

O
X.12
C26a
IV

MFN-9

38598

IV

PROVINCIA DE SANTA FE

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROGRAMA DE DESARROLLO
DE PROYECTOS VIALES



Avenida de Circunvalación
a la ciudad de Santa Fe.
Tramo Ruta Nacional Nº11 -
Autopista Rosario / Santa Fe.

PROYECTO HIDRAULICO
OBRAS DE DESAGÜE AREAS I Y II.

Informe Parcial Nº 1.

O/X 12
C26a
IV

Santa Fe, Enero 1994.

T1132
H.32
H2226

EQUIPO DE TRABAJO

EXPERTO: Ing. Omar Ulises ROMERO.

COLABORADOR: Lic. Angel Alberto CAPPELLETTI.

AYUDANTE ADMINISTRATIVO: Gabriel Eduardo SORBELLINI.

Ingeniería Industrial; Electrónica; Hidráulica
Carb. Inerte; Hidrología; Hidrología; Siste
mas de Medicación; Servicios de Saneamiento
- Construcción de
- - - - -

INDICE

- I. INTRODUCCION
- II. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION EXISTENTE
 - II.1. Recopilación de antecedentes
 - II.2. Descripción de la problemática
- III. ESTUDIOS HIDROMETEOROLOGICOS
 - III.1. Características generales del área de estudio
 - III.2. Pluviometría
 - III.3. Pluviografía
- IV. HIDROLOGIA DE PROYECTO
 - IV.1. Introducción
 - IV.2. Delimitación de cuencas
 - IV.3. Uso del suelo
 - IV.4. Recurrencia de diseño
 - IV.5. Determinación de la Tormenta de diseño
 - IV.6. Metodología para el cálculo hidrológico
- V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INDICE DE PLANOS

Nº de Orden	Denominación
01	Desagües Pluviales Existentes y Proyectados
02	Desagües Pluviales Existentes y Proyectados
03	Escorrentamiento Superficial
04	Escorrentamiento Superficial

INDICE DE FIGURAS

Nº de Orden	Denominación
I	Area de estudio.
II	Areas de aportes a la Estaciones de Bombeo Nº 1, 2 y 3.
III	Isoyetas medias anuales.
IV	Comparación de registros de Estaciones Pluviométricas. Método de doble masa.
V	Curva intensidad-duración-recurrencia. Estación INTA (Paraná).
VI	Curva intensidad-duración-recurrencia. Comparación con otras estaciones. 2 años.
VII	Curva intensidad-duración-recurrencia. Comparación con otras estaciones. 5 años.
VIII	Curva intensidad-duración-recurrencia. Comparación con otras estaciones. 10 años.
IX	Tormenta de diseño. Curva de posibilidad pluviométrica.
X	Tormenta de diseño. Selección de la duración.
XI	Recurrencias de diseño. Areas de aplicación.
XII	Hietograma de diseño, Hidrogramas de llegada al canal reservorio.
XIII	Hidrograma de llegada al Lago 1.

INDICE DE CUADROS

Nº de Orden	Denominación
III.1	Información pluviométrica.
III.2	Precipitaciones máximas anuales.
IV.1	Curvas de posibilidad Pluviométrica.
IV.2	Tormenta de diseño.
IV.3	Método de la Curva Número.
IV.4	Coefficiente de rugosidad.
IV.5	Parámetros hidrológicos calculados.
IV.6	Coefficiente de escorrentía

1. INTRODUCCION

En el presente informe se presenta un Informe de Avance que incluye los hidrogramas de proyecto y los estudios realizados para tal fin, con el objeto de diseñar las obras hidráulicas correspondientes al Proyecto de la Avda. de Circunvalación en el tramo comprendido entre la Ruta Nacional N° 11 y la Autopista Santa Fe - Rosario. El área de estudio abarca una superficie de aproximadamente 974 has (Fig. N° I).

II. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION EXISTENTE

II.1 Recopilación de antecedentes

Con el objeto de evaluar la red de drenaje existente, conocer el estado actual y su problemática, se investigó toda información vinculada con este tema en los organismos competentes.

La ciudad cuenta con planchetas topográficas que cubren toda el área urbana, elaboradas en base a fotografías aéreas tomadas en Octubre de 1968 y ejecutadas por SPARTAN AIR SERVICES S.A., en escala 1:5000, las que fueron utilizadas como base para verificar la planialtimetría actual. Se utilizaron fotografías aéreas del año 1986, a escala 1:5000, pertenecientes al Plan Lote, MOSPyV de la Provincia de Santa Fe, para actualizar la información antes citada.

En cuanto a la red de desagües existentes, se consiguieron algunos planos de proyecto y/o conforme a obra en la Dirección de Hidráulica y Obras Sanitarias de la Municipalidad de Santa Fe. A los efectos de compatibilizar el Anteproyecto de Saneamiento Urbano de la Ciudad de Santa Fe, realizado por Agua y Energía Eléctrica durante los años 91/92, con las obras hidráulicas a proyectarse en la zona de la traza de la Avda. de Circunvalación y la Autopista Santa Fe - Rosario, se procedió a analizar el mismo. En los Planos N° 1 y 2, se volcaron las trazas de los desagües existentes y los proyectados por A.y E.E..

II.2 Descripción de la problemática

La ciudad de Santa Fe posee actualmente un sistema de drenaje superficial compuesto, en parte, por conductos subterráneos y el resto, por cunetas y canales excavados en tierra. Los primeros se encuentran ubicados, generalmente, en las áreas más urbanizadas, con la casi totalidad de las calles pavimentadas, y los segundos corresponden a zonas con menor grado de urbanización y con mayor proporción de calles de tierra.

El sistema de drenaje existente en parte del área de estudio, capta y transporta los escurrimientos superficiales hacia las estaciones de bombeo ubicadas a la vera del río Salado. En el resto del área, la descarga es por gravedad (ver Figura N° II).

En general, los conductos existentes totalizan 13860 m, los canales a cielo abierto 12950 m, y funcionan tres

estaciones de bombeo ubicadas sobre el terraplén Yrigoyen (ver Planos N° 1 y 2).

El problema de drenaje urbano que se presenta en la actualidad se debe a un conjunto de variables, las que coadyuvan, con diferente incidencia, a los comunes anegamientos que se aprecian, no tan sólo en la áreas periféricas, sino también, en zonas céntricas con importante actividad comercial.

El principal problema es que la zona carece en general de un sistema de colectores de drenaje; donde gran parte del éjido urbano se encuentra muy urbanizada, con una alta densidad de población, y la mayoría de las calles pavimentadas.

La escasa red de desagües existente presenta, en general, una dirección Este-Oeste. Caracterizándose por su gran longitud, escasos ramales transversales y por la gran densidad de conducciones en contraposición a zonas desprovistas de drenaje, no pudiendo diferenciarse con claridad las conducciones primarias, secundarias, terciarias, etc.

Otro elemento de juicio destacable es el uso de conductos circulares, los que al requerir una mayor tapada inicial dan como resultado cotas de llegada muy bajas.

Esto, sumado a que la napa freática se encuentra cerca de la superficie del suelo en las zonas de descarga, provoca la presencia de agua por encima de la solera de los conductos en forma permanente, limitando aún más a la de por sí insuficiente capacidad de conducción.

Otro inconveniente que se presenta es que luego de finalizada una lluvia de regular magnitud, la permanencia del agua en las calles es bastante prolongada. Esto se debe a la falta de un reservorio en la zona de las estaciones de bombeo para almacenar los escurrimientos; lo que origina que esté directamente relacionada la permanencia del agua en las calles con la potencia instalada en las casabombas y la eficiencia en el funcionamiento de las mismas.

Desde el punto de vista sanitario, se han verificado problemas de polución en algunos desagües de la red, con presencia de descargas cloacales, aún en zonas provista de desagües específicos, y con desechos sólidos, generalmente bolsas de residuos, que se encontraron en los desagües a cielo abierto, canales y conductos rotos sin reparar.

III. ESTUDIOS HIDROMETEOROLOGICOS

III.1. Características generales del área de estudio

La ciudad de Santa Fe se encuentra ubicada a los 31 grados 14 minutos de latitud Sur y a los 60 grados 4 minutos de longitud Oeste, sobre la margen derecha del río Paraná.

La extensión territorial del municipio abarca una superficie de 76300 ha, de las cuales el 88% pertenece a zonas de río, lagunas, islas y bañados.

La población en la jurisdicción municipal, de acuerdo a los datos del Censo 1991 es de, aproximadamente, 354000 habitantes y la tasa de crecimiento anual estimada es de 1.90 % según datos del IPEC (Ref N° 10).

La ciudad posee temperaturas máximas medias de 24°C y mínimas medias de 14°C con valores picos de 40°C y -5°C, respectivamente.

La precipitación media anual es de 982 mm, con máximos de 1485 mm y mínimos de 830 mm, en la serie 1971/1980 (Figura N° III).

En cuanto a la humedad relativa su valor medio anual es de 77% y la presión atmosférica media es de 758 mm de mercurio.

Estos valores corresponden a la Estación Meteorológica de Sauce Viejo .

III.2. Pluviometría

Al constituir las precipitaciones el fenómeno generador de los escurrimientos superficiales, su conocimiento es imprescindible para poder concretar el estudio de drenaje de la ciudad.

La ciudad de Santa Fe no posee registros confiables que permitan realizar un análisis de precipitaciones de duraciones menores a 24 horas, por lo cual se contrastaron los datos pluviométricos de Santa Fe y Paraná para validar la serie y poder adoptar datos confiables.

Estos estudios, al ser de índole estadística, necesitan una larga serie de registros de precipitaciones de la ciudad y sus alrededores. Por consiguiente, el primer paso

fue recopilar en diversos organismos los datos existentes, obteniéndose los montos diarios de precipitaciones correspondientes a las series que se presentan en el Cuadro N° III.1.

CUADRO N° III.1

INFORMACION PLUVIOMETRICA

LUGAR	SERIE	FUENTE
SANTA FE (FCGMB)	1955-1990	FCGMB
PARANA (Aeropuerto)	1953-1978	DPH
PARANA (INTA)	1955-1990	INTA

Los datos fueron contrastados por el método de doble masa, obteniéndose el mejor contraste entre los valores anuales de Paraná (INTA) y Santa Fe (FCGMB) (Figura N° IV).

La media de la serie de Paraná (INTA) para el período de análisis es de 1034 mm, mientras que la correspondiente a Santa Fe es de 982 mm. La otra estación de la ciudad de Paraná fue descartada por tener la serie de datos incompleta, considerándose más adecuada la de Paraná-INTA para vincular precipitaciones entre Santa Fe y Paraná. Posteriormente se realizó un estudio de máximos precipitados para diferentes duraciones aplicando la distribución de Gumbel. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° III.2.

CUADRO N° III.2

PRECIPITACIONES MAXIMAS ANUALES

R (años)	SERIE PARANA (INTA) Días					SERIE SANTA FE Días				
	1	2	3	4	7	1	2	3	4	7
2	88	106	117	124	148	84	102	113	120	139
5	123	150	165	173	206	114	145	156	166	195
10	147	179	196	205	245	134	173	185	197	232
25	176	216	236	247	294	160	208	222	236	278
50	198	243	266	277	330	178	235	249	265	313

III.3. Pluviografía

Al tratarse el presente de un estudio hidrológico de cuencas urbanas de pequeña y mediana magnitud, las características de los escurrimientos generados en ocasión de eventos pluviales, responden a los montos precipitados según intervalos de tiempo del orden de pocos minutos; por lo tanto, es imprescindible contar con una caracterización estadística de las precipitaciones según períodos de corta duración.

Dado que los datos básicos para estos estudios son los registros pluviográficos, y que no se cuenta con series confiables en Santa Fe, se trabajó con información de Paraná en función de haberse demostrado una alta correlación en las series pluviométricas de ambas ciudades.

En este caso, se proyectó en base a la información existente desde 1964 en la Estación Agropecuaria Experimental de Paraná del INTA, teniendo en cuenta las curvas I-D-R calculadas por el citado organismo (Figura N° V).

A su vez, se contrastaron las curvas I-D-R de Paraná con las de otras localidades, verificándose que para la recurrencia de diseño no existen variaciones significativas, por lo cual se adoptaron las curvas de INTA- Paraná para el diseño de la red de drenaje.

En las Figuras N° VI, VII y VIII, se presentan las curvas correspondientes a 2, 5 y 10 años de recurrencia con duraciones comprendidas entre 5 minutos y 12 horas, y se brindan los años límite de cada serie.

IV. HIDROLOGIA DE PROYECTO

IV.1. Introducción

El objetivo de los estudios hidrológicos es la obtención de caudales máximos e hidrogramas para brindar datos de diseño para canales, conductos y obras complementarias.

Para el diseño de las obras hidráulicas de la traza de la Avda. de Circunvalación, se contemplaron una serie de estudios realizados; en el Anteproyecto de Saneamiento Urbano por A.y E.E., donde parte de ellos se encuentran volcados en los planos N° 1, 2, 3 y 4:

- límite de área de estudio
- dinámica hídrica superficial
- traza de los desagües proyectados
- características hidráulicas de los mismos

El motivo de considerar estos items del citado proyecto, es que la Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe, ha adoptado al mismo como Plan de Director de Drenaje Urbano, teniendo previsto su construcción por etapas.

Para la obtención de hidrogramas en la zona de descarga por la red existente y la proyectada por A.y E.E., se utilizó el modelo OTTHYMO.

Los diferentes trabajos básicos realizados fueron: delimitación de cuencas, obtención de parámetros característicos de la geometría de las mismas, determinación de los tipos y usos del suelo desde el punto de vista hidrológico y recopilación de las pautas generales de crecimiento de la ciudad para la estimación de la ocupación futura del terreno.

IV.2. Delimitación de cuencas

Para la determinación de las divisorias de aguas se procedió a relevar, en primer lugar, las áreas de aportes a los desagües existentes, posteriormente se determinó en cada esquina la dirección de los badenes, obras de paso existentes y la correspondiente a los conductos proyectados.

IV.3. Uso del suelo

Se realizó un estudio expeditivo para determinar

las características de la ocupación del suelo en las áreas de interés. En las calles y avenidas se procedió a determinar la condición de las mismas, según sean pavimentadas, consolidadas o de tierra.

