



**Ministerio del Ambiente
y de los Recursos
Naturales Renovables**

ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

**CARACAS, ABRIL 1991
(PT) SERIES DE INFORMES TÉCNICOS - DGSICASV/IT/**

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INVESTIGACION Y CONSERVACION
DE AGUA, SUELO Y VEGETACION
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA
DPTO. DE HIDROMETEOROLOGIA

ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO YACAMBU
EN PASO ANGOSTURA

DEYELEN ORTEGA H.

Caracas, Febrero de 1991

INDICE

0.	INTRODUCCION	.....	1
1.	INFORMACION DISPONIBLE	.....	2
2.	ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE	.....	16
2.1	Análisis sw Altura-Area-Duración	.....	16
2.2	Cálculo de la Precipitación Máxima Probable	.....	25
3.	CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO	.....	35
3.1	Cálculo de los Hidrogramas Unitarios	.....	35
3.2	Cálculo del Hidrograma Unitario Promedio	.....	45
4.	CALCULO DE LA CRECIENTE MAXIMA PROBABLE	.....	50
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	54

INTRODUCCION

El "Proyecto Yacambú", se ha planteado como la solución adecuada al problema del déficit hídrico de las zonas de Acarigua, Valle de Quíbor, EL Tocuyo y Barquisimeto, a través del aprovechamiento del Río Yacambú, por medio de una presa en el sitio denominado Paso Angostura y un túnel de trasvase del agua desde la presa al Valle de Quíbor.

Para tales fines, se ha requerido del Estudio Hidrológico del Río Yacambú, siendo parte complementaria del informe "Modelo de Simulación Hidrológica Mensual (SIMHIDME)", elaborado en fecha Septiembre 1.990.

Este trabajo, realizado por la Ing. Hidrometeorologista Deyelen Ortega, bajo la supervisión del Ing. José Ochoa I., asesor de la Dirección de Hidrología del M.A.R.N.R., tiene como objetivo principal el estudio de crecientes del Río Yacambú en Paso Angostura, para lo cual se requirió del cálculo de la Precipitación Máxima Probable, así como del conocimiento de las características fisiográficas y climatológicas de la cuenca. Se determinó la Creciente Máxima Probable, siendo su caudal pico de 3.734 m³/s.

1. INFORMACION DISPONIBLE

1.1 Información Cartográfica

- a) Cartas Geográficas: 6244 (BISCUCUY), 6344 (ACARIGUA), 6245 (EL TOCUYO), 6345 (SARARE), Escala 1:100.000. Servicio Autónomo de Cartografía Nacional.
- b) Cartas Geográficas: 6244-I-NE (MIRACUY)
SE (LA PLUMITA)
SO (SABANETA)
NO (CASPITO)
- 6245-II-NE (CUBIRO)
SE (EL VOLCAN)
SO (SANARE II)
- 6344-IV-NO (EL RECHAZO)
- 6345-III-SO (EL PEGON)
NO (CAPILLA BUCARAL)

Escala 1:25.000. Servicio Autónomo de Cartografía Nacional.

- 1.2 Información Pluviométrica. (Ver Tabla No. 1.1)
Suministrada por la División de Información Hidrológica y Meteorológica de la DHM-MARNR.
- 1.3 Información Evaporimétrica (Ver Tabla No. 1.2)
Suministrada por la División de Información Hidrológica y Meteorológica de la DHM-MARNR.
- 1.4 Información Fluviométrica (Ver Tabla No. 1.3)
Suministrada por la División de Información Hidrológica y Meteorológica de la DHM-MARNR.

Características de la Estaciones Climatológicas

NOMBRE	SERIAL	TIPO	ALTITUD	COORDENADAS
CASPITO	2231	PR	1300	093934-693943
LA ESCALERA	2236	PR	1340	094300-693100
MIRACUY	2219	PR	1161	093744-693350
PQE.YACAMBU	2232	PR	1484	094230-693436
LA CRUZ	2233	PR	1200	094500-692947
PASO ANGOSTURA	2227	C1	790	094123-693058
HDA.CAMBURITO	2246	PR		093600-691827

TABLA No. 1.1
CRONOGRAMA DE REGISTRO HISTORICO PARA ESTACIONES METEOROLOGICAS
ZONA: 03 ESTADO: LARA PARAMETRO: PRECIPITACION MEDIA DIARIA

SERIAL	ESTACION	68	9	70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	80	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2231	CASPITO	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2236	LA ESCALERA						C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I					
2219	MIRACUY		I	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2232	PARQUE YACAMBU	I	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2233	LA CRUZ		I	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2227	PASO ANGOSTURA	I	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

TABLA No. 1.2
CRONOGRAMA DE REGISTRO HISTORICO PARA ESTACIONES METEOROLOGICAS
ZONA: 03 ESTADO: LARA PARAMETRO: EVAPORACION MEDIA DIARIA

SERIAL	ESTACION	68	9	70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	80	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2227	PASO ANGOSTURA													C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

SIMBOLOS:

C-DATO COMPLETO
I-DATO INCOMPLETO
F-DATO FALTANTE

TABLA No. 1.3
CRONOGRAMA DE REGISTRO HISTORICO PARA ESTACIONES HIDROMETRICAS
ZONA: 03 ESTADO: LARA PARAMETRO: CAUDALES Y NIVELES

COD.	57	8	9	60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	80	1	2	3	4	5	6	7	8	9
686	*G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	C	C	C	C	C	C	F	N	N	N	I											
005	*C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
175	*C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		N	N	N	F	I										

SIMBOLOS:

C-DATO COMPLETO
I-DATO INCOMPLETO
F-DATO FALTANTE
N-DATO DE NIVEL

* LA ESTACION 686 TIENE VALORES GENERADOS DE CAUDAL DESDE 1951
LAS ESTACIONES 005 Y 175 TIENEN REGISTRO DE CAUDAL DESDE 1951

NOTA: LAS ESTACIONES 005 Y 175 SE ENCUENTRAN FUERA DE LA CUENCA DEL
RIO YACAMBU.

Características de la Estaciones Climatológicas

NOMBRE	SERIAL	TIPO	ALTITUD	COORDENADAS
CASPITO	2231	PR	1300	093934-693943
LA ESCALERA	2236	PR	1340	094300-693100
MIRACUY	2219	PR	1161	093744-693350
PQE.YACAMBU	2232	PR	1484	094230-693436
LA CRUZ	2233	PR	1200	094500-692947
PASO ANGOSTURA	2227	C1	790	094123-693058
HDA.CAMBURITO	2246	PR		093600-691827
ACARIGUA-APTO.	2264	C1		093500-691400
HDA.GUACHE	2253	PR		092600-692100

Característica de la Estación Hidrométrica

NOMBRE	SERIAL	TIPO	ALTITUD	COORDENADAS
YACAMBU EN PASO ANGOSTURA	686	11	558	094110-693020

1.5. Ubicación

La cuenca del Río Yacambú, aguas arriba del Cañón Paso Angostura, se encuentra ubicada en la parte Sur del Distrito Jiménez del Estado Lara. La divisoria de aguas de la cuenca conforma parte del límite de los Estados Lara y Portuguesa, estando la misma oscilando entre las coordenadas: 9°33'30" - 9°46'20" de Latitud Norte y 69°27'30" - 69°42'15" de Longitud Oeste. (Figura No. 1.1).

La cuenca se encuentra en las últimas estribaciones de la Cordillera de Los Andes, específicamente en la Sierra de Portuguesa y pertenece a la gran vertiente del Atlántico.

1.6. Dinámica de las lluvias

La cuenca se ubica en la región más lluviosa de Estado Lara, localizada con respecto a las líneas de flujo de viento Este-Oeste de los Llanos Altos Occidentales, en la región de "Barlovento" de la Cordillera de Los Andes. Es por ello que la cuenca

presenta una alta lluvia media anual y por lo tanto es potencialmente utilizable para abastecer de agua a otras zonas del Estado Lara, que encontrándose en la región de "Sotavento" sufren la acción de los vientos "Katabáticos", los cuales generan climas áridos como es el caso del Valle de Quibor. La localización mencionada arriba es determinante, en general, de la intensidad de la I.T.C. (ó Trough Ecuatorial), ondas del este y otras perturbaciones atmosféricas productoras de lluvias en Venezuela.

1.7. Datos Físicos de la Cuenca

- a) Longitud del cauce principal: 28 Km.
- b) Perfil Longitudinal del cauce principal: Ver Tabla No. 1.4 y Figura No. 1.2.
- c) Tiempo de Concentración de la cuenca:

El Tiempo de Concentración se calculó según la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.0195 (L^3/H)^{0.385}$$

donde:

