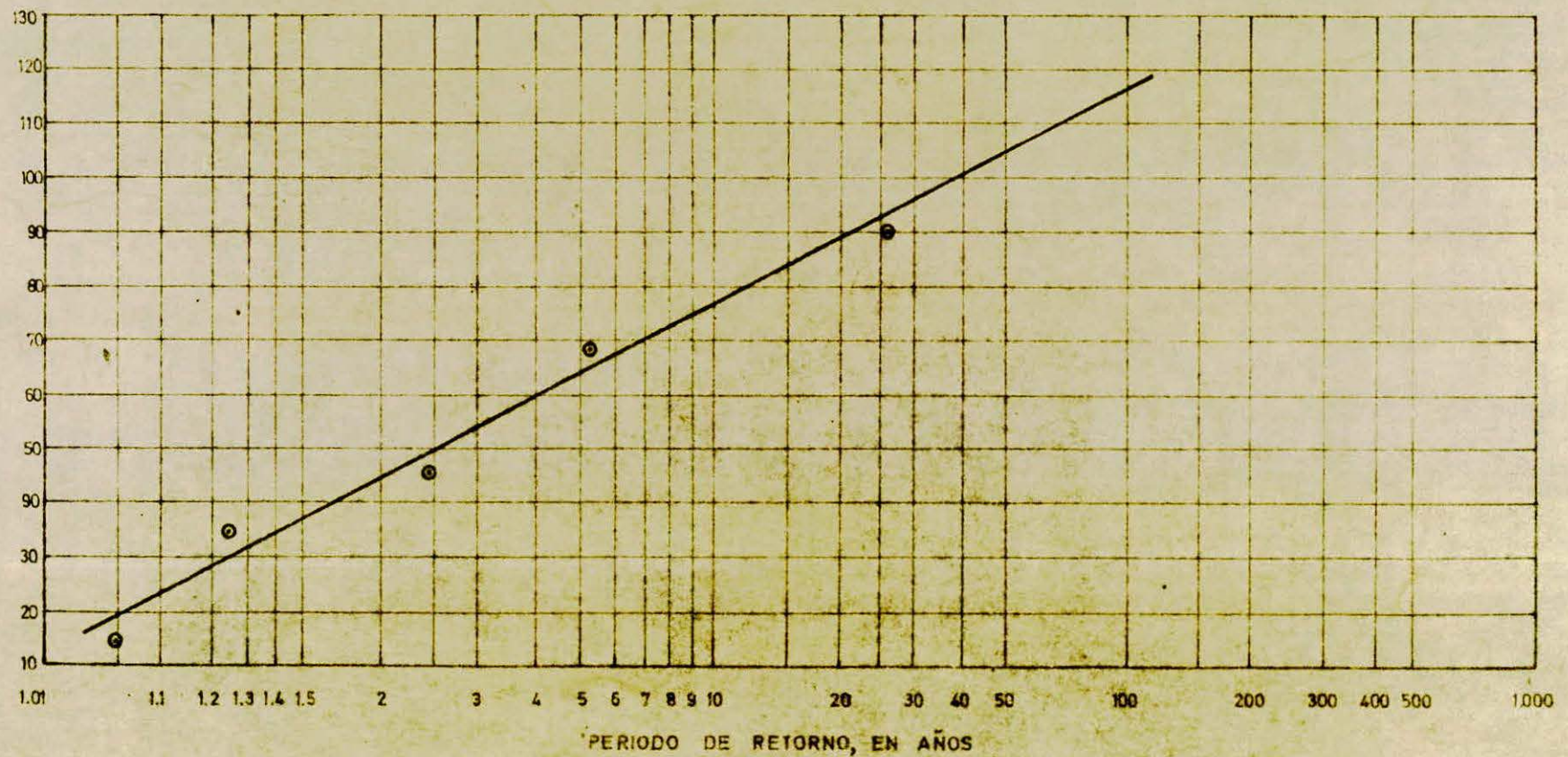


FIG. 1

SALESIANOS EN CATEMU
LLUVIAS MAXIMAS EN 48 Hrs.
(mm)