En las áreas internas de las manzanas se estimó el porcentaje de superficie impermeable con la siguiente metodología: se realizó una clasificación inicial, dividiendo el área por zonas homogéneas de ocupación de suelo, a partir de un mosaico construido con fotografías aéreas, a escala aproximada 1:5000, del año 1986. Luego, se realizó un muestreo de tres manzanas representativas por cada grupo de zonas homogéneas, a las que se les efectuó estereoscopia. De este modo se obtuvieron valores por manzanas, los cuales se promediaron, dando como resultado valores de impermeabilidad representativos de cada zona. Los rangos de impermeabilidad elegidos para proyectar fueron cinco: menos de 20%, 20 a 40%, 40 a 60%, 60 a 80% y más de 80%.

La mayor impermeabilidad obtenida está en el orden de 85%, y la menor alrededor de 10%.

IV.4. Recurrencia de diseño

Al diseñar las obras de drenaje se deben contemplar, por un lado, los daños probables a las propiedades, el riesgo a la salubridad y los inconvenientes a la población, y por el otro, el costo del sistema. Dado que una evaluación certera de este tipo de afectación es extremadamente dificultosa, se utilizaron como guía los resultados obtenidos en proyectos de diferentes ciudades, y las recurrencias recomendadas por diferentes autores y aplicadas en otros proyectos (Ref N° 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

Según Referencia N° 6, los rangos de recurrencia generalmente utilizados en las oficinas de ingeniería de los EEUU son los siguientes: para desagües de tormentas en áreas residenciales, entre 2 y 5 años; en áreas comerciales y de alto valor, entre 5 y 10 años; para protección de crecidas, 50 años o más.

Se consideraron también los siguientes antecedentes de obras proyectadas en el país:

- Estudio y Proyecto Integral del Sistema de Desagües Pluviales - Municipalidad de Lomas de Zamora, Prov. de Buenos Aires (ODISA-ETI); se utilizó una recurrencia de 2 años.
- Proyecto del Sistema de Desagües Pluviales en la

ciudad de Formosa (CFI-ADE-INTERCONSULT, 1984); el proyecto se desarrolló utilizando una lluvia de diseño de 2 años de recurrencia.

- Estudio y Proyecto Desagües Pluviales - Municipalidad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos (Agua y Energía Eléctrica, 1986); se utilizó una lluvia de diseño de 2 años de recurrencia.

Teniendo en cuenta además de los antecedentes bibliográficos y de proyecto mencionados, que la red desagüe proyectada por A y E E se diseñó con una recurrencia de 2 años para una gran parte del área comercial excepto aquellas zonas consideradas de alto valor comercial y residencial, en las cuales se aplicó una recurrencia de 5 años (ver Fig. N° XI), se resolvió adoptar este criterio para la obtención de los hidrogramas de proyecto para el dimensionamiento de las obras hidráulicas en la zona de descarga de la red de drenaje.

IV.5. Determinación de la tormenta de diseño

Para el análisis de tormentas se trabajó a partir de las curvas I-D-R de la ciudad de Paraná en base a la justificación expuesta en el Capítulo II.

Los datos pluviográficos de la serie INTA- PARANA con que se realizaron las curvas I-D-R, fueron comparados con los montos pluviométricos diarios de la misma estación, verificándose una diferencia en más del 2 a 5 % a favor de estos últimos. Pero, a su vez, la comparación de la serie pluviométrica de las series de Santa Fe y Paraná arroja una diferencia promedio del 7 % a favor de esta última, razón por la cual, la información de base con que se ejecutaron las curvas adoptadas para proyecto se consideró satisfactoria.

Por otra parte, la validez areal de la serie INTA-PARANA está comprobada en la escasa variación de la curva I-D-R con respecto a otras correspondientes a distintos lugares del país, para las recurrencias de proyecto (Figuras VI, VII, VIII).

En cuanto a la distribución temporal de la tormenta de diseño, en aquellos casos en que se aplicó el método racional, se utilizó la curva I-D-R por cuanto el mismo utiliza intensidades uniformes. Para determinar el hietograma de proyecto se aplicó el modelo URBIS (Ref. N°8), utilizando el método de Chicago para definir la estructura temporal, según se explica más adelante.

En cuanto a la duración de la lluvia se analizaron los montos máximos precipitados para tormentas de 1 a 72 horas, con lo cual se verifica que hasta 6 horas la lámina de lluvia tiene un crecimiento significativo, duración que supera con holgura el tiempo de concentración de la cuenca. En base a ello, se adoptó una duración de 6 horas para el hietograma de proyecto (Figura N° X).

Hietograma de diseño

Se entiende por tal a un evento lluvioso sintéticamente generado a partir de las curvas I-D-R , y constituye el dato de entrada más importante del modelo de transformación lluvia-caudal.

Para el cálculo se adoptó un intervalo de 10 minutos, válido para cuencas urbanas cuyas áreas de aportes están en el orden de 100 ha, monto que no supera la superficie de las subcuencas en que se dividió la zona de estudio.

Para la distribución temporal, se utilizó el método de Chicago con $r=0.5$ y una duración de 6 horas.

Debido a que se determinó el hietograma de proyecto aplicando el MODELO URBIS, se elaboró la curva de posibilidad pluviométrica o curva de masa sintética, la cual se calcula a partir de las curvas I-D-R.

La expresión matemática de la misma es:

$$h = a * t^n \quad (2)$$

donde:

h: precipitación (mm)
a: intensidad (mm/hs)
t: tiempo (hs)
n: coeficiente adimensional.

En la Figura N° IX se vuelcan las curvas calculadas con dos tramos de validez cada una, cuyos coeficientes están en el Cuadro siguiente

CUADRO N° IV.1

CURVAS DE POSIBILIDAD PLUVIOMETRICA

Recurrencia (años)	a1	a2	n1	n2
2	43.00	41.00	0.48	0.29
5	62.00	58.00	0.50	0.21
10	65.00	68.00	0.43	0.34

A partir de esta curva el modelo calcula por el método de Chicago el hietograma de proyecto, cuya característica principal consiste en que para cada duración la intensidad media de precipitación, deducida del mismo, es igual a la definida por la curva de posibilidad pluviométrica.

En función de lo expuesto, las características del hietograma de diseño se vuelcan en el Cuadro siguiente y a la Figura N° XII.

CUADRO N° IV.2

TORMENTAS DE DISEÑO

Método	Duración (hs)	r (tp/t)	recurrencia (años)	intensidad máxima (mm/h)	lámina prec. (mm)
Chicago	6	0.5	2	109	69
			5	154	101
			10	180	125

IV.6. Metodología para el cálculo hidrológico

Modelo de Simulación OTTHYMO

El modelo OTTHYMO (Ref. N° 11), utilizado para la obtención de los hidrogramas de descarga de la red de desagües existentes y proyectados por AyEE, es determinístico y de eventos aislados. Utiliza diferentes modelos conceptuales para simular hidrogramas de cuencas urbanas y rurales, y simula hidrogramas de subcuencas, los traslada en canales o conductos, y los suma, de modo que es factible calcular hidrogramas en los puntos de interés de la cuenca.

En base al estudio de los escurrimientos superficiales de la misma, se la subdividió en cinco grandes áreas: I, II, III, IV y V. A su vez, dentro de ellas se definieron cuencas de aportes a los desagües proyectados y existentes.

En el cálculo de hidrogramas a nivel de subcuenca, el modelo simula dos embalses lineales en paralelo que representan las porciones permeable e impermeable de la misma. La superficie impermeable fue determinada a partir del estudio de uso del suelo explicado anteriormente, considerando que la porción directamente conectada oscila entre el 80% de la superficie total en zonas desarrolladas con alto coeficiente de impermeabilidad, y el 50% en zonas marginales desprovistas de sistemas de desagües domiciliarios y/o con alta interferencia al escurrimiento.

Para la superficie permeable se consideraron las pérdidas por el método de la Curva Número, adoptándose valores entre 80 y 82, con una abstracción inicial entre 5 y 9 mm. Estos fueron tomados en base al tipo y cobertura de suelo según las zonas, de acuerdo a lo recomendado por la bibliografía Cuadro N° IV.3. y a los criterios seguidos en proyectos similares (Ref. N° 7, 9, 12, 13 y 15).

En cuanto al almacenamiento en depresiones en la zona impermeable se adoptó un valor entre 5 y 10 mm, según las características de las subcuencas, debido a las altas cantidades de agua acumuladas que se verificaron en las calles pavimentadas, siendo estos valores mayores a los calculados por la fórmula recomendada por el modelo, en base a criterios aplicados en proyectos similares y a valores indicados en la bibliografía (Ref. N° 9, 14 y 17).

CUADRO N° IV.3.

METODO DE LA CURVA NUMERO

TIPO DE CUBIERTA (uso de suelo)	TIPO DE SUELO			
	A	B	C	D
* Espacios abiertos, prados rasos parques:				
- Buenas condiciones con al menos 75 % área con cubierta herbosa	39	61	74	80
- Condiciones normales, con cubier ta herbosa entorno al 50 %	49	69	79	84
* Areas Comerciales Impermeabilidad 85 %	89	92	94	95
* Distritos industriales Impermeabilidad 72 %	81	88	91	93
* Areas residenciales Impermeabilidad media (%)				
65	77	85	90	92
38	61	75	83	87
30	57	72	81	86
25	54	70	80	85
20	51	68	79	84
* Estacionamientos impermeables	98	98	98	98
* Calles				
Pavimentadas con cordones	98	98	98	98
Empedradas con baches	76	85	89	91
De tierra	72	82	87	89

Para el cálculo del coeficiente de almacenamiento se usó la fórmula:

$$SC = 0.00775 * L^{.6} * n^{.6} * i^{-.4} * s^{-.3} \quad (3)$$

donde:

SC: coef. de almacenamiento (hs)
L: long. del plano (m)
n: coef. de rugosidad de Manning
i: intensidad precipitación (mm/h)
s: pendiente de la superficie plana

El coeficiente de rugosidad adoptado osciló entre 0.018 y 0.025 para la superficie impermeable, y 0.250 para la permeable, considerando pendientes medias para cada subcuenca, de acuerdo con los valores recomendados en el Cuadro siguiente (Ref N° 1, 2, 7, 9, 14 y 17).

CUADRO N° IV.4

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (MANNING)	
TIPO DE USO	COEFICIENTE
* Instalaciones:	
Comerciales	0.015 - 0.030
Residenciales intensivas	0.025 - 0.040
Residenciales extensivas	0.030 - 0.055
Parques	0.040 - 0.080
Industriales extensivas	0.015 - 0.035
* Superficies:	
Asfalto	0.012
Hormigón	0.014
Terreno pretensado s/cubierta	0.020
Terreno pretensado s/cubierta aspera	0.030

Para el traslado de los hidrogramas de las subcuencas se aplicó el método de Muskingum para trasladar en canales y conductos subterráneos. En los canales se aplicó dicho método en base a perfiles topográficos y con un coef. de rugosidad de 0.050. En los conductos subterráneos se calculó por el método de Manning la relación Cota-Area-Caudal, considerando un coeficiente de rugosidad de 0.016 .

Los hidrogramas calculados se utilizaron para los desagües proyectados por A.y E.E., los existentes, y para definir las necesidades de almacenamiento y de bombeo del sistema en su conjunto.

Teniendo en cuenta que no se ha podido conformar un registro confiable de valores medidos de lluvias y caudales, y ante la complejidad de la problemática, se optó por aplicar criterios recomendados por la bibliografía y/o aplicados en otros proyectos, adoptándose parámetros de diseño coherentes con las particularidades que plantea la ciudad de Santa Fe y, al mismo tiempo, razonables desde el punto de vista técnico-económico.

No obstante lo expuesto, han podido verificarse velocidades de escurrimiento en ciertos canales y conductos, que se compadecen con los resultados obtenidos de la aplicación del modelo OTTHYMO.

La aplicación del modelo URBIS para definir la tormenta de diseño, y del OTTHYMO para verificar la red, responde al criterio de usar las herramientas disponibles más adecuadas para proyectar los distintos componentes de la red de desagües.

Uno de los parámetros utilizado para evaluar los cálculos efectuados es el coeficiente de escorrentía, cuyos valores obtenidos varían entre 0.56 y 0.85, para las distintas cuencas, según el uso del suelo de las mismas. En el Cuadro N° IV.5 se vuelcan los valores medios ponderados de cada sistema de desagüe proyectado en función de la lámina escurrida, y en el Cuadro N° IV.6 figuran los valores recomendados por la bibliografía (Ref. N° 9 y 10) demostrando ello que los calculados se encuentran dentro de los rangos aconsejados.

CUADRO N° IV.5

PARAMETROS HIDROLOGICOS CALCULADOS

Sistema	Area (ha)	Qp (l/s)	Tasa de escurr. (l/s/ha)	Coeficiente Escorrentía
Centenario	168.67	8470	50	0.62
Entre Ríos	116.16	10900	94	0.69
Buenos Aires	78.50	5785	74	0.66
Corrientes	46.60	3750	80	0.68
Garay	98.50	7800	79	0.66

CUADRO N° IV.6

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

Tipo de área	Coeficiente	C
Comercial: central	0.70 a	0.95
barrios	0.50 a	0.70
Residencial de unidades:		
aisladas	0.35 a	0.50
múltiples aisladas	0.40 a	0.60
múltiples unidas	0.60 a	0.75
Lotes con más de 2000 m ²	0.30 a	0.45
Industrial: liviana	0.50 a	0.80
pesada	0.60 a	0.90
Parques y cementerios	0.10 a	0.25
Calles de concreto	0.80 a	0.95
Techos	0.75 a	0.95

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 VEN TE CHOW
"Hidráulica de los canales abiertos"
Editorial Diana - 1982
- 2 GOBIERNO DEL ESTADO DE SAO PAULO (Brasil)
"Drenagen Urbano - Manual de Proyecto"
1980
- 3 MUNICIPALIDAD DE LOMAS DE ZAMORA (Bs As)
"Estudio y Proyecto Integral del Sistema de
Desagües Pluviales".
- 4 MAZA, Jorge
"Apuntes sobre hidrología urbana". INCYTH.
1986
- 5 MAZA, Jorge y Otros
"Análisis de escurrimiento pluvial en una cuenca
urbana con sistema de drenaje no convencional".
XIII Congreso Nacional del Agua.
1987
- 6 DAVIS, H.
"Handbook of applied hydraulics".
- 7 KIBLER, Davis
"Urban Stormwater hydrology".
1982
- 8 MIGNOSA, P. - PAOLETTI, A.
"Modelo de Hidrología Urbana - URBIS"
Instituto Politécnico de Milán (Italia)
1982
- 9 U.S.D.A. - S.C.S.
"Urban Hydrology for small watersheds - TR 55"
- 10 GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE - Instituto
Provincial de Estadísticas y Censos.
"Anuario estadístico de la Provincia 1970-1984"
1986
- 11 WISNER, P. - CHOON ENG P'ng
Universidad de Ottawa (Canadá)
"Modelo hidrológico Otthymo"
1983

- 12 MUNICIPALIDAD DE CONCEPCION DEL URUGUAY (E.R.)
Proyecto de obras de defensa e hidráulicas
complementarias.
1986
- 13 MUNICIPALIDAD DE PEHUAJO (Bs As)
"Proyecto de Saneamiento Urbano"
1990
- 14 WILKEN, Paulo
CETESB - Sao Paulo (Brasil)
"Engenharia de Drenagem Superficial"
1978
- 15 MUNICIPALIDAD DE SANTA FE (S Fe)
"Evacuación de desagües pluviales de Santa Fe -
Anteproyecto de Casas Bombas tipo".
- 16 U.N.E.S.C.O
"Manual of drainage in urbanized areas"
Volumen I y II.
1987
- 17 FOUQUET, Pierre y otros
"Evacuation des eaux pluviales urbaines".