T_c: Tiempo de concentración (minutos)
 L: Longitud total del cauce principal (m)
 H: Densidad total del cauce principal
 ó diferencia de cotas (m.s.n.m)

$$T_c = 0.0195 ((29400 \text{ m})^3 / 753 \text{ m})^{0.385}$$

$$T_c = 220.5 \text{ min.} = 3.6 \text{ horas}$$

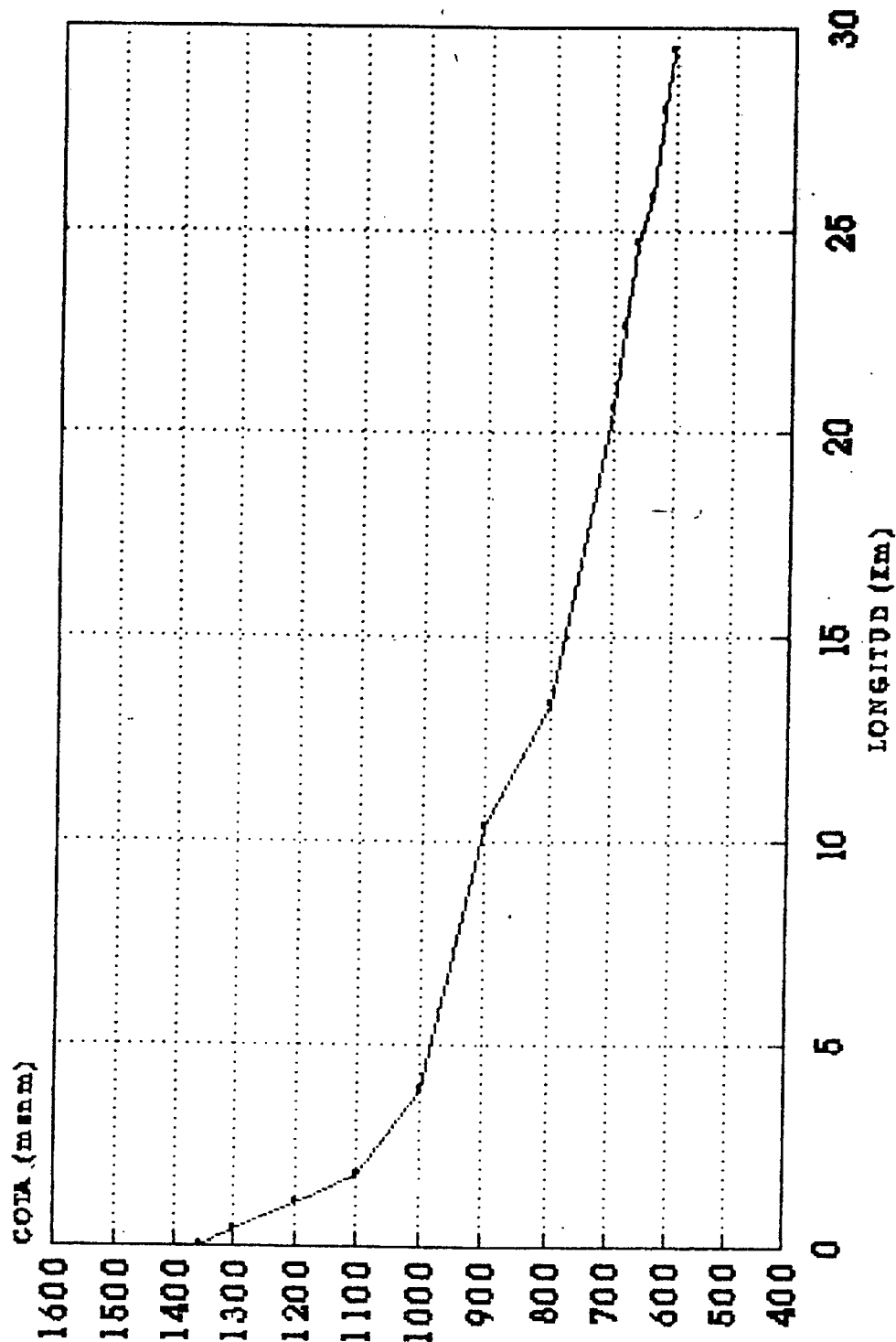
- d) Pendiente media del cauce principal (hasta Paso Angostura): La pendiente es seccionada en dos tramos, el primer tramo (desde la cota de 1.360 hasta 1.000 m.s.n.m.) de 69 m/Km., el segundo tramo (desde la cota de 1.000 hasta 620 m.s.n.m) de 13 m/Km.
- e) Altura media de la cuenca: 1.331 m.s.n.m.
- f) Longitud del Eje Axial: Medida desde el sitio de presa hasta el punto más alejado de la divisoria de la cuenca en línea recta: L_{ax} = 23.1 Km.
- g) Forma de la cuenca: En base al trazado de la divisoria de la cuenca, se midió el perímetro (P) y su área. Se calculó el Factor Forma (F_f), que

TABLA No. 1.4

RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA
PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL

COTA m.s.n.m.	LONGITUD ACUMULADA Km.
1360	0
1300	0.4
1200	1.1
1100	1.8
1000	3.9
900	10.4
800	13.4
700	20.6
680	22.6
660	24.7
640	25.8
620	27.9
607	29.4

FIGURA NO. 12 RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL



MARNR

expresa la proporción del ancho promedio de la cuenca a la longitud axial, para cuencas chatas, el ancho puede exceder la longitud axial, dando una relación mayor que la unidad; dicho factor da una indicación de la tendencia de la cuenca respecto a las crecientes. El Coeficiente de Compacidad (K_c), es la relación del perímetro de la hoya a la circunferencia de círculo cuya área sea igual a la de la cuenca. Este coeficiente es un número abstracto y dependiente de la forma, teniendo un valor mínimo igual a la unidad para una cuenca circular.

Los resultados fueron los siguientes:

$$\begin{array}{llll} P = 91 \text{ Km.} & K_c = 0.282 & P/A & K_c = 1.40 \\ A = 335 \text{ Km}^2. & F_f = A/Lax^2 & & F_f = 0.63 \end{array}$$

donde:

P : Perímetro de la cuenca (Km)

A : Área de la cuenca (Km²)

Lax : Longitud axial de la cuenca (Km)

1.8. Análisis de la Cuenca

a) Relieve

El relieve en la zona de estudio es muy abrupto y quebrado como consecuencia del fuerte encajonamiento de los cursos de agua, favorecidos por la fuerte actividad tectónica que ha caracterizado el área. La disección se manifiesta en una erosión vertical potente, con numerosas y pequeñas gargantas en los drenes principales, así como también en una alta densidad de drenaje.

Dichas características se corresponden con los rasgos comunes del relieve de la cuenca montañosa del Río Portuguesa, de fuertes pendientes y con escasez muy notable de superficies planas, ya sean estructurales ó formadas por depósitos aluviales del río principal ó de sus afluentes.

b) Geología

La Cuenca del Río Yacambú está encerrada dentro de los límites del llamado surco de Barquisimeto, el cual representa el área donde convergen la cordillera oriental de Los Andes Venezolanos y el Sistema Montañoso del Caribe.

"El Surco de Barquisimeto fue demarcado por una línea parecida a una envolvente por: O. Renz, R. Lukeman y Vander Meulen, para un circuito aproximado que desde el norte de Cuicas, sigue al sur de Carora, Oeste del Tocuyo, Guárico, tuerce al suroeste pasando entre Boconó y Biscucuy; luego da una extensa vuelta para regresar por el "Pie de Monte" al norte de Boconó, Ospino y Acarigua. La línea al continuar su recta al norte, incluye a la parte oeste de Barquisimeto, a Bobare, a Matatere y Siquisique.

En el Surco de Barquisimeto afloran rocas sedimentarias, meta-sedimentarias, metamórficas e ígneas con relaciones Crono-Estratigráficas que están fuera de lugar y al parecer, en desafío a todo intento de reconstrucción estructural. La complejidad tectónica-estratigráfica, hace por los eventos ocurridos durante los diferentes procesos orogénicos, que formaron a los dos distintos sistemas montañosos que concurrieron al Surco, para dejar un panorama estructural que muestra corrimientos de estratificación, plegamientos, naps gravitacionales, estructuras de tipo alpino, fallas y bloques exóticos". (5)

c) Estratigrafía

La unidad litológica presente en la cuenca, es la Formación Villanueva, la cual ha sido bastante estudiada, sobre todo en la vertiente izquierda, en la microcuenca de la Quebrada La Negra, que es la zona drenada por el túnel de travesía del embalse hacia el Valle de Quibor (Estado Lara).

La denominación de Formación Villanueva, fue introducida por Von der Dahlen y Toraya (1957) para caracterizar una secuencia de gran espesor de lutita silíceas, grises y negras, con algunas areniscas y calizas intercaladas. La zona de afloramiento está limitada al norte por la Falla de Sanare y al Sur por las Formaciones Río Guacho y Río Yuca del Terciario; en el lado este de la zona, la unidad muestra efectos de metamorfismo regional de bajo grado. Su edad es Cretáceo Superior a Terciario (Paleoceno).

d) Litología

La unidad está compuesta por lutitas silíceas, lutitas carbonosas, lutitas calcáreas, lutitas

pizarrosas (filitas) y ftanitas, cuyos conjuntos pueden estar intercalados por areniscas y calizas lenticulares en menor proporción. El color negro predomina en la litología que al meteorizar, toma diversas tonalidades de gris, marrón oscuro y verde amarillentos.

Se puede apreciar en la litología un suave metamorfismo, el cual supone la consolidación del material y desarrollo de laminación mineral por presión vertical, debido al peso de los materiales acumulados en el lugar de su ambiente de formación. Este tipo de metamorfismo dinamothermal de bajo grado, dificulta en el campo, establecer los límites de las secuencias que son verdaderamente metamórficas, con aquellas que tienen aspectos estructurales, donde predominan las características sedimentarias.

"Para una sección geológica de superficie; con itinerario desde el Paso Angostura-La Gran Parada-Escalera-Río Turbio y Cubiro; es posible distinguir varias secuencias litológicas de la Formación Villanueva. Esta separación litológica consiste aproximadamente en lo siguiente". (5)

1. En el área donde desembocan las Qdas. "La Negra" y "Honda", antes del Paso Angostura, afloran fundamentalmente filitas.
2. Metamorfismo menos intenso y predominio de lutitas pizarrosas básicamente silíceas, a la que intercalan cantidades aparentemente subordinadas de capas delgadas de ftanitas, limotitas estratificadas, algunas meta-areniscas y pequeños lentes de calizas, para la vertiente izquierda de la microcuenca de la quebrada "La Negra".
3. Hacia la divisoria de aguas de la Cuenca Yacambú con la del Turbio, el metamorfismo se hace más fuerte, donde la litología puede ser más silícea y posiblemente esté representada por predominio de meta-areniscas y cuarcitas con respecto a filitas en paquetes menos gruesos que se intercalan.