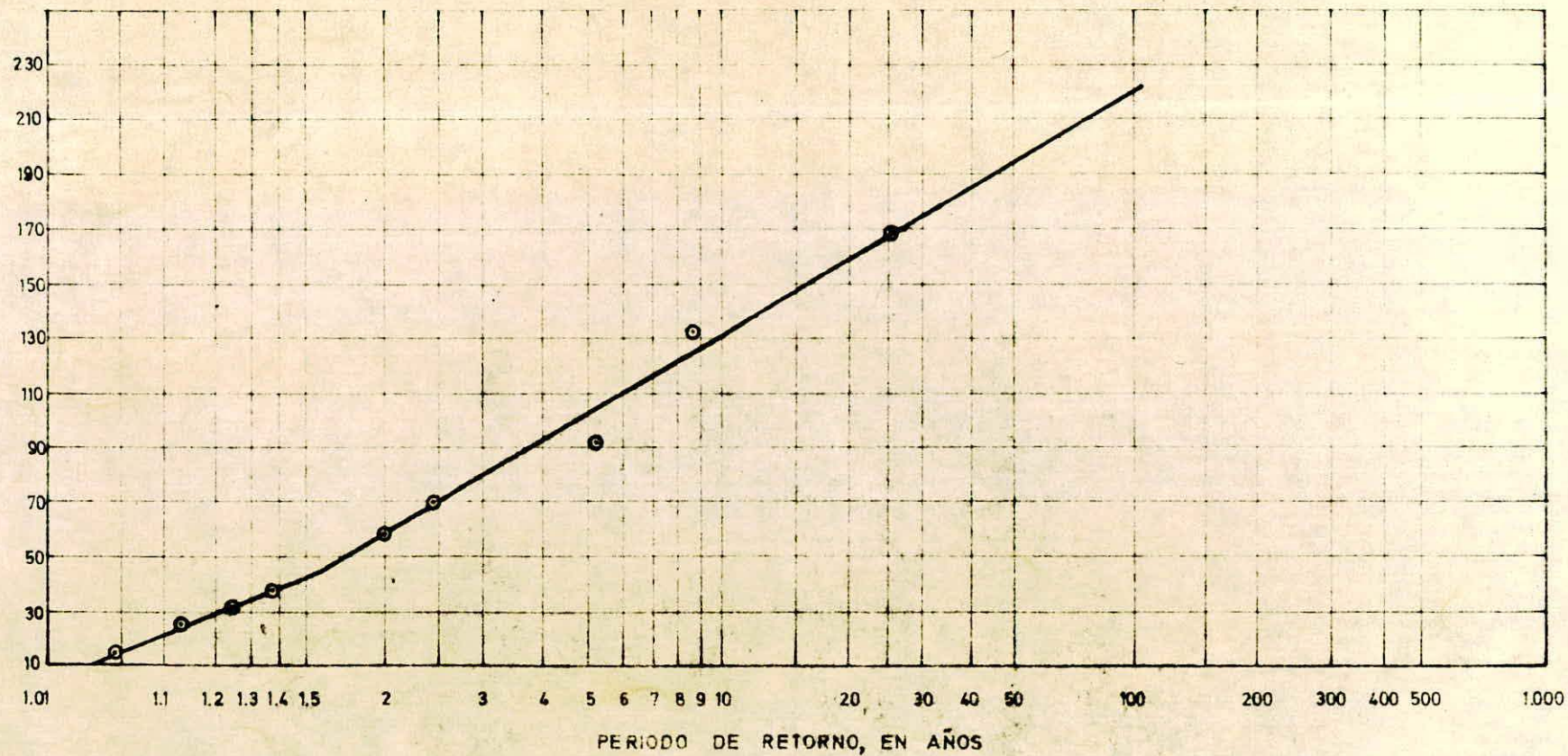


FIG.2

SALESIANOS EN CATEMU
LLUVIAS MAXIMAS EN 72 Hrs.
(mm)