AREA DE ESTUDIO

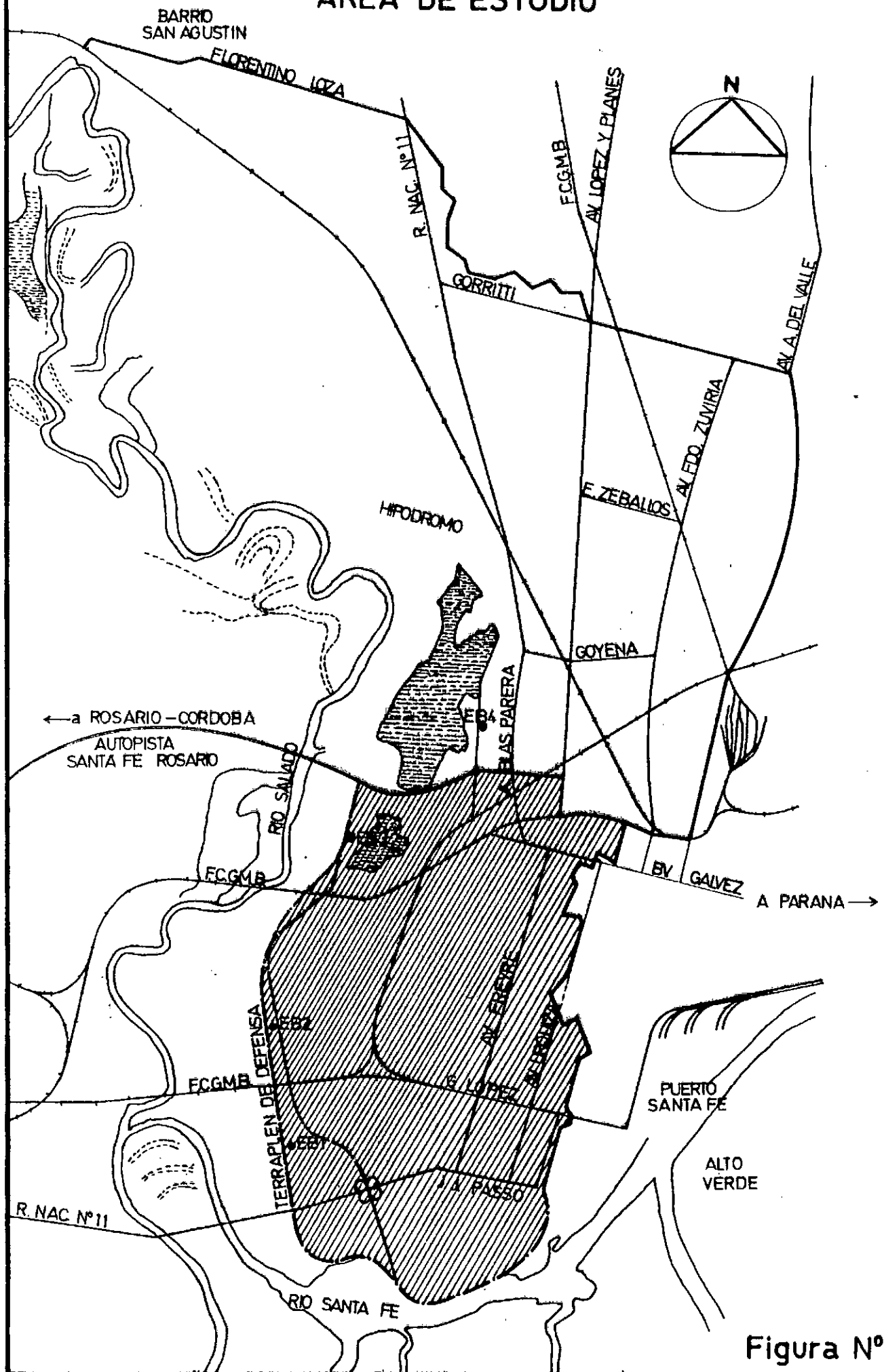


Figura Nº I

AREAS DE APORTES A LAS ESTACIONES DE BOMBEO N°1,2 y 3

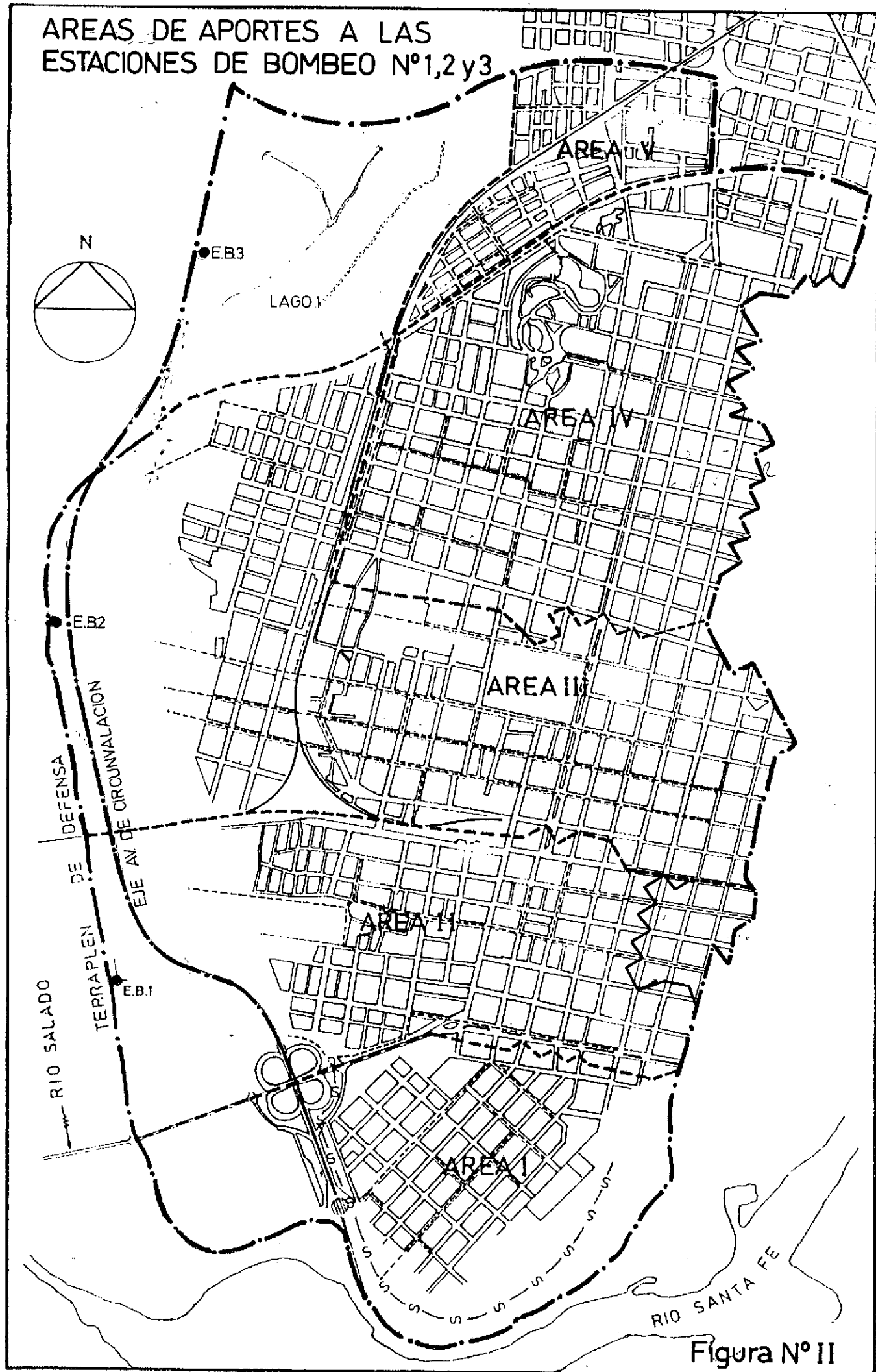
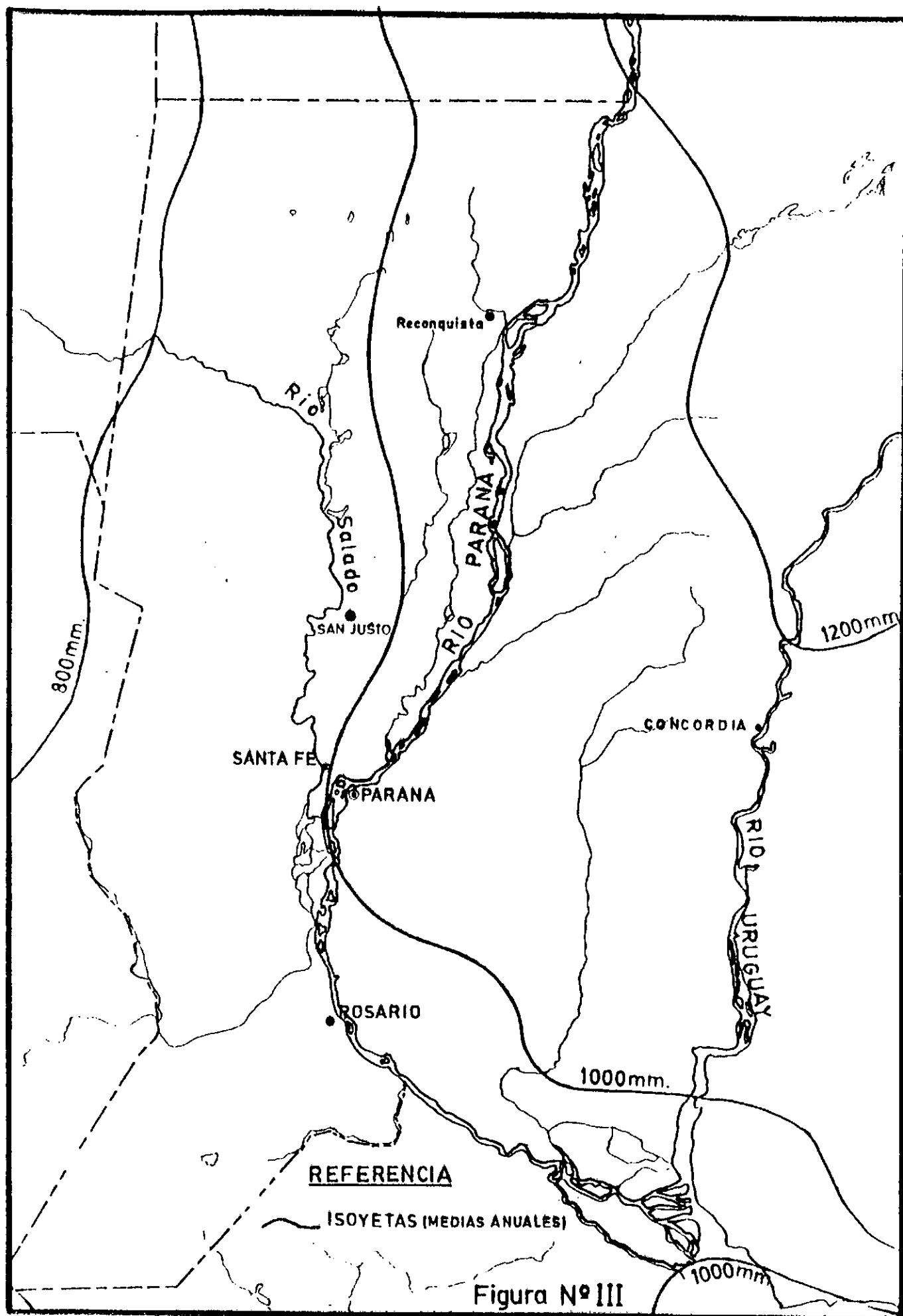