"Las Filitas y lutitas pizarrosas contienen bastante pirita diseminada en sus masas, sus colores son gris oscuro con predominio del negro azabache, pero las hay gris claro plateado y cuando meteorizan pueden tomar diversas tonalidades marrones, amarillentas, rojizas ó

moradas lilas y, al humedecerse cuando están descompuestas, forman un "Barro" plástico y pegajoso". (5)

e) Estructura

En cuanto a estructura, existen en la zona de estudio, numerosas fallas que la dividen en bloques de diferentes dimensiones, observándose además corrimientos, pliegues, fallas transcurrentes, fracturamiento de rocas y milonitización. En la formación Villanueva se puede distinguir dos patrones de fallas: "Uno más antiguo con rumbo general de N 50 grados E (promedio) y casi paralelo al tren de las abruptas serranías, que creemos representan a fallas regionales, formadas por tectónica gravitacional, donde los movimientos verticales predominan durante su evolución y otro más joven, compuesto por fallas transcurrentes que desplazan al primero, con trazas que señalan hacia el norte". (5)

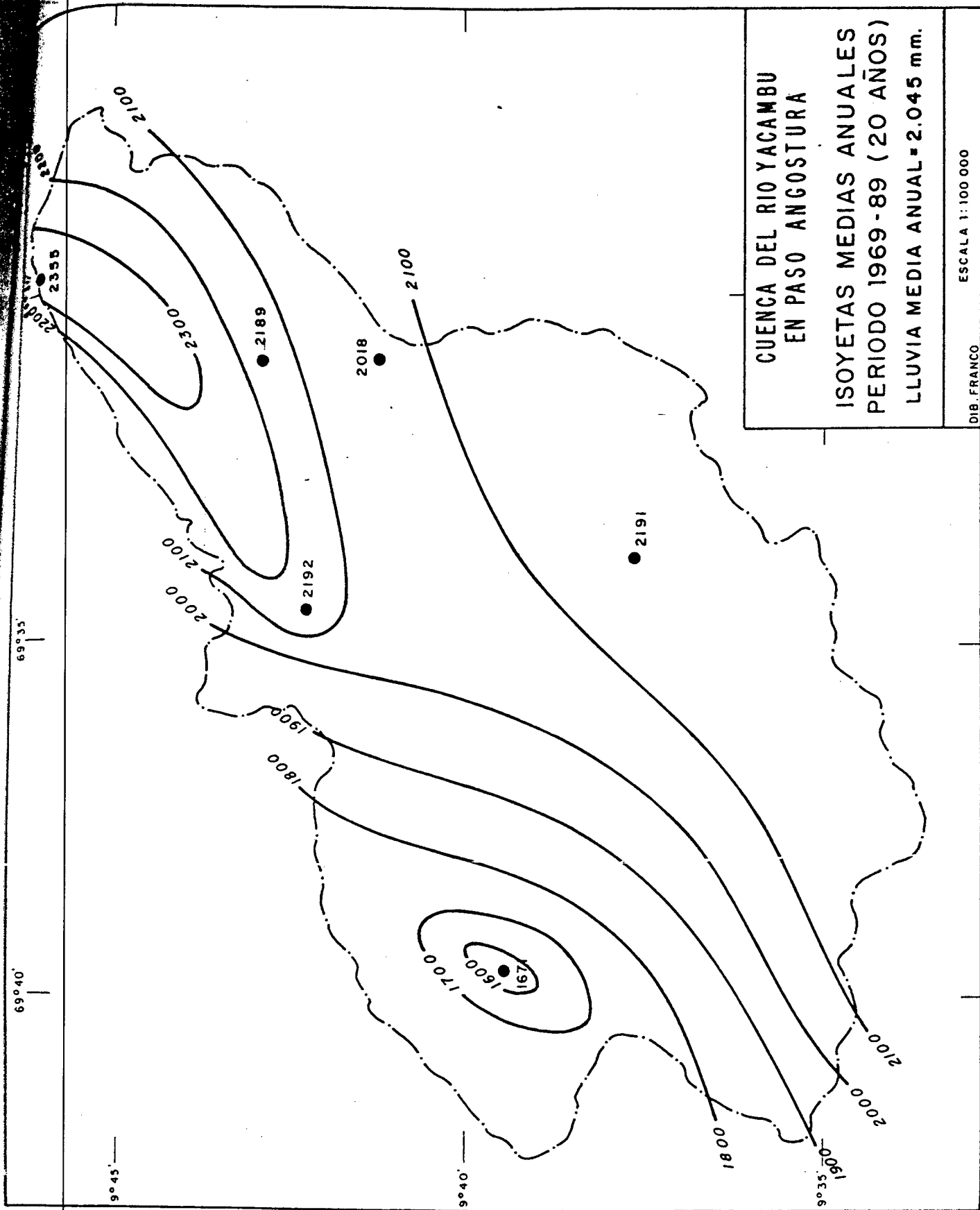
1.9. Climatología

La cuenca del Río Yacumá posee una red formada por cuatro estaciones pluviométricas y una climatológica, de las cuales se ha obtenido la precipitación media anual para el período (1.969-1.989) por el método isoyético es 2.043 mm. (Figura No. 1.3).

La temperatura media anual de la cuenca es de 20.4 grados centígrados, registrándose en Paso Angostura, presentando una evaporación media anual de 1.230 mm. Valores de temperaturas máximas mensuales de 29.5 grados centígrados y mínimos mensuales de 13.5 grados centígrados fueron registrados en la misma estación.

1.10. Hidrología

La estación Paso Angostura, instalada por el I.N.O.S. en Junio de 1.969; ubicada a unos 500 m. aguas abajo del Cañón de Angostura (sitio de presa) en un sitio geográficamente definido: Latitud Norte 9°40', Longitud Oeste 69°30'47" y con una elevación de 590 m.s.n.m., posee información de caudales mensuales desde el año de su instalación hasta el año 1.973, localizable en el Estudio Hidrológico realizado por el Ing. José R. Guilarte, año 1.972.



La historia de la estación hidrométrica presenta los registros diarios de niveles desde el año 1.972 hasta 1.978. La definición de la Curva de Gastos fue posible desde el año 1.972 hasta el mes de Julio de 1.976, año en el cual se comenzaron los trabajos de deforestación y movimientos de tierra en el cañón, sitio de la estación de aforo, por lo que los registros de nivel subsiguiente no presentaron una variación sistemática acordes a una condición natural de generación de caudales.

Para la transformación de niveles de la creciente del 18-05-76 considera en este estudio, se requirió de la extrapolación de la curva de gastos correspondientes por el Método de Área-Velocidad.

La estación se mantuvo inoperativo por un período de 11 años, actualmente ha sido movilizaba unos metros aguas abajo, siendo sus nuevas coordenadas las siguientes: Latitud: 9° 41' 10'' , Longitud: 69° 30' 40'' y su elevación de 558 m.s.n.m.

1.11. Vegetación

" La cuenca del estudio se ubica en las fajas premontano y montano bajo y en la provincia de humedad húmedo, correspondiendo a las zonas de Bosques húmedo premontano y mantuvo bajo, según Holdridge (2)". (5)

En el bosque húmedo premontano (precipitación de 1.100 a 2.200 mm, temperatura media anual entre 18 y 24 grados y relación de evapotranspiración potencial entre 0.5 y 1.0, se desde 600 hasta 1500 m.s.n.m.), el bosque original ha sido mayormente removido encontrándose en los lugares de fuerte pendiente ó donde los suelos son muy pobres. Estos árboles hacen ver que el bosque original contaría con un buen volumen de madera. La vegetación de la sucesión secundaria da un aspecto de exhuberancia, sobresaliendo las especies de árboles representados. Las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del café, cultivo que se distingue en esta zona y contribuye a elevar su densidad de población rural.

El bosque húmedo montano bajo (precipitación de 1.000 - 2,000 mm., relación de evapotranspiración potencial 0.5 a 1.0. , entre 12 y 18 grados centígrados, se extiende desde los 1.500 m.s.n.m. hacia arriba) poco alterado, presenta árboles que alcanzan alturas de 20 a 25 metros mostrando buen desarrollo y alta densidad. Los troncos de estos árboles son más bien lisos, de