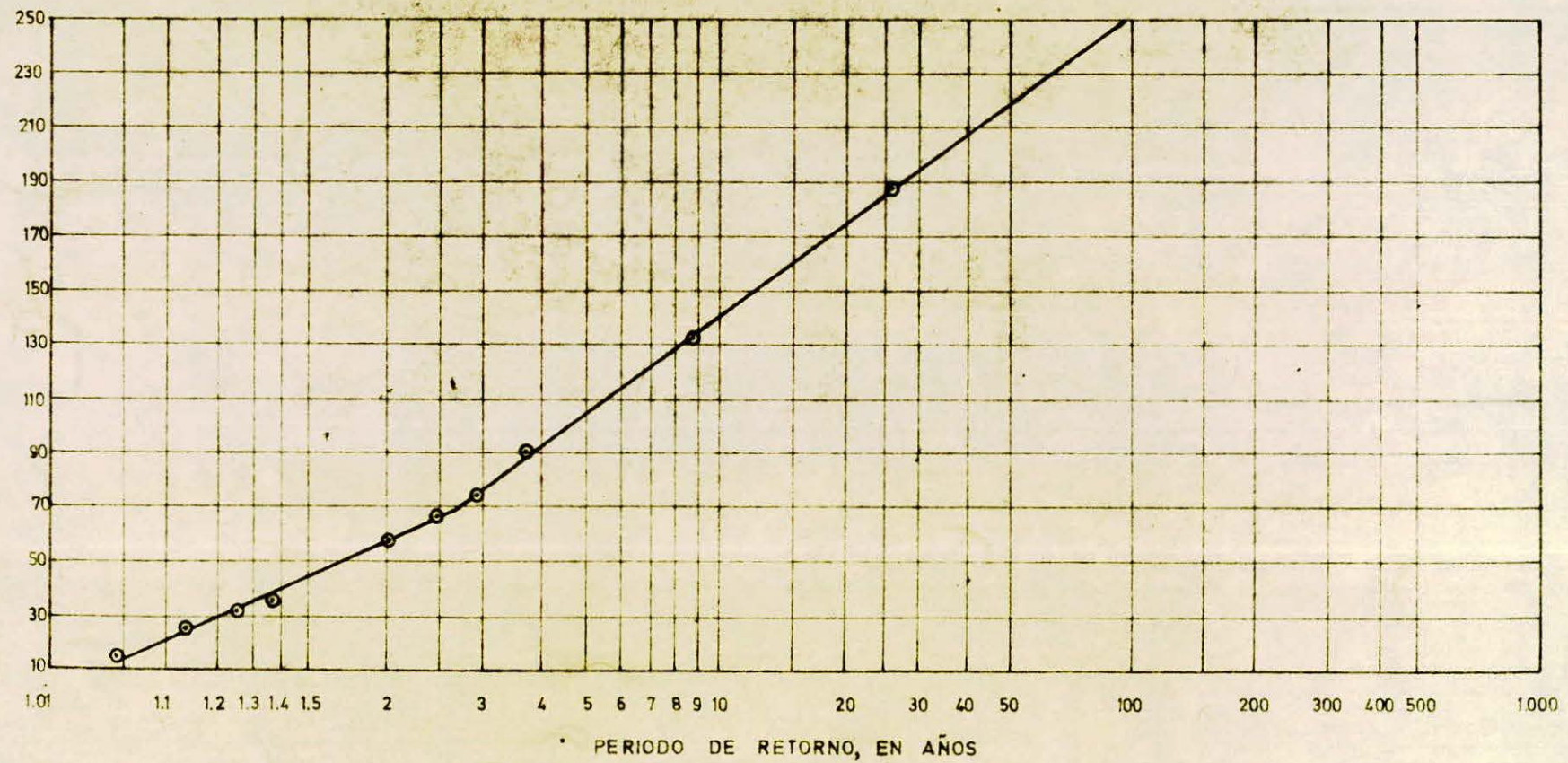


FIG. 3

E. CATEMU EN DESEMBOCADURA