Figura N° II



COMPARACION DE REGISTROS DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS METODO DE DOBLE MASA

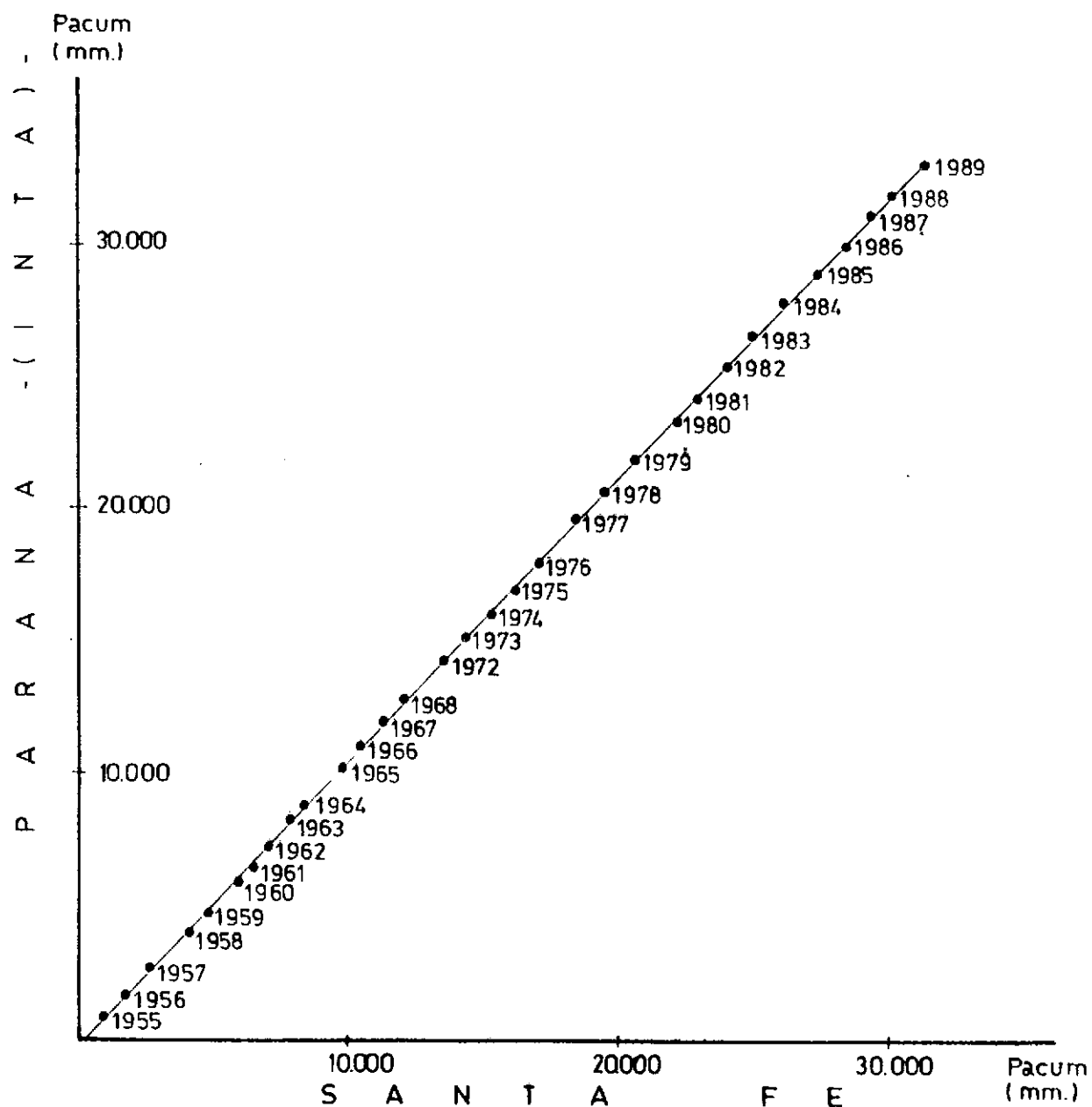


Figura Nº IV

CURVAS INTENSIDAD-DURACION-RECURRENCIA
ESTACION INTA (PARANA)

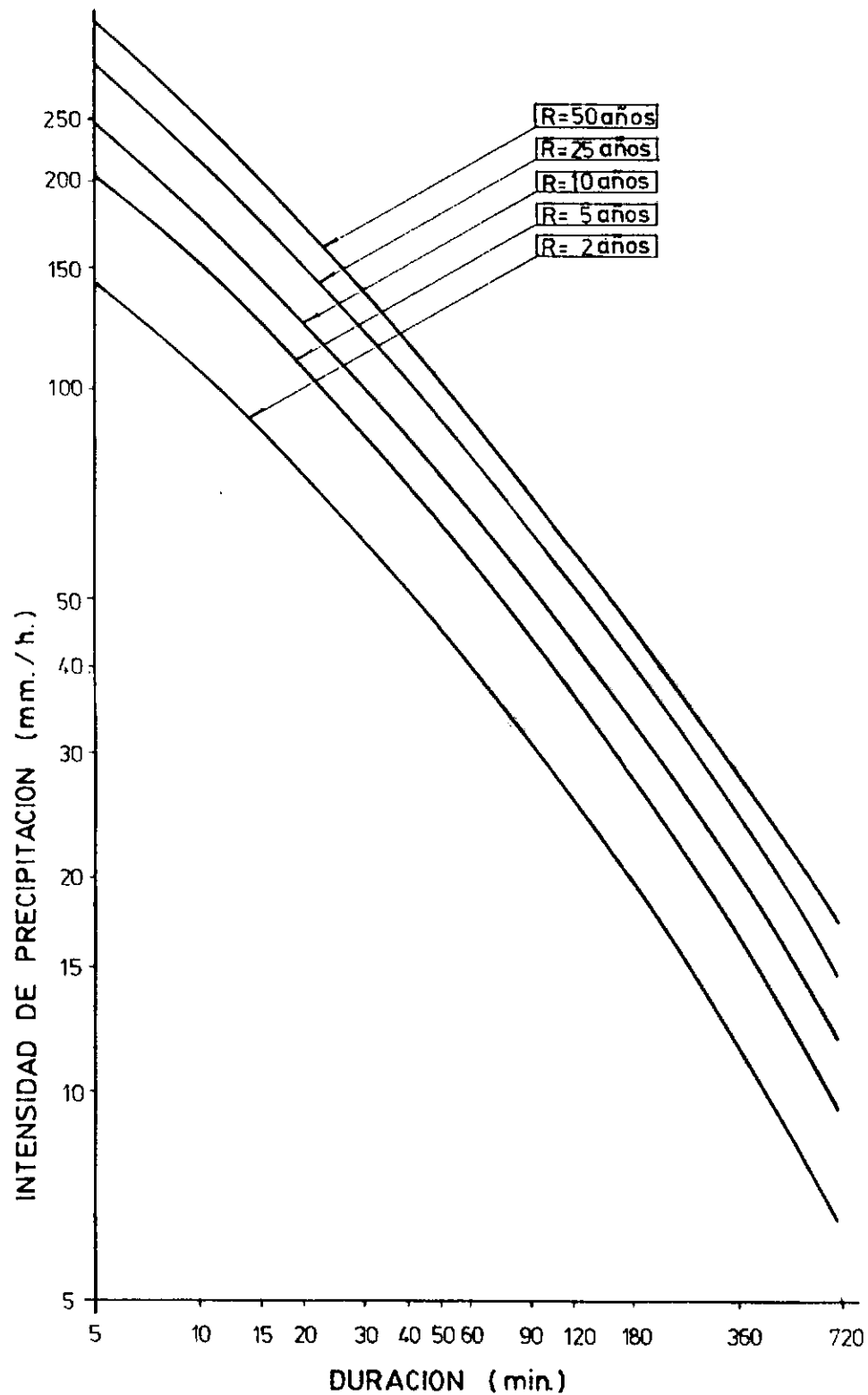


Figura Nº V

CURVAS INTENSIDAD - DURACION COMPARACION CON OTRAS ESTACIONES 2 AÑOS DE RECURRENCIA

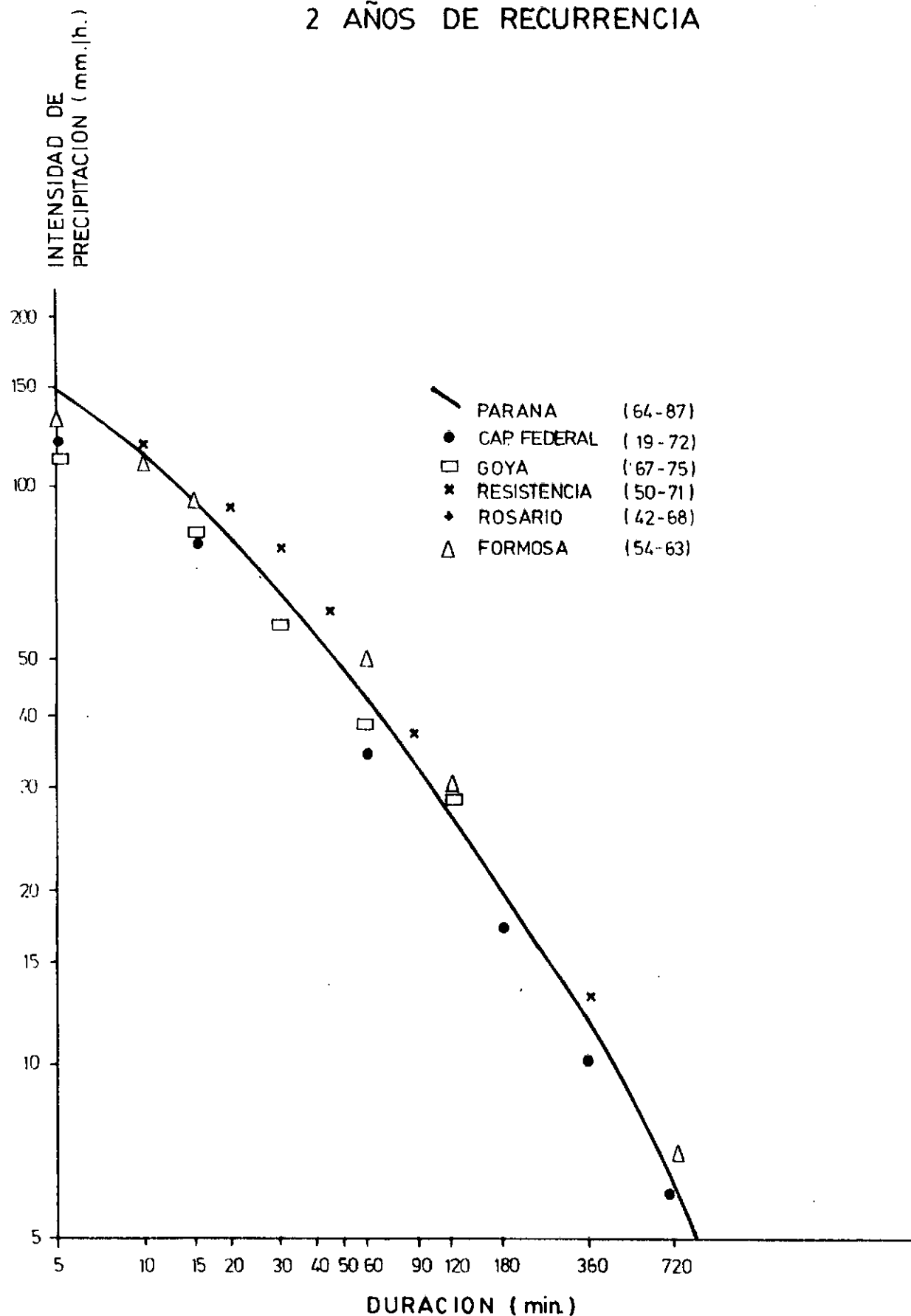
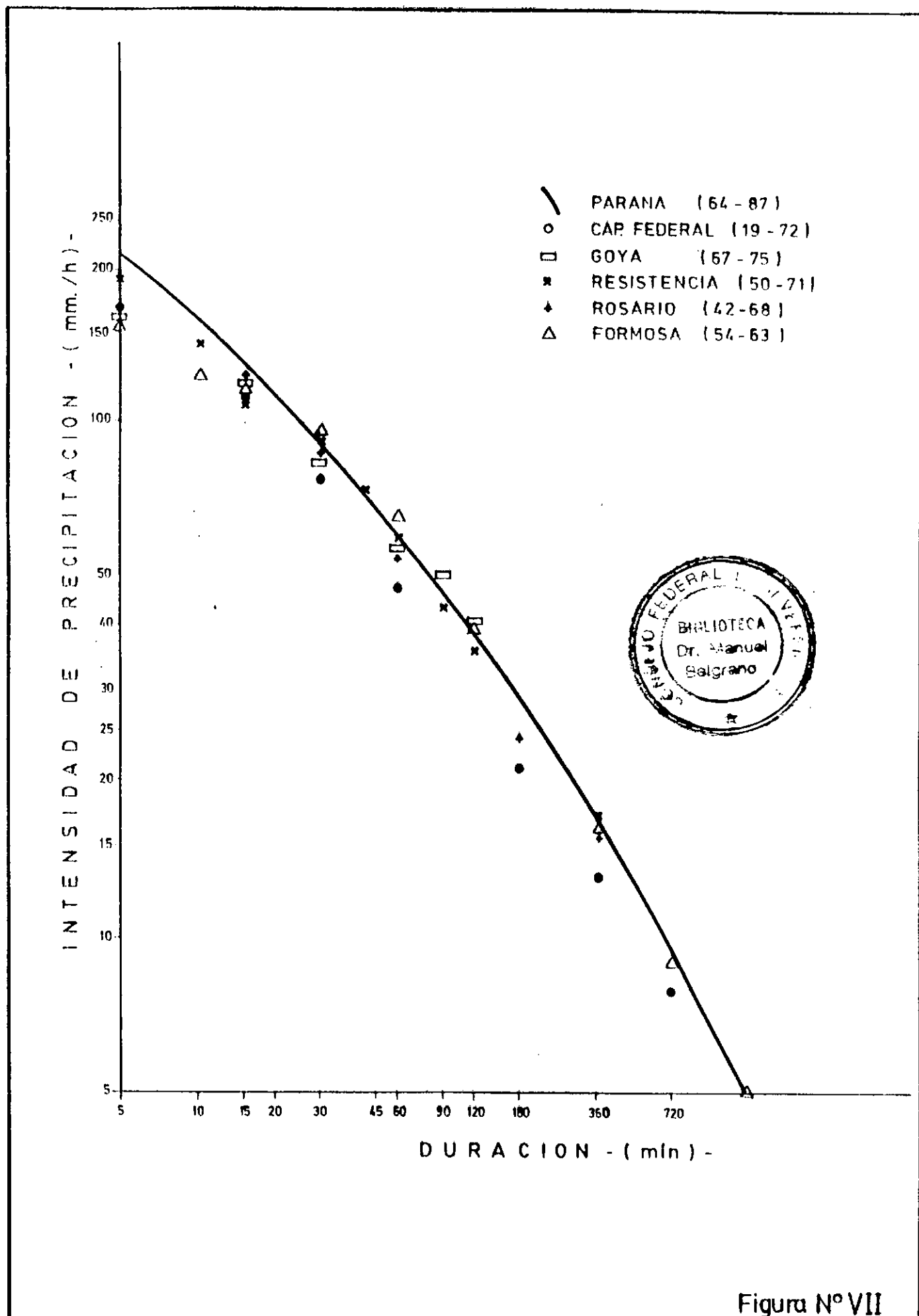