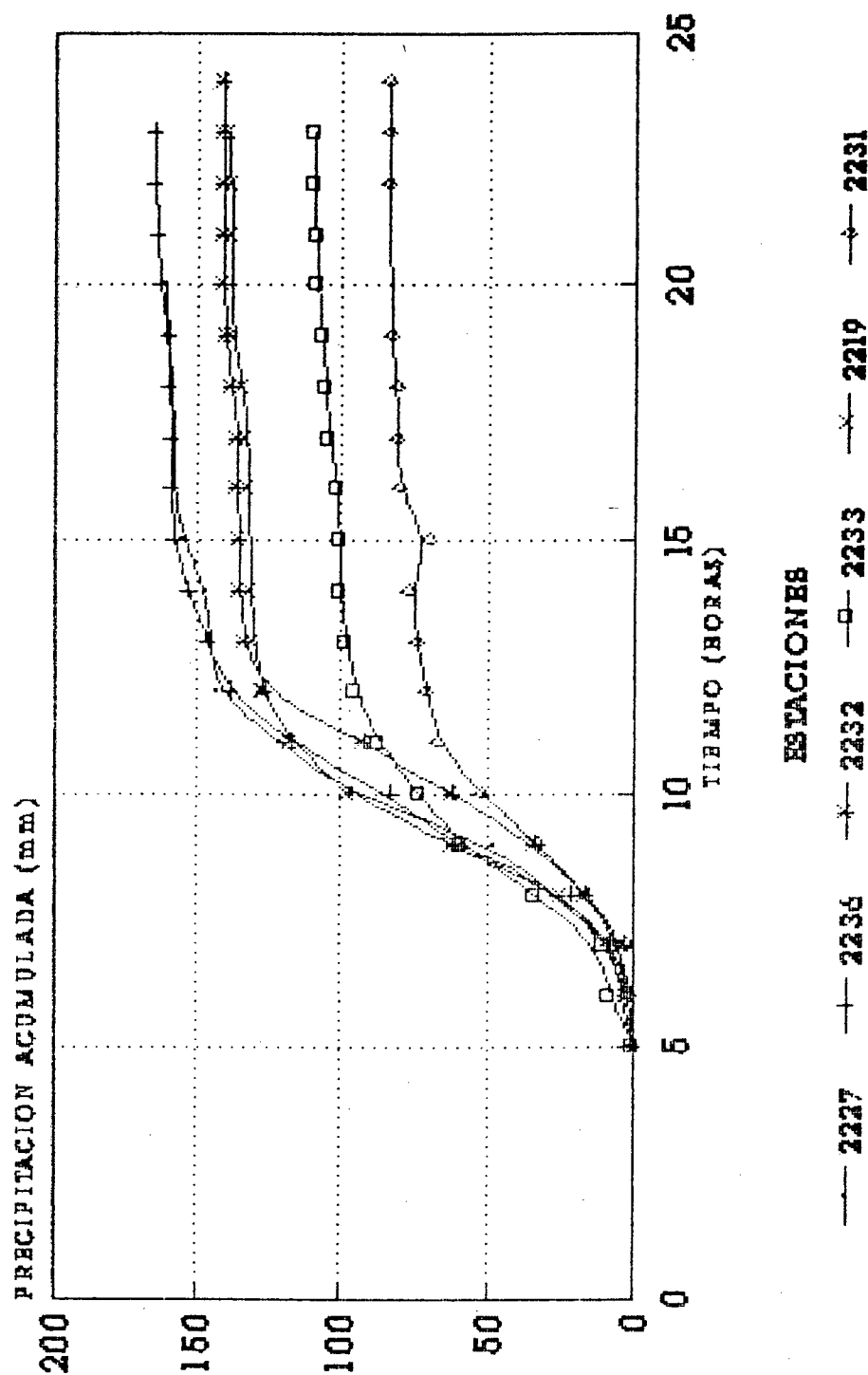
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA TORMENTA



TABLA No. 2.1
PRECIPITACION ACUMULADA (mm)
TORMENTA 18-05-76 (DURACION : 13 horas)

NOMBRE	PRECIPITACION
RIECITO	212.4
LAS CUMBRES	187.4
EL GUAMITO	201.6
LAS TROJAS	148.6
LA CRUZ	104.4
LA ESCALERA	159.2
PASO ANGOSTURA	158.3
AURO	110.2
CRUZ MACHADERA	92.4
MIRACUY	133.4
PARQUE YACAMBU	135.5
RIO CLARO	111.6
EL ZANCUDO	92.0
HDA. AGUACHE	84.8
OSPINO LA ESTACION	87.5
SARARE	51.5
CASPITO	81.3
LAS TABLAS	69.0
SANARE	57.1
AGUA NEGRA	89.7
CUBIRO	62.1
POTRERITOS	64.4
PIRITU	59.0
PLANTA DE MANZANO	24.2
SURUGUAPO	43.3
AGUA BLANCA	25.7
LA CONCORDIA	29.2
SAN MIGUEL	50.1
GUARICO	42.7
CAMPAMENTO L.MARIAS	37.7

FIGURA No. 2.2
CURVA DE MASA. TORMENTA DEL 18-05-76
CUENCA DEL RIO YACAMBU



MARNR

TABLA No. 2.2
LLUVIA HORARIA POR ESTACION DE LA TORMENTA DEL 18-05-76
YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

	PASO	LA	PARQUE			
HORA	ANGOSTURA	ESCALERA	YACAMBU	LA CRUZ	MIRACUY	CASPITO
1	0.6	0	0	0.2	0	0.2
2	2.9	2.4	0.9	8.2	2.2	0
3	3.4	5.6	2.4	2.4	1.7	1.6
4	20.3	13	13.4	22.4	20.3	14.2
5	20.2	40	17	26	38	16.6
6	50	22.6	27.8	14	35	19.4
7	22.8	32.8	30.4	13.6	19	14.6
8	22.8	21.8	33.8	8	10	4.2
9	2	8	7.2	3.4	3	3
10	1.6	6.2	1.4	2	0.8	3
11	8	5.8	0.8	0.6	0	4.4

TABLA No. 2.3
LLUVIA HORARIA ACUMULADA POR ESTACION Y CALCULO DE LA LLUVIA HORARIA PROMEDIO
TORMENTA DEL 18-05-76
CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

	PASO	LA	PARQUE				PROMEDIO	PROMEDIO
HORA	ANGOSTURA	ESCALERA	YACAMBU	LA CRUZ	MIRACUY	CASPITO	PONDERADO	CORREGIDO
	* 0.083	* 0.103	* 0.139	* 0.059	* 0.276	* 0.340		
1	0.6	0	0	0.2	0	0.2	0.1296	0.127656
2	3.5	2.4	0.9	8.4	2.2	0.2	1.8336	1.806096
3	6.9	8	3.3	10.8	3.9	1.8	4.181	4.118285
4	27.2	21	16.7	33.2	24.2	16	20.8199	20.507602
5	47.4	61	33.7	59.2	62.2	32.6	46.6455	45.945818
6	97.4	83.6	61.5	73.2	97.2	52	74.0695	72.958458
7	120.2	116.4	91.9	86.8	116.2	66.6	94.5763	93.157656
8	143	138.2	125.7	94.8	126.2	70.8	108.0723	106.45122
9	145	146.2	132.9	98.2	129.2	73.8	112.1117	110.43002
10	146.6	152.4	134.3	100.2	130	76.8	114.4365	112.71995
11	154.6	158.2	135.1	100.8	170	81.2	117.3405	115.58039

PROMEDIO CORREGIDO=PROMEDIO PONDERADO * F

F = MEDIA POR ISOYETAS/MEDIA POR THIESSEN

F = 115.37/117.15 F = 0.985

* ... PESOS SEGUN THIESSEN

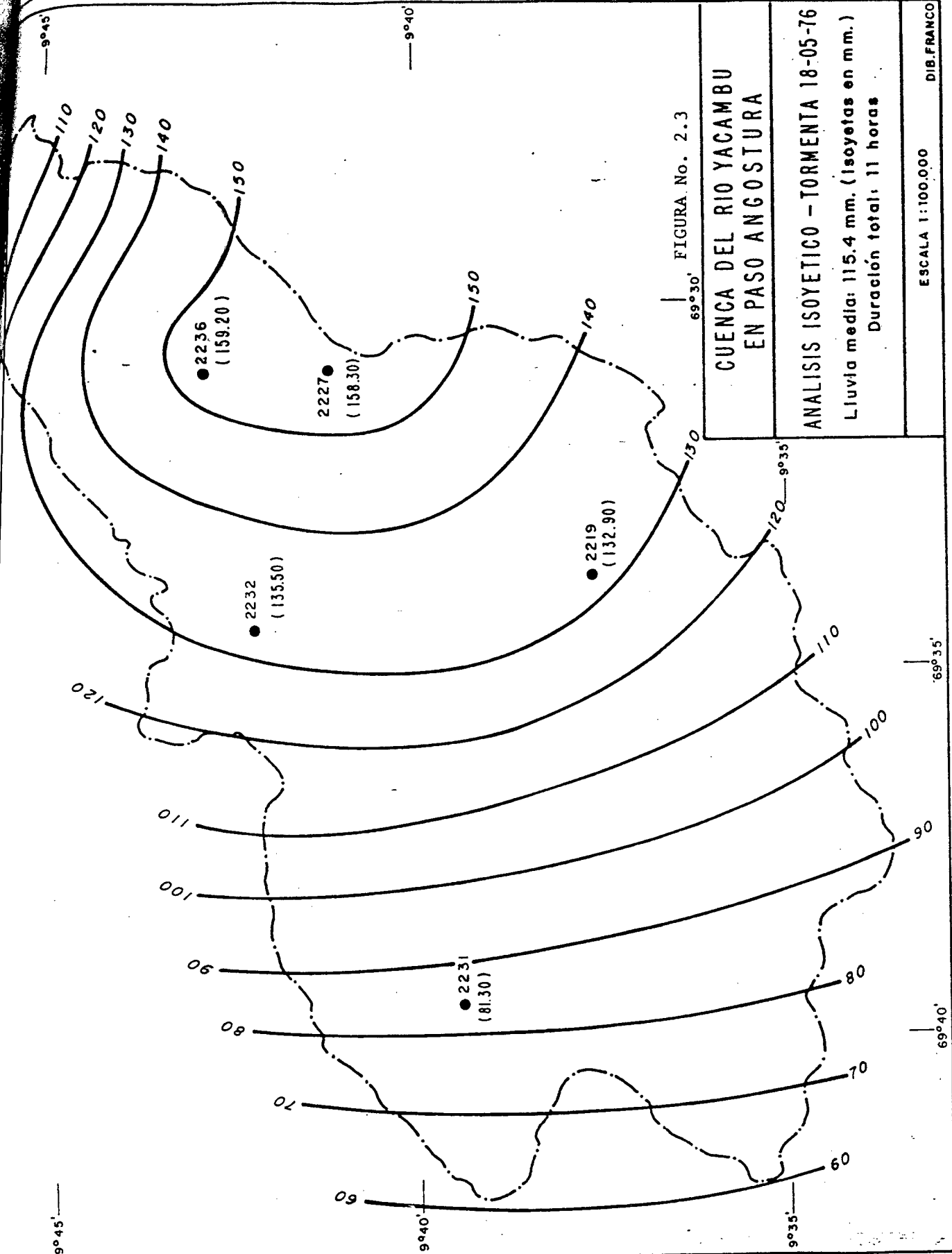


FIGURA No. 2.3

CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

ANALISIS ISOYETICO - TORMENTA 18-05-76

Lluvia media: 115.4 mm. (Isoyetas en mm.)