GASTOS DIARIOS MÁX. ANUALES
(m^3/s)

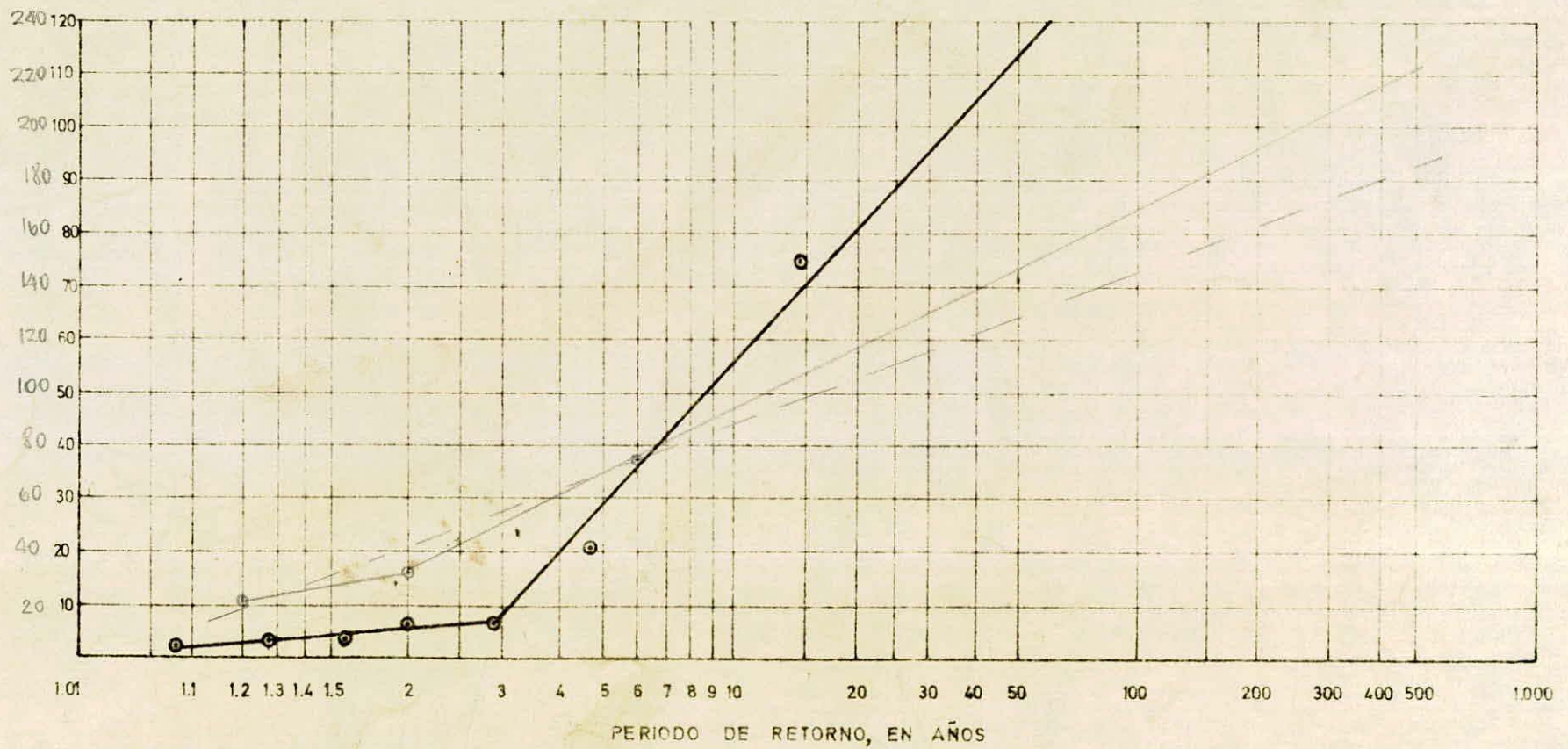


FIG.4