Figura Nº VI

CURVAS INTENSIDAD-DURACION.COMPARACION CON OTRAS ESTACIONES 5 AÑOS DE RECURRENCIA



CURVAS INTENSIDAD - DURACION COMPARACION CON OTRAS ESTACIONES 10 AÑOS DE RECURRENCIA

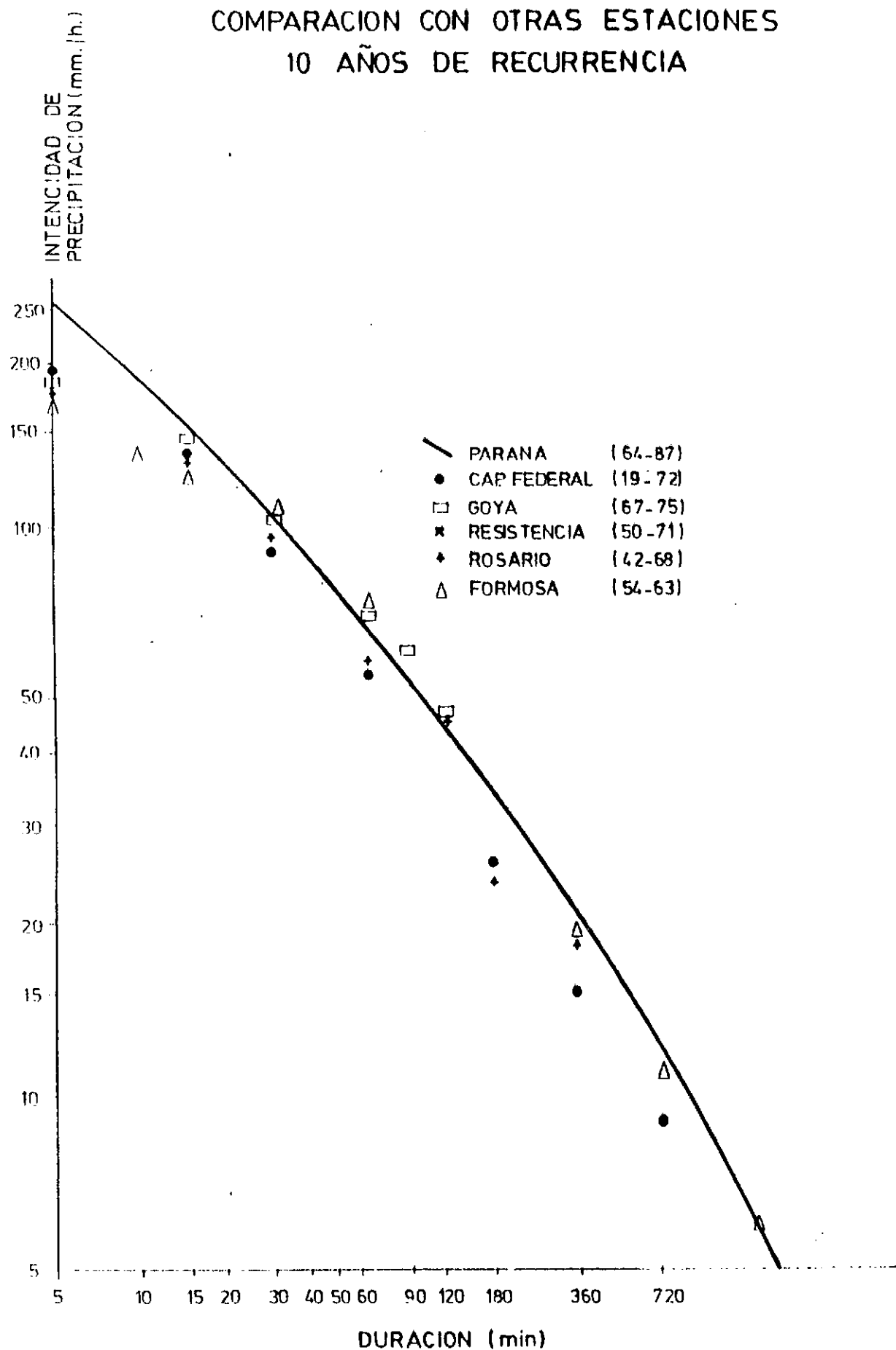


Figura Nº VIII

TORMENTA DE DISEÑO

CURVA DE POSIBILIDAD PLUVIOMETRICA

CIUDAD DE PARANA

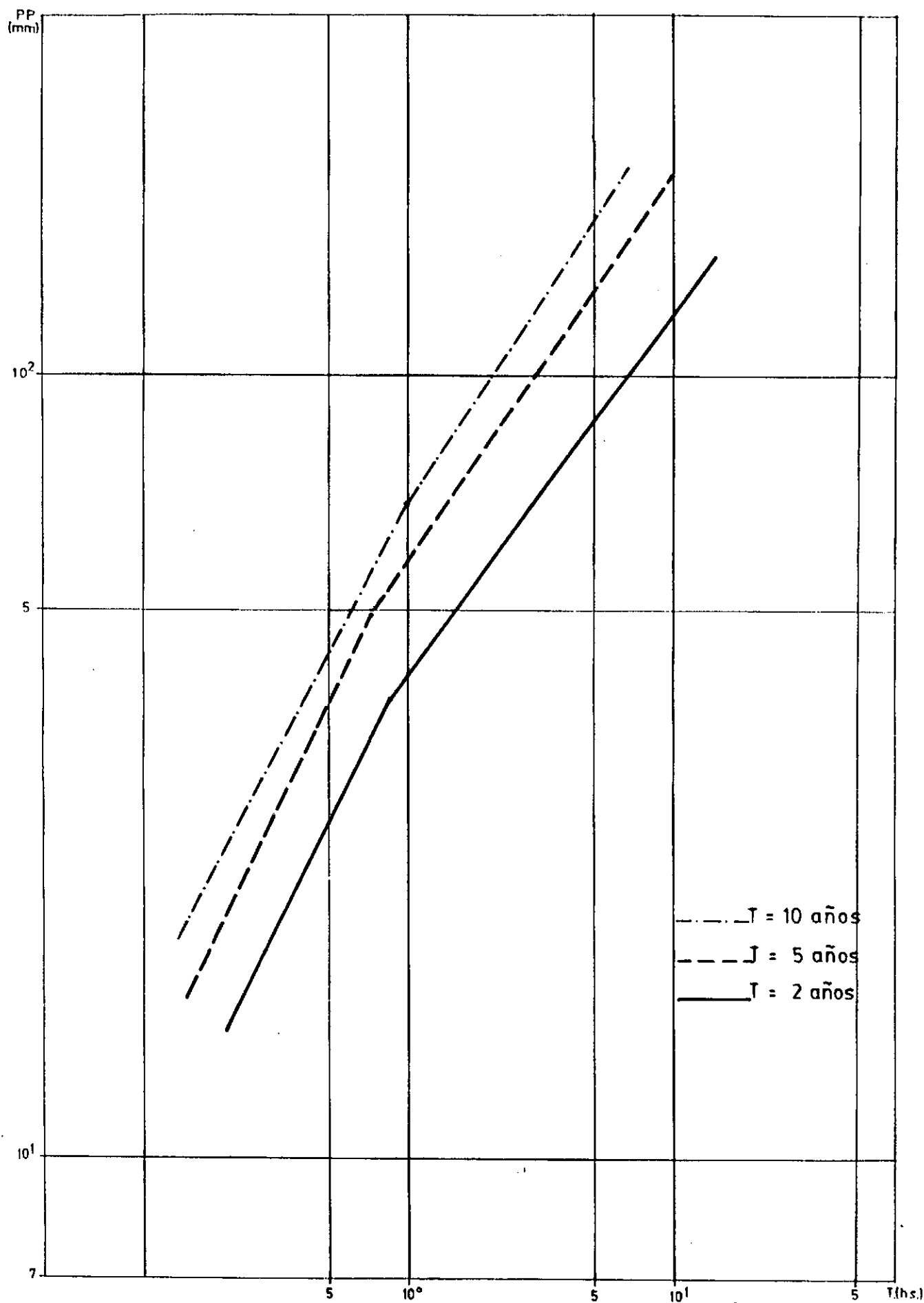


Figura N° IX

TORMENTA DE DISEÑO

SELECCION DE LA DURACION

LAMINA
LLUVIA
(mm)

5

10^2

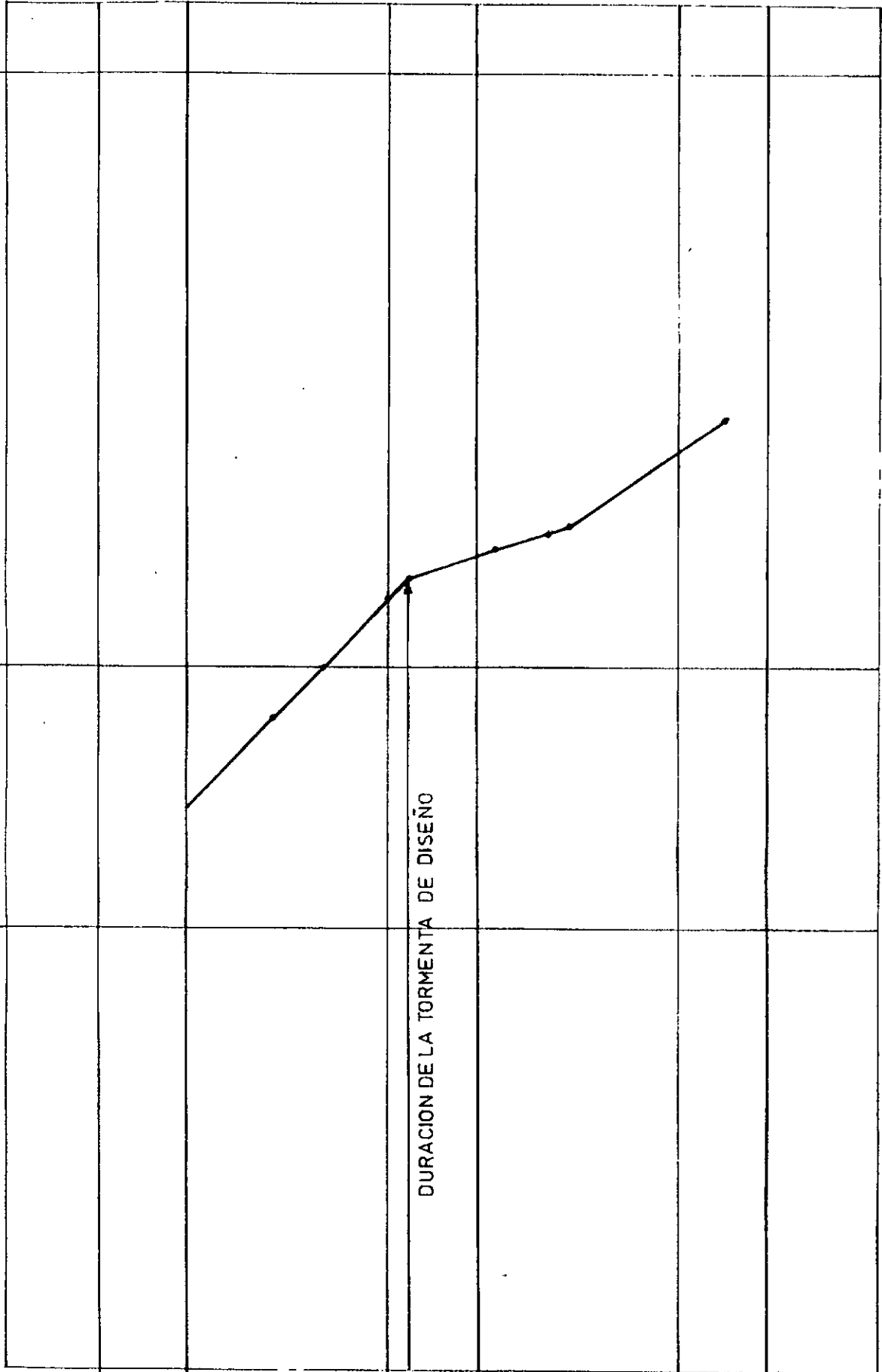
5

DURACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO

6

D (hs.)