Duración total: 11 horas

ESCALA 1:100.000

DIB. FRANCO

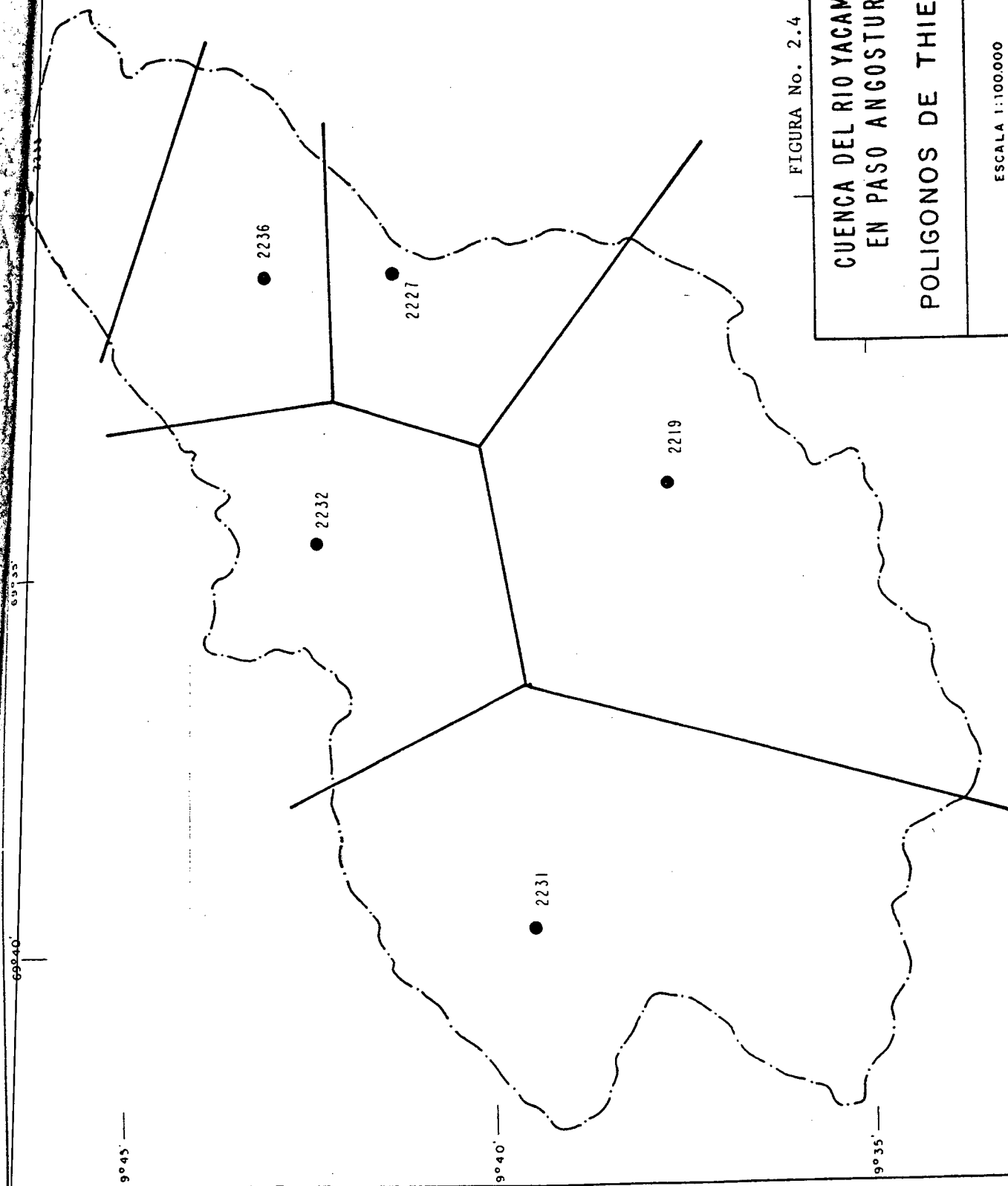


FIGURA No. 2.4

CUENCA DEL RIO YACAMBU
EN PASO ANGOSTURA

POLIGONOS DE THIESEN

ESCALA 1:100.000

DIB. FRANCO

TABLA No. 2.4
CALCULO DEL FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION MEDIA

ISOYETA (mm)	AREA (Km2)	ESTACIONES QUE ABARCA HASTA I=60 mm.	PREC. MEDIA THIESSEN (mm)	PREC. MEDIA ISOYETAS (mm)	FACTOR DE AJUSTE
150	27.2	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227)	156.73	155.00	0.989
140	67.5	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233)	150.02	149.03	0.993
130	122.7	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233)	141.98	142.72	1.005
120	154.4	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233)	139.23	137.11	0.997
110	191.9	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	137.11	134.54	0.981
100	238.6	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	130.33	128.76	0.988
90	268.8	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	126.00	124.96	0.992
80	295.3	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	122.00	121.38	0.995
70	313.1	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	119.62	118.74	0.993

TABLA No. 2.4 (continuación)
CALCULO DEL FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION MEDIA

ISOYETA (mm)	AREA (Km ²)	ESTACIONES QUE ABARCA HASTA I=60 mm.	FREC. MEDIA THIESSEN (mm)	FREC. MEDIA ISOYETAS (mm)	FACTOR DE AJUSTE
60	335	LA ESCALERA (2236) PASO ANGOSTURA (2227) MIRACUY (2219) PARQUE YACAMBU (2232) LA CRUZ (2233) CASPITO (2231)	117.15	115.37	0.985

FUENTE: MARNR

vecinas después de haber intercambiado para cada isoyeta, esto nos dio la lluvia promedio por áreas de distintos tamaños. Se selecciona la lluvia máxima para las diferentes duraciones hasta la duración de la tormenta y para cada área. En la tabla N°. 2.5 se presenta la lluvia máxima para diferentes duraciones y para el área de la cuenca.

f) Se graficaron las lluvias máximas en papel semilogarítmico ó curvas de Área-Duración-Frecuencia (AAD). (Figura N° 2.5)

2.2 Cálculo de la Precipitación Máxima Probable

La precipitación máxima probable, es decir, aquella cantidad de lluvia que caería sobre la cuenca (335 Km²), la cual produciría un caudal de una creciente tan grande que sería difícil algún día ser excedida, se ha calculado en este estudio por el Método de Maximización de tormentas.

Para ello se recopiló una serie de datos meteorológicos de la tormenta del día 18 de Mayo de 1.976, sus isoyetas, las curvas AAD, el punto de rocío representativo de la tormenta y el punto de rocío máximo persistente durante seis horas consecutivas que se presentó en la estación climatológica más cercana (Estación Barquisimeto-Aeropuerto) para el período 1.952-72, (Ver Tabla No. 2.6)

Cálculo del Agua Precipitable.

- a). Dado que la cuenca en estudio no presenta estaciones climatológicas que realizan la medición de la temperatura del punto de rocío, se considero el punto de rocío ($T_d = 19.8^{\circ}\text{C}$) medido en la estación Barquisimeto-FAV (590 m.s.n.m), llevandolo hasta la altura media de la cuenca (1.331 m.s.n.m) mediante el diagrama termodinámico del servicio de Meteorología de la Comandancia de las Fuerzas Armadas de Venezuela (Anexo No. 1) por la pseudo-adiabática obteniendo un valor de 19.2°C
- b) A el valor medio de los registros de punto de rocío (20.9°C) y a su desviación estándar (0.6), (ver Tabla No.2.6), se le ajusto una distribución de probabilidades extremas aplicando el paquete GUMBEL.EXE, cuya salida se presenta a continuación en el archivo TDYAC.SAL, la cual produce pares de coordenadas siendo su abscisa períodos de retorno y su ordenada valores máximos de temperaturas de