Figura N° X



RECURRENCIAS DE DISEÑO AREA DE APLICACION

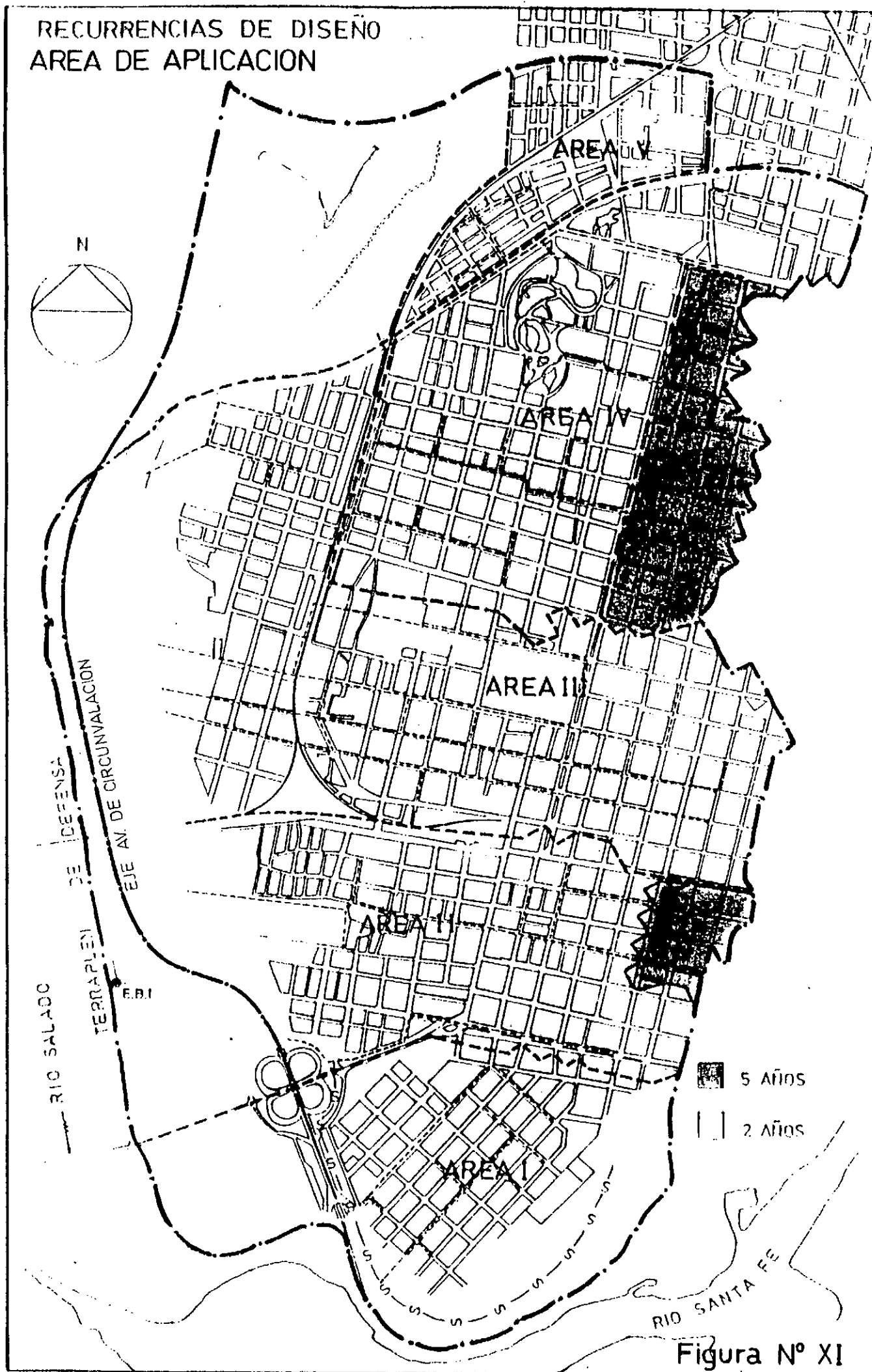
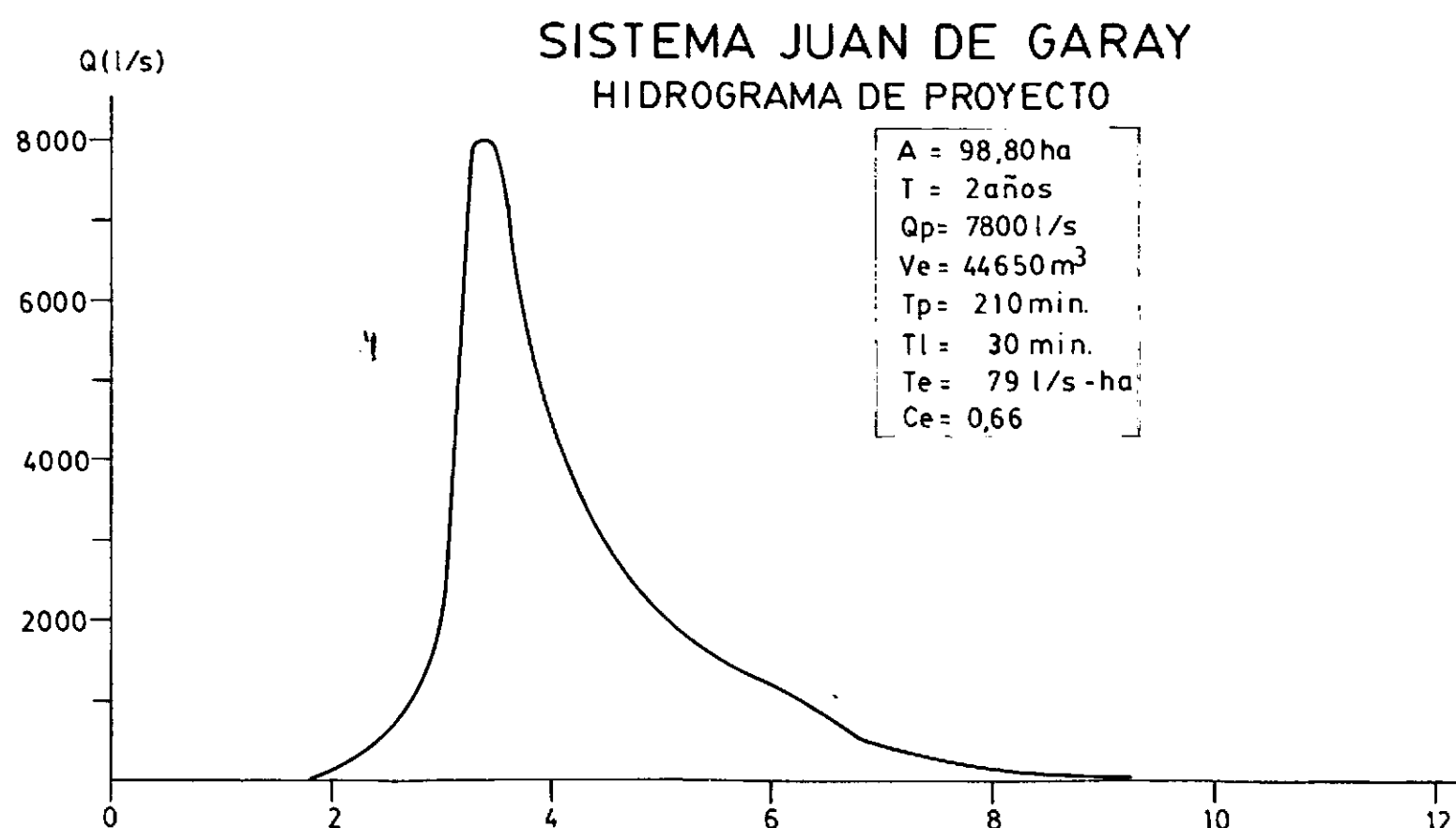
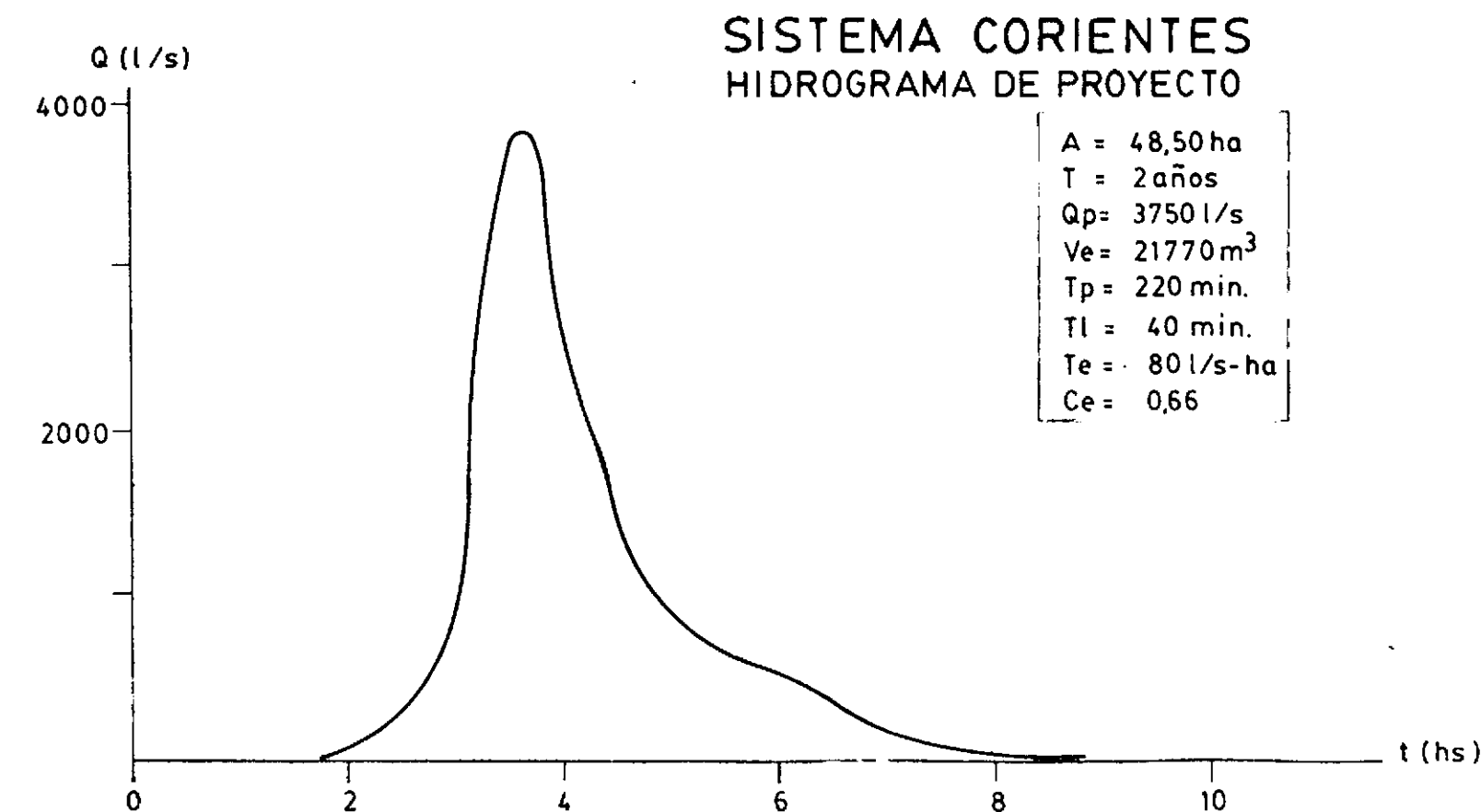
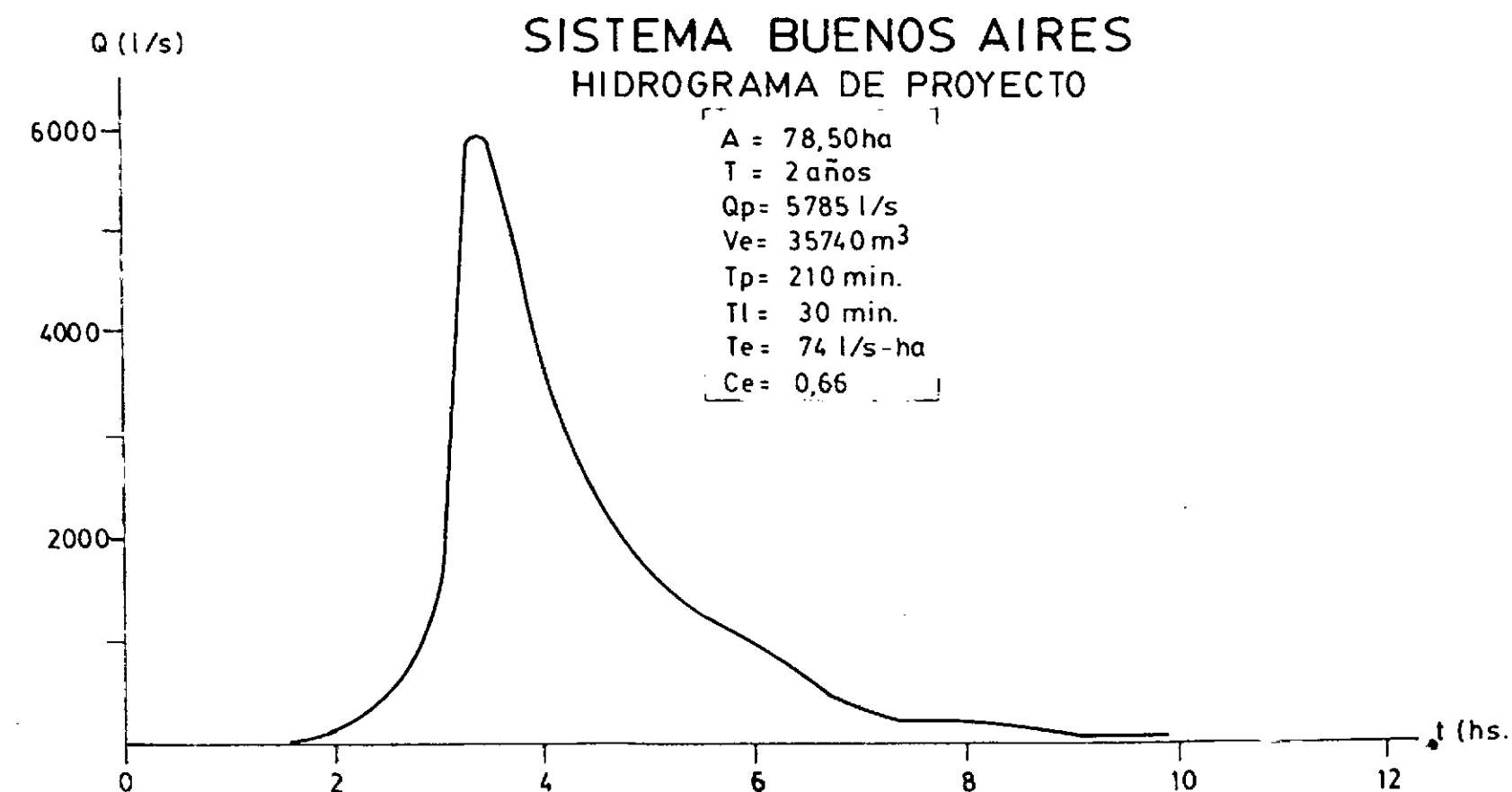
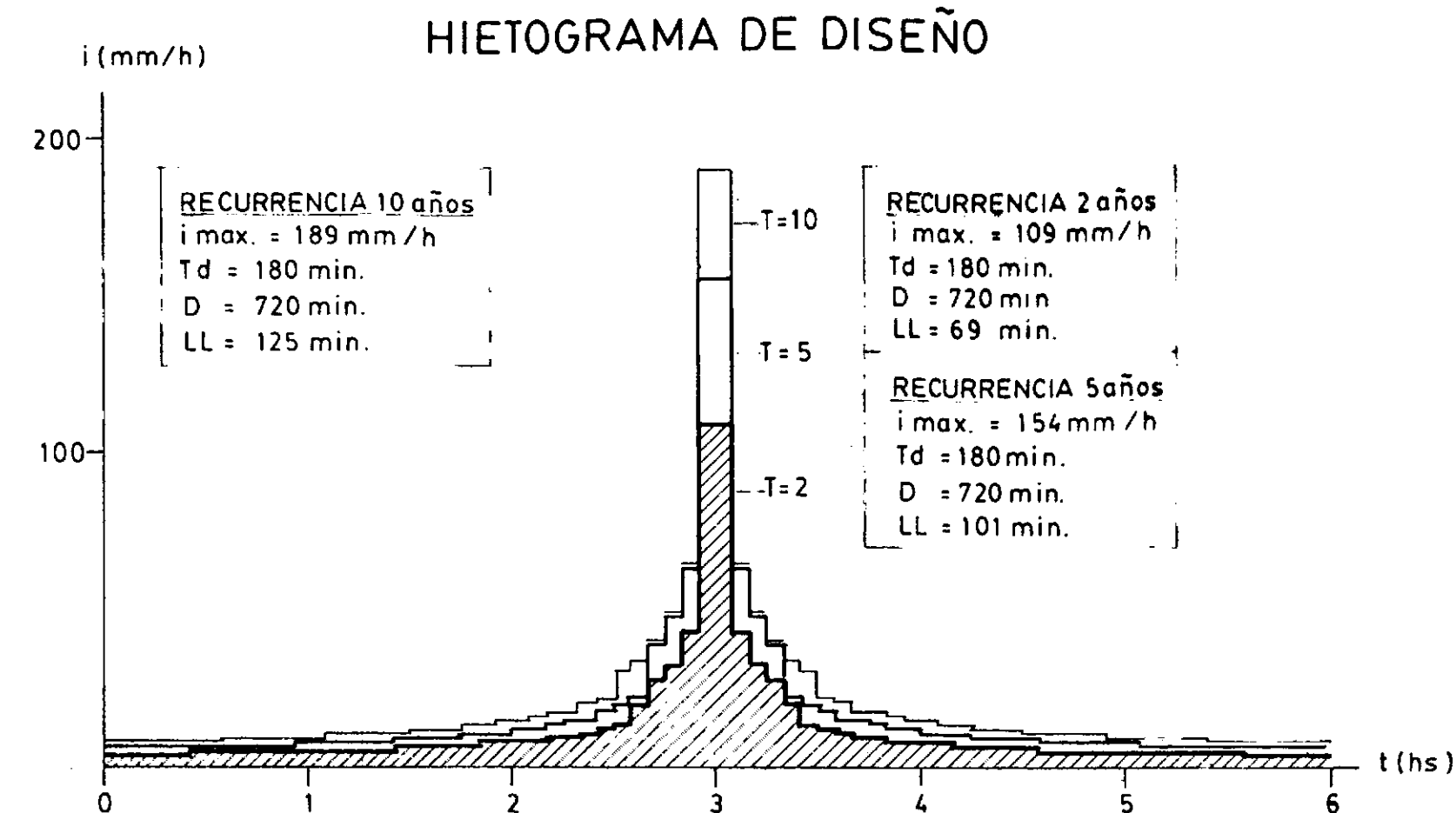
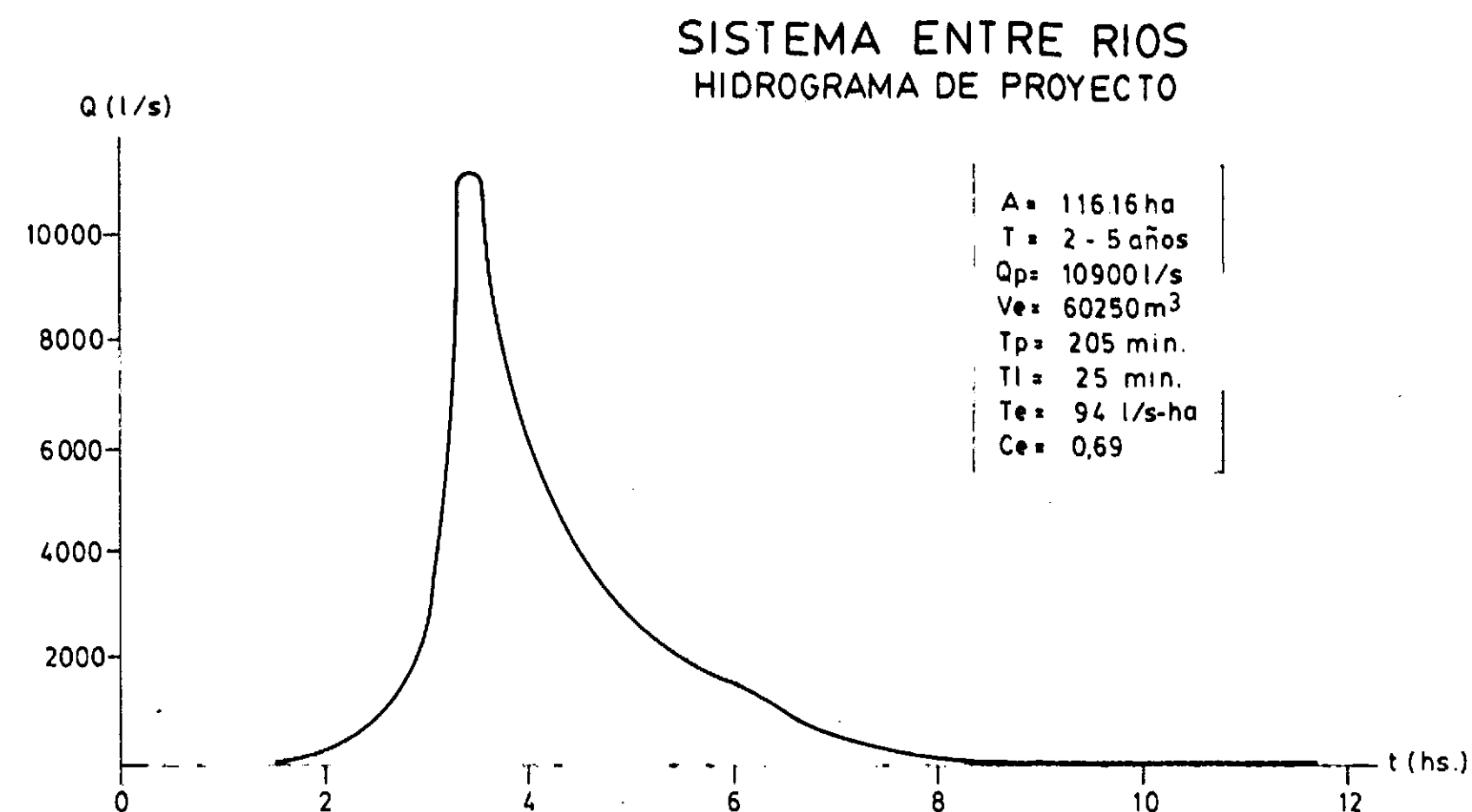
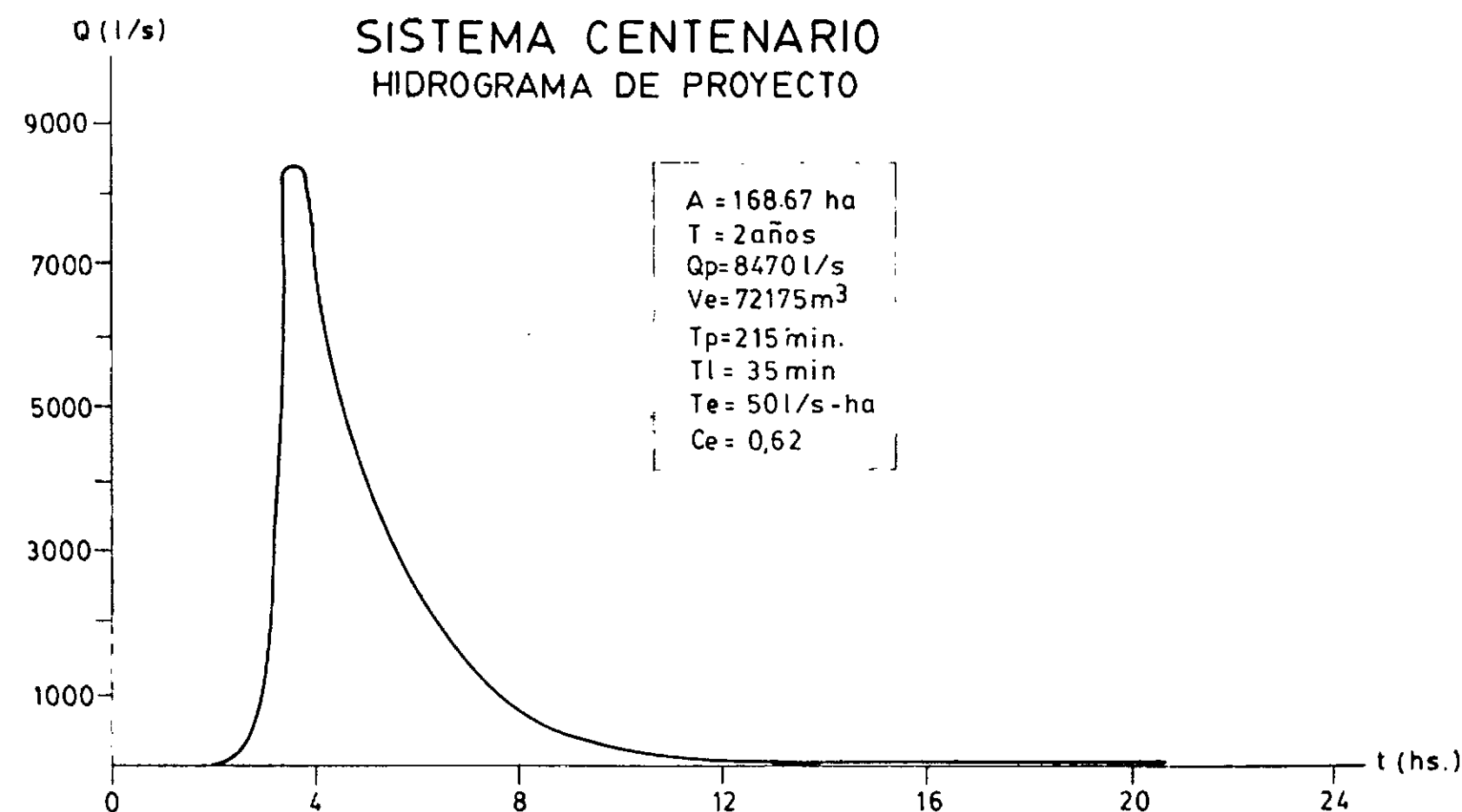