TABLA No. 2.5

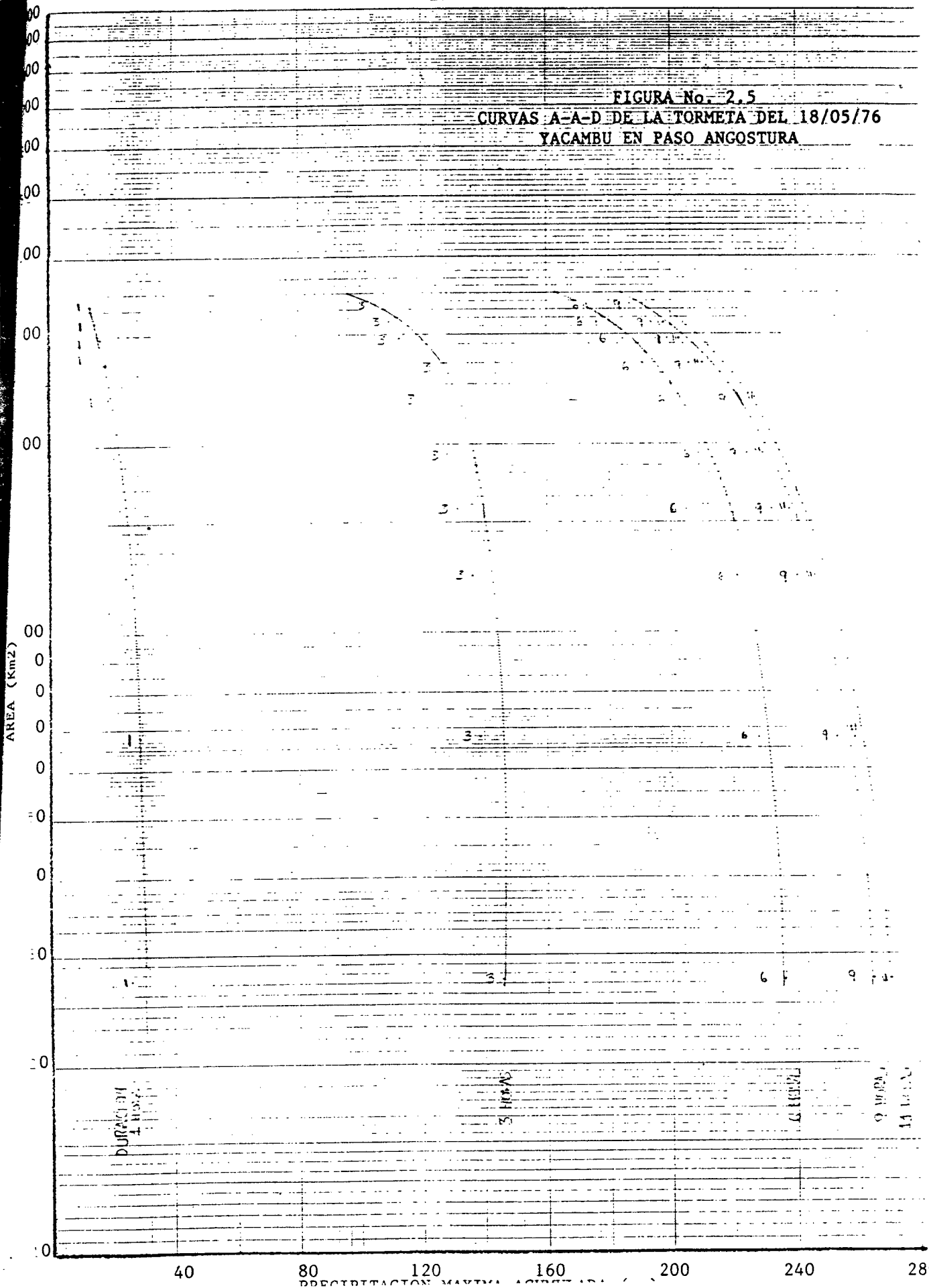
VALORES DE LA CURVA AAD
MAXIMO ESPESOR DE LLUVIA PARA EL AREA DE LA CUENCA (335 Km2)
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

DURACION (horas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MAXIMO ESPESOR DE LLUVIA (mm)	27.0	52.5	72.7	9.0	102.3	106.3	108.8	111.3	113.6	115.3	115.4

TABLA No. 2.6
TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO MAXIMO PERSISTENTE
DURANTE SEIS HORAS CONSECUTIVAS
ESTACION: BARQUISIMETO-FAV. PERIODO: 1.952-72

AÑO	TD
1952	22.0
1953	22.2
1954	20.6
1955	20.7
1956	21.0
1957	20.7
1958	21.1
1959	20.6
1960	19.4
1960	20.7
1962	20.9
1963	21.5
1964	20.4
1965	20.7
1966	21.2
1967	20.6
1968	21.2
1969	21.6
1970	21.1
1971	20.7
1972	21.4
MEDIA S	20.9 0.6

FIGURA No. 2.5
CURVAS A-A-D DE LA TORMETA DEL 18/05/76
YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



TD.SAL

AJUSTE CON PAPEL DE GUMBEL : PERIODO 1952-72

PRUEBA DE AJUSTE PARA DATOS NO AGRUPADOS

SEGUN EL TEST DE SMIRNOV KOLMOGOROV.

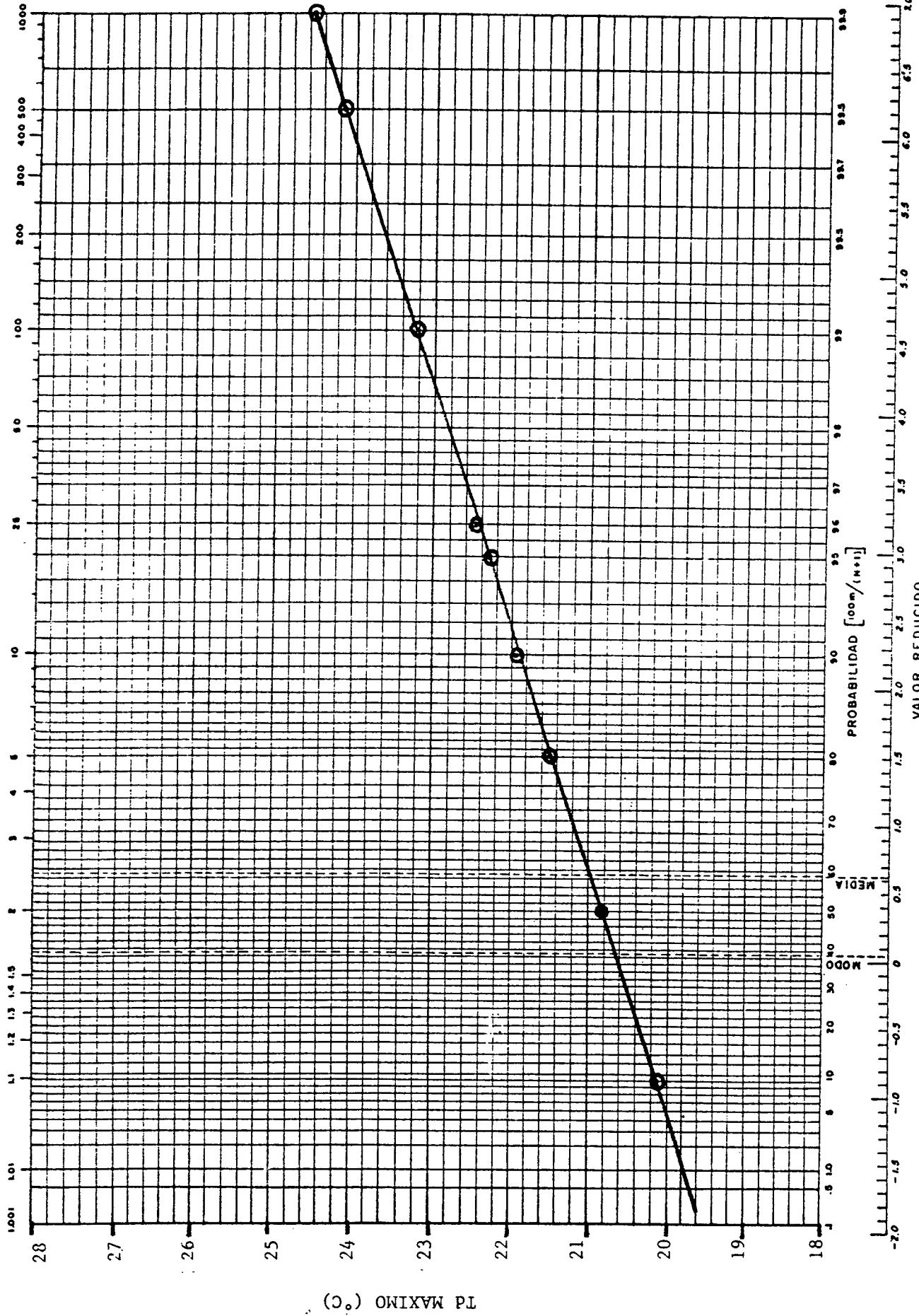
n	Y	Probabilidades		|DIF|
		Empirica $[m/(N+1)]$	Teorica $F_X(X)$	
1	19.4	.045455	.000080	.045374
2	20.4	.090909	.201572	.110663
3	20.6	.136364	.325130	.188767
4	20.6	.181818	.325130	.143312
5	20.6	.227273	.325130	.097857
6	20.6	.272727	.325130	.052407
7	20.6	.318182	.325130	.006949
8	20.7	.363636	.390230	.026593
9	20.7	.409091	.390230	.018851
10	20.7	.454545	.390230	.064316
11	21.0	.500000	.575282	.075282
12	21.0	.545455	.575282	.029827
13	21.1	.590909	.429312	.038433
14	21.1	.636364	.429312	.007032
15	21.2	.681818	.678510	.003308
16	21.2	.727273	.678510	.048763
17	21.4	.772727	.741791	.010936
18	21.5	.818182	.784216	.021966
19	21.6	.863636	.826243	.037393
20	22.0	.909091	.910350	.001259
21	22.2	.954545	.936234	.018311

DELTA MAXIMO OBSERVADO188767
DELTA CRITICO DE SMIRNOV KOLMOGOROV PARA (N;ns) = (21,0.05)286

***** CONCLUSION DEL TEST ***** Se acepta el ajuste

PERIODO DE RETORNO	X GUMBEL
1.1	20.172
2.0	20.872
5.0	21.512
10.0	21.935
20.0	22.341
25.0	22.470
50.0	22.867
100.0	23.261
500.0	24.171
1000.0	24.562

PAPEL DE PROBABILIDAD EXTREMA
PERIODO DE RETORNO (años)



rocío. Dichas cordenadas fueron graficadas en papel de Gumbel dando como resultado una línea recta (Ver Figura No. 2.6). De esta forma se maximizó los puntos de rocío.

- c) Del archivo de salida TDYAC.SAL, se escogió el punto de rocío correspondiente al periodo de retorno de 25 años ($T_d(25) = 22.4 \text{ C}$), el cual es la frecuencia que se dispuso para el cálculo del la FMP. Este valor se trasladó, según el diagrama termodinámico hasta la presión de los 1.000 milibares, obteniendo un punto de rocío ($T_d(25)$ a 1.000 mb) = 25 C.
- d) Tanto el punto de rocío escogido en el paso anterior como el punto de rocío de la tormenta fueron registrados en la altura de la estación Barquisimeto-FAV (590 m.s.n.m.). El primero fué trasladado, según el Diagrama Termodinámico, hasta la presión de 1.000 milibares, el segundo se trasladó hasta la altura media de la cuenca (1.331 m.s.n.m.).

$T_d \text{ maximo } (25) \text{ a } 590 \text{ msnm} = 22.4 \text{ C}$
 $T_d \text{ maximo } (25) \text{ a } 1.000 \text{ msnm} = 25.0 \text{ C}$

$T_d \text{ (tormenta) a } 590 \text{ msnm} = 19.8 \text{ C}$
 $T_d \text{ (tormenta) a } 1.331 \text{ msnm} = 19.2 \text{ C}$

- e) El cálculo del agua precipitable se realizó utilizando los gráficos del Anexo No. 2.

Cálculo del Agua precipitable máximo (W máximo)

$T_d \text{ máximo } (1.000 \text{ mb}) = 25 \text{ C}$

$W(300 \text{ mb} - 1000 \text{ mb}) - W(300 \text{ mb} - 1330 \text{ m}) = W(1330 \text{ m} - 1000 \text{ mb})$

$W(1330 \text{ m} - 1000 \text{ mb}) = 3.18 \text{ plg} - 1.07 \text{ plg}$

$W \text{ máximo} = 2.11 \text{ plg} = 5.36 \text{ cm}$

Cálculo del Agua precipitable de la tormenta (W_t) para $T_r = 25$ años. $T_d = 19.2 \text{ C}$

$W_t(300 \text{ mb} - 1000 \text{ mb}) - W_t(300 \text{ mb} - 1330 \text{ m}) = W_t(1330 \text{ m} - 1000 \text{ mb})$

$W_t(1330 \text{ m} - 1000 \text{ mb}) = 1.90 \text{ plg} - 0.75 \text{ plg}$

$W_t = 1.15 \text{ plg} = 2.92 \text{ cm}$

Cálculo del Factor de Ajuste de la PMP

$$Fa = \frac{W_{\text{máximo}}}{W_t}$$

$$Fa = \frac{5.36 \text{ cm}}{2.92 \text{ cm}}$$

$$Fa = 1.84$$

En la Tabla No. 2.7 se encuentra la PMP para diferentes duraciones afectada por el factor de ajuste.

Cálculo de la Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva, aquella porción de la precipitación total que produce escurrimiento, se calculó por el Método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS). El procedimiento a continuación está referido en su totalidad al Anexo No. 3.

- a) Se calculó la lluvia de los cinco días antecedentes al evento del 18-05-76, promediando las 6 estaciones, lo que resultó de 4.60 cm., considerándose así dentro de la clasificación CHA=II (3.60 - 5.30 cm.). (Tabla No. 2.8)
- b) Según el informe de Ordenación Conservacionista de la Cuenca Hidrográfica del Río Yacambú consultado como bibliografía, la clasificación de los Suelos es tipo "D" (Alto potencial de escorrentía).
- c) La Condición Hidrológica: mayor de 75 % (Buena)
- d) Uso de la tierra: cultivos en hileras estrechas (hileras rectas).
- e) Número de Curva: 87

$$S = \frac{1000}{NC} - 10$$

$$S = \frac{1000}{87} - 10$$

$$S = 1.49 \text{ plg} = 3.8 \text{ cm}$$

TABLA No. 2.7
 PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE PARA $T_r = 25$ AÑOS DE LA TORMENTA DEL 18-05-76
 Y CALCULO DE LA LAMINA ESCURRIDA POR EL METODO DE SCS
 CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

(1)	(2)	(3)	(4)
DURACION (horas)	PRECIPITACION MAXIMA (mm)	PMP (25) (2)*1.84	LAM. ESCURRIDA Q (mm)
1.00	27.00	49.68	23.81
2.00	52.50	96.60	62.47
3.00	72.70	133.77	97.08
4.00	89.00	163.76	125.73
5.00	102.30	188.23	149.37
6.00	106.30	195.59	156.52
7.00	108.80	200.19	160.99
8.00	111.30	204.79	165.47
9.00	113.60	209.02	169.59
10.00	115.30	212.15	172.65
11.00	115.40	212.34	172.82

TABLA No. 2.8

HUMEDAD DE LOS CINCO DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO (18-05-76)
CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

ESTACION	PRECIPITACION (mm)
CASPITO	25.8
LA ESCALERA	29.4
MIRACUY	27.3
PARQUE YACAMBU	53.0
PASO ANGOSTURA	32.2
LA CRUZ	106.6
PROMEDIO :	46.0

donde:

NC: Número de Curva

S : Diferencia máxima (P-Q)

f) Cálculo de la lámina escurrida

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)}{P + 0.8 * S}$$

donde:

P : Lámina precipitada (plg)

Q : Lámina escurrida (plg)

S : Diferencia máxima (P-Q) (plg)

Para T = 1 hora

$$P(1 \text{ h}) = \overset{4.96}{\cancel{4.56}} \text{ cm} = 1.96 \text{ plg}$$

$$Q = \frac{1.96 - 0.2 * 1.49}{P + 0.8 * 1.49}$$

$$Q = 0.94 \text{ plg} = 2.381 \text{ cm}$$

Un procedimiento similar al anterior, se siguió para el resto de las duraciones.

En la Tabla No. 2.7, se encuentra las precipitaciones efectivas para las diferentes duraciones de FMP de período de retorno 25 años, según el método aplicado (SCS)

3. CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

Se calculó los hidrogramas unitarios de las crecientes mayores registradas y los datos de lluvia de las tormentas correspondientes. Se consideraron tres hidrogramas totales, el primero de ellos, producido por la tormenta analizada anteriormente en este estudio (18-05-76), los otros pertenecientes a las tormentas de fecha 20-10-70 y 04-10-71 tomadas del Estudio Hidrológico del Río Yacambu (1). (Ver Figuras Nos. 3.1, 3.2 y 3.3).

3.1 Cálculo de los Hidrogramas Unitarios

Para el cálculo del Hidrograma Unitario de la creciente del 18-05-76, se procedió como sigue:

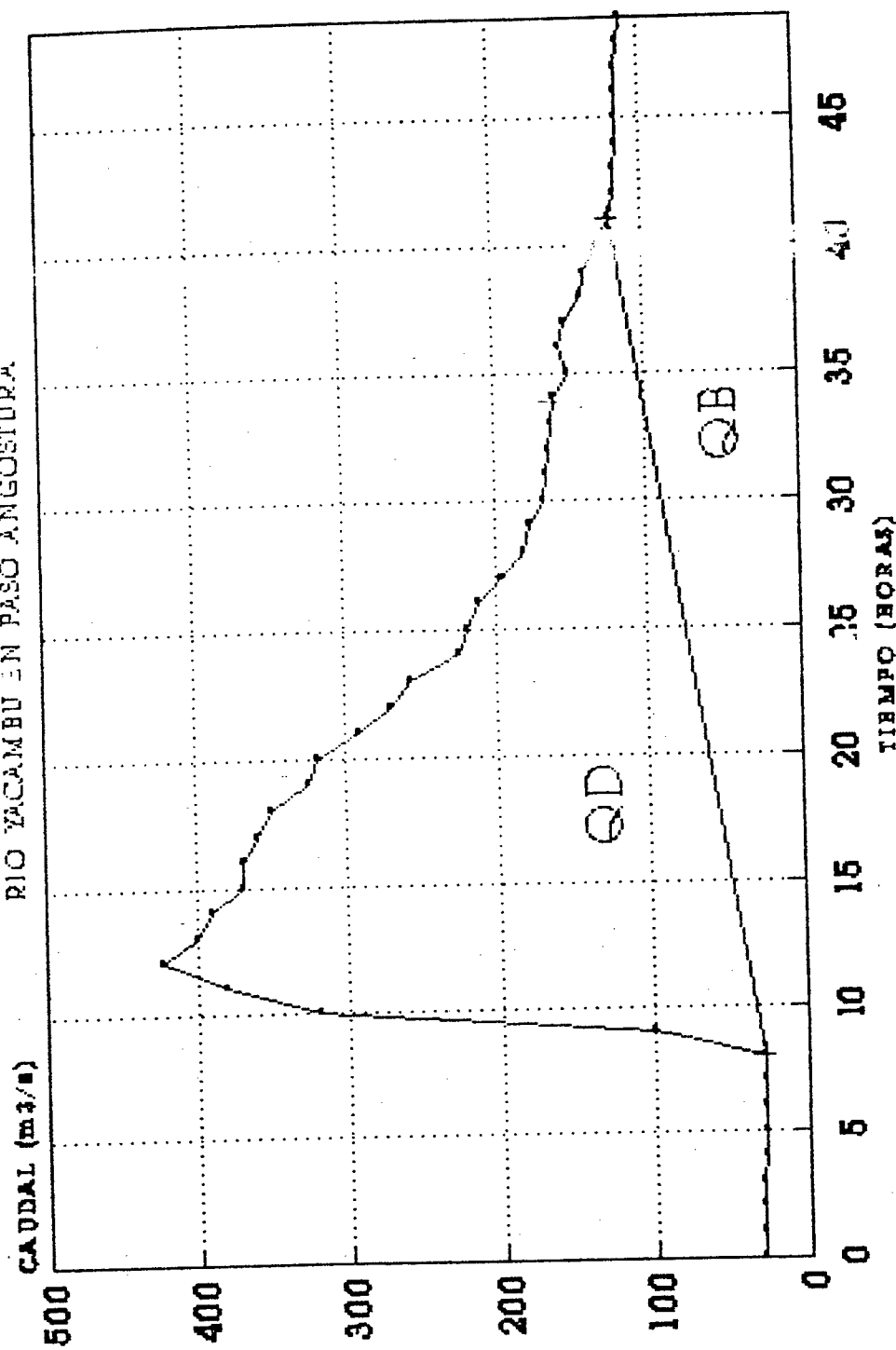
- a) Se graficó en papel semilogarítmico la rama descendente del hidrograma total, siendo el eje logarítmico, el caudal y el eje normal, el tiempo (Figura N° 3.4), para escoger el límite del caudal base, representado en la Figura N° 3.1.
- b) En la Tabla N° 3.1 se presenta el cálculo del Hidrograma Unitario por el Método Tradicional, su lámina escurrida (58.35 mm.) y la duración de su precipitación efectiva (1 hora).
- c) En la Figura N° 3.5 se observa la representación gráfica de dicho hidrograma unitario.
- d) Se debe hacer notar que los cálculos de los hidrogramas unitarios para las crecientes de fechas 20-10-70 y 04-10-71 fueron tomados del Estudio Hidrológico del Río Yacambu del MOP. mencionado en las referencias, y se muestra en las Tablas Nos. 3.2 y 3.3 y Figuras Nos. 3.6 y 3.7 respectivamente.