Figura N° XI



HIDROGRAMA DE LLEGADA AL LAGO 1

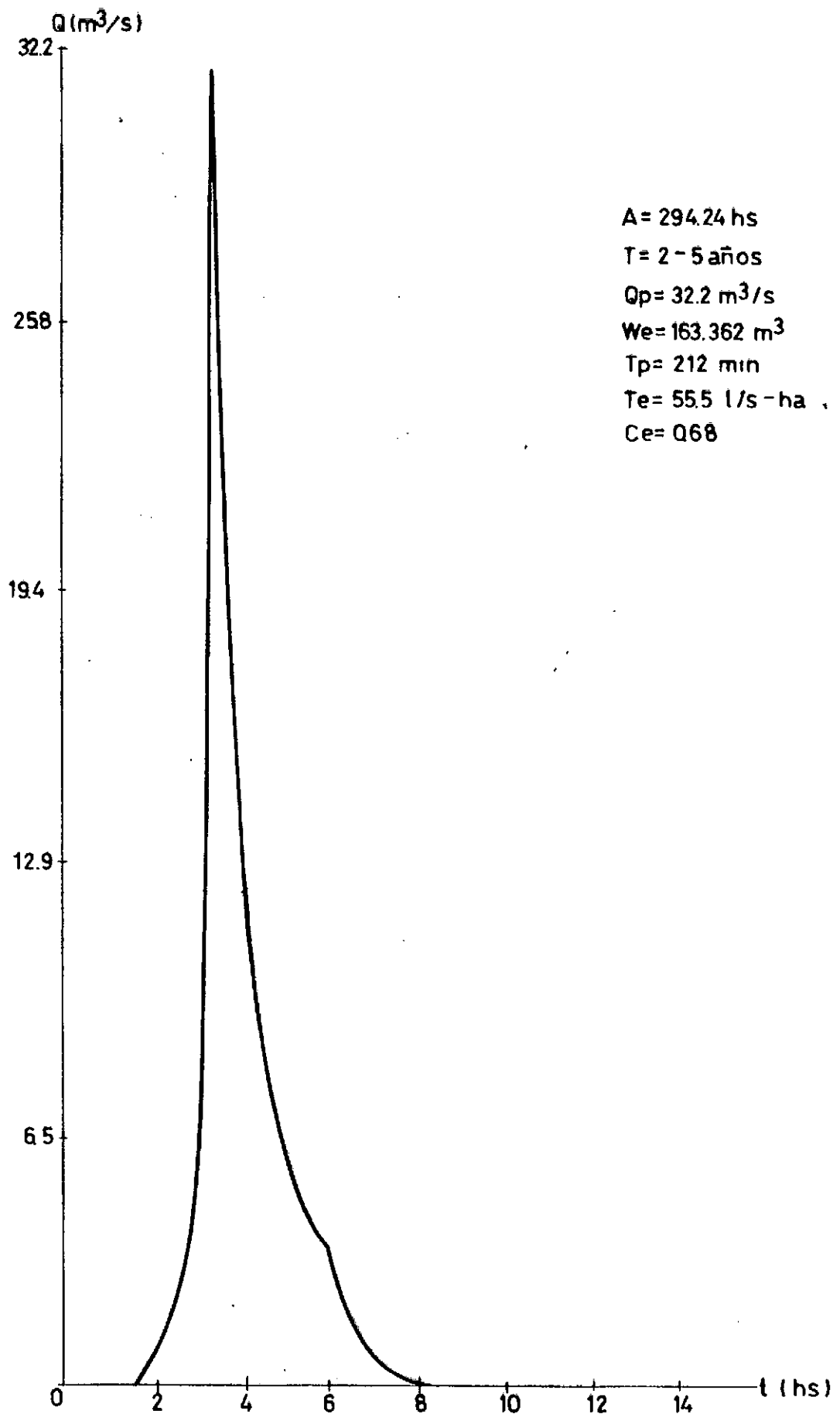


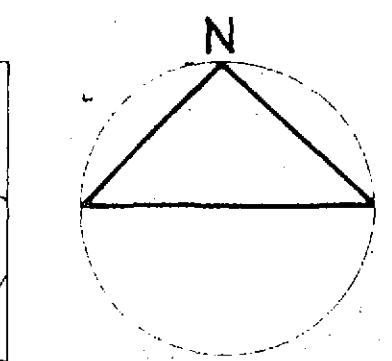
Figura N° XIII



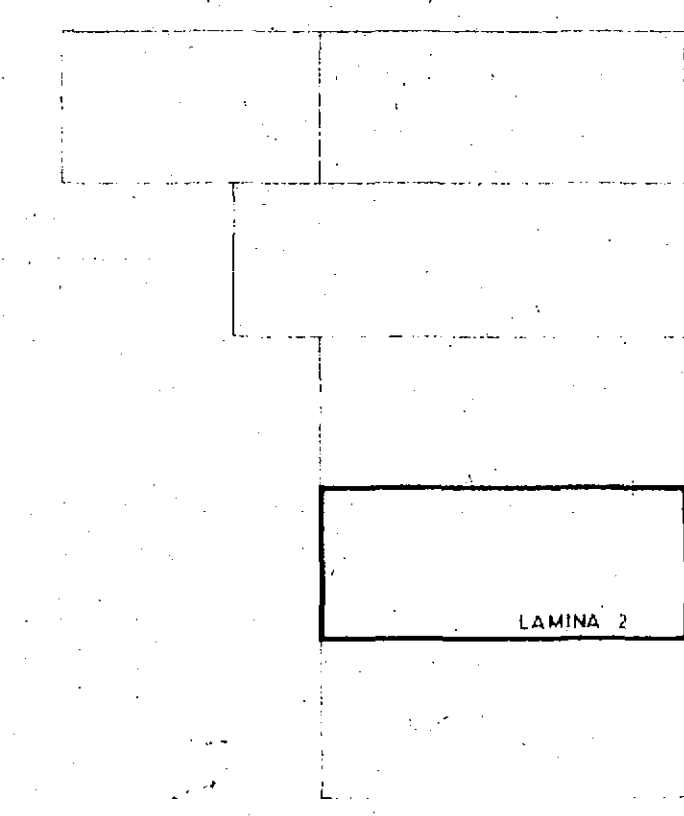
REFERENCIAS

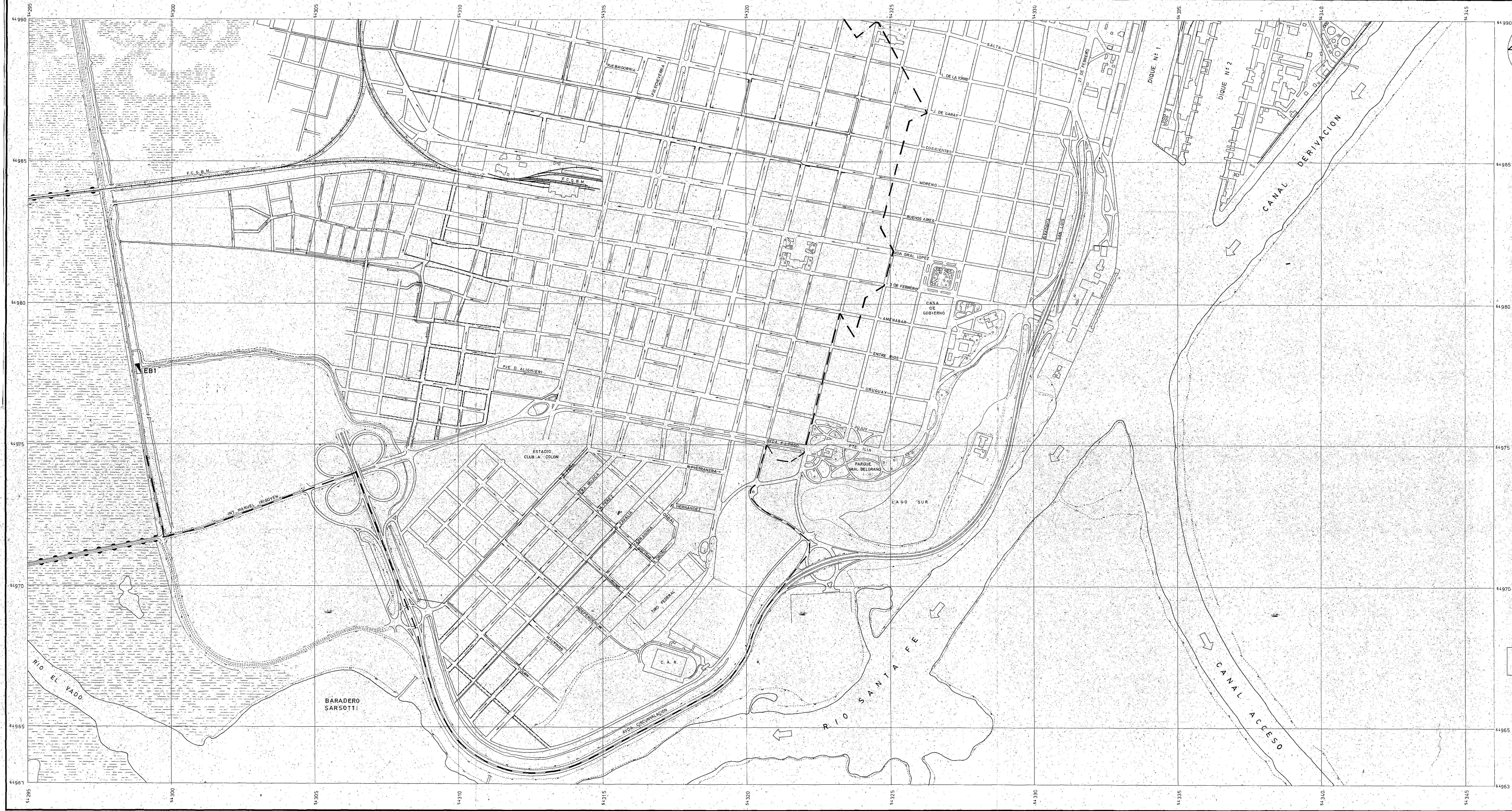
- LIMITE AREA DE ESTUDIO
- - - LIMITE DE CUENCA
- CONDUCTO SUBTERRANEO EXISTENTE
- CONDUCTO SUBTERRANEO PROYECTADO
- N-N- CANAL COLECTOR EXISTENTE
- EJE AVENIDA DE CIRCULACION
- CANAL RESERVORIO
- ESTACION DE BOMBEO EXIST N°
- ESTACION DE BOMBEO A CONSTRUIR

100m 75 50 25 0 50 100 200 300 400m
Escala Gráfica 1:5000

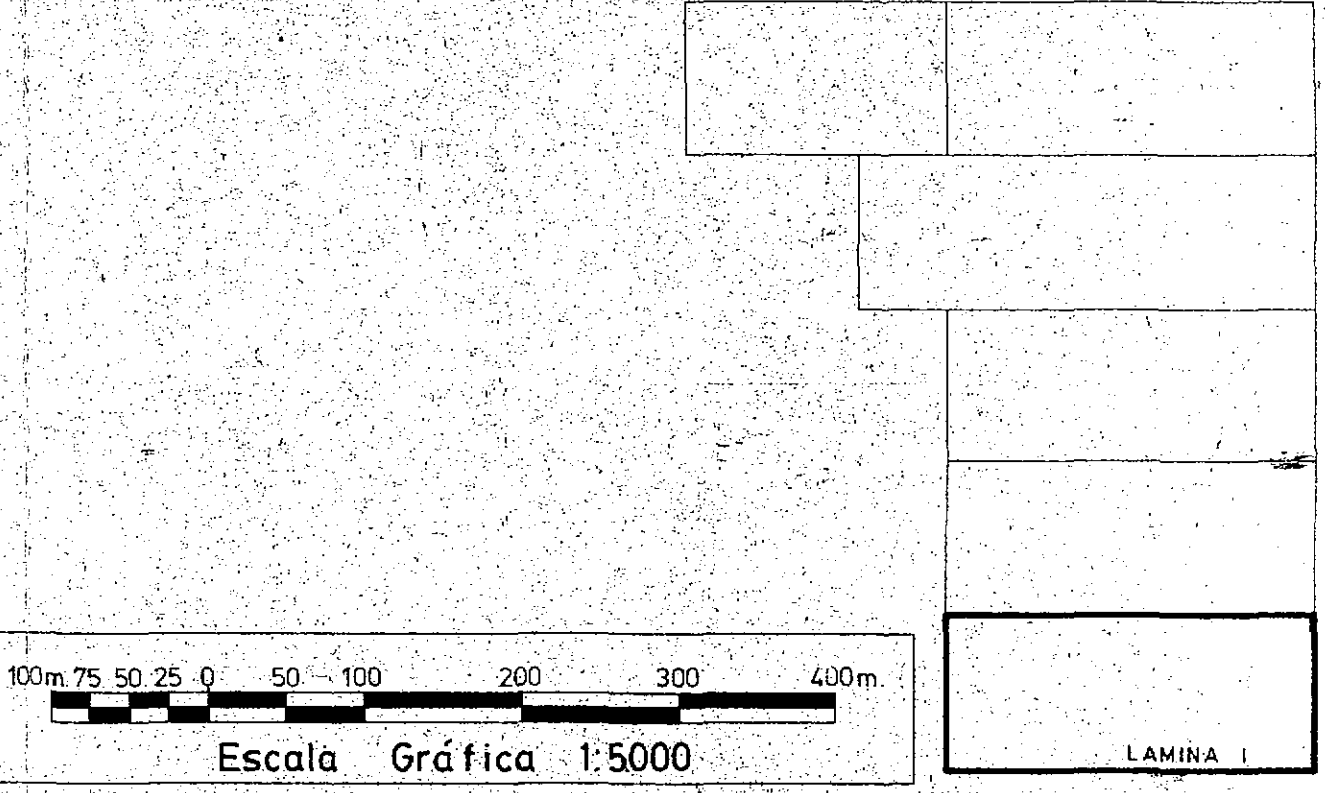


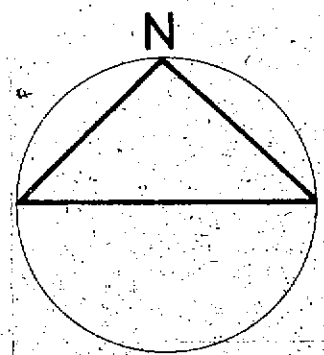
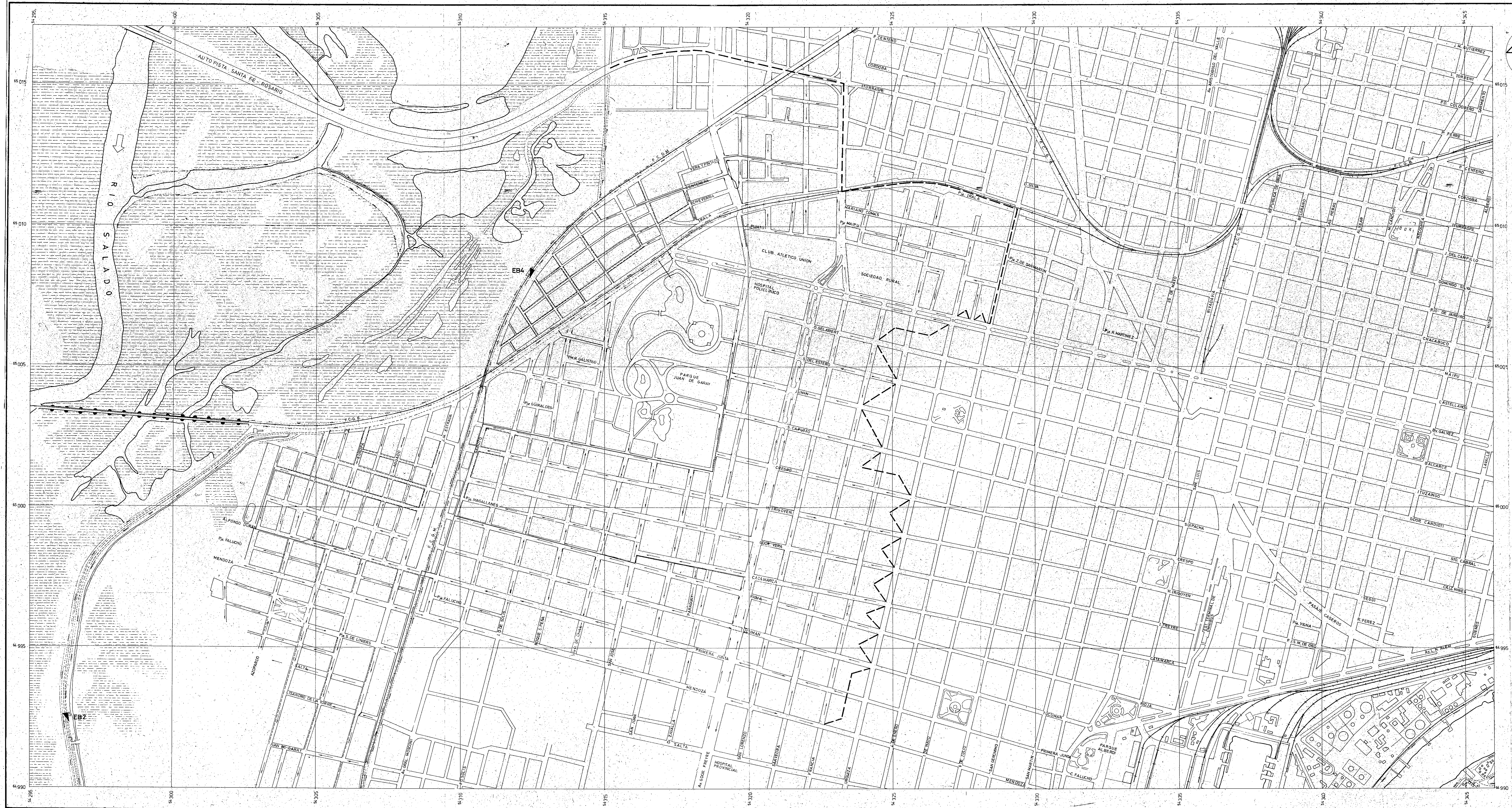
- REFERENCIAS
- LIMITE AREA DE ESTUDIO
 - - - LIMITE DE CUENCA
 - CONDUCTO SUBTERRANEO EXISTENTE
 - CONDUCTO SUBTERRANEO PROYECTADO
 - - - CANAL COLECTOR EXISTENTE
 - EJE AVENIDA DE CIRCULACION
 - CANAL RESERVORIO
 - ESTACION DE BOMBEO EXIST. N°
 - ESTACION DE BOMBEO A CONSTRUIR





- REFERENCIAS
- LÍMITE ÁREA DE ESTUDIO
 - CONDUCTO SUBT. DE HORMIGÓN
 - CUNETAS DE DESAGÜE
 - CANAL
 - SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
 - BAHEN DE HORMIGÓN
 - SUMIDERO
 - ESTACIÓN DE BOMBEO EXISTENTE N°





REFERENCIAS

- LIMITE AREA DE ESTUDIO
- CONDUCTO SUBT. DE HORMIGON
- CUNETAS DE DESAGUE
- CANAL
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- BADEN DE HORMIGON
- SUMIDERO
- ESTACION DE BOMBEO EXISTENTE*