Un resumen de la duración de la precipitación efectiva para los hidrogramas unitarios estudiados, se presentan a continuación:

- H.U. del 18-05-76, 1 hora
- H.U. del 20-10-70, 1 hora
- H.U. del 04-10-71, 2 horas

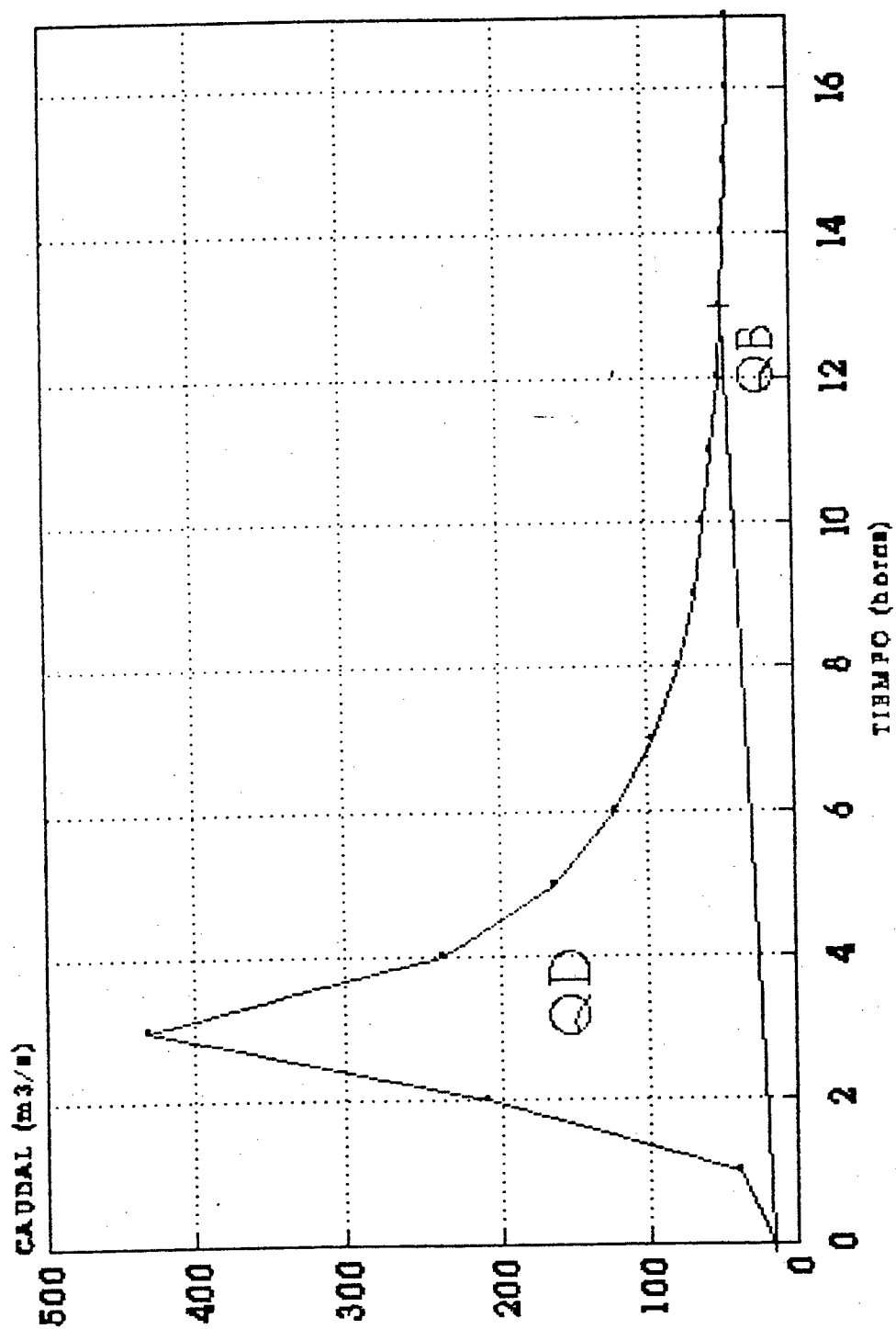
FIGURA No. 3.1 HIDROGRAMA TOTAL

RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



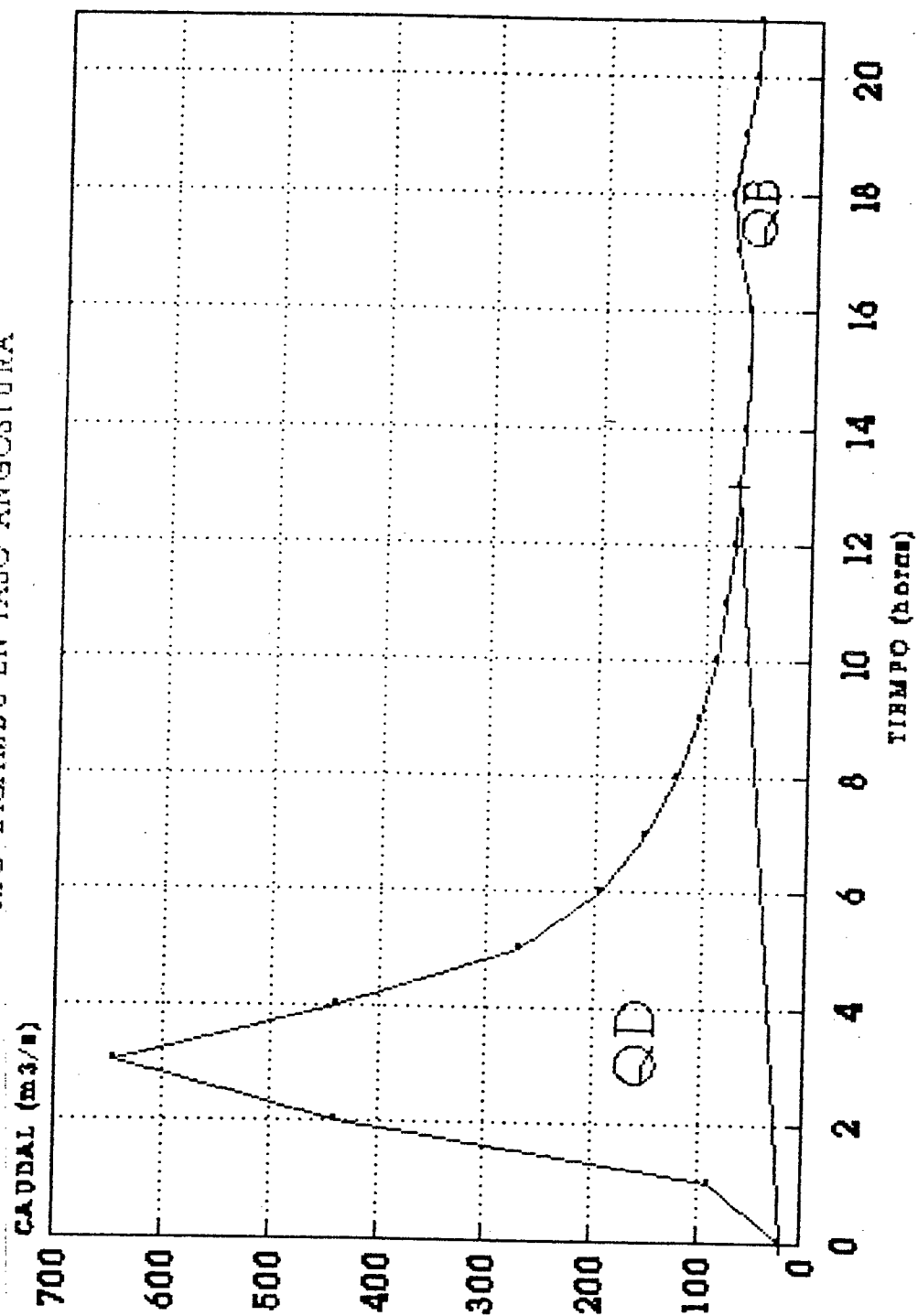
CRECIENTE 18-05-76

FIGURA No. 3.2
HIDROGRAMA TOTAL
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



CRECIENTE 20-10-70

FIGURA NO. 3.3
HIDROGRAMA TOTAL
 RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



CRECIENTE DEL 04-10-71

RAMA DESCENDENTE DEL HIDROGRAMA
TOTAL DE LA CRECIENTE DEL 18-05-76
CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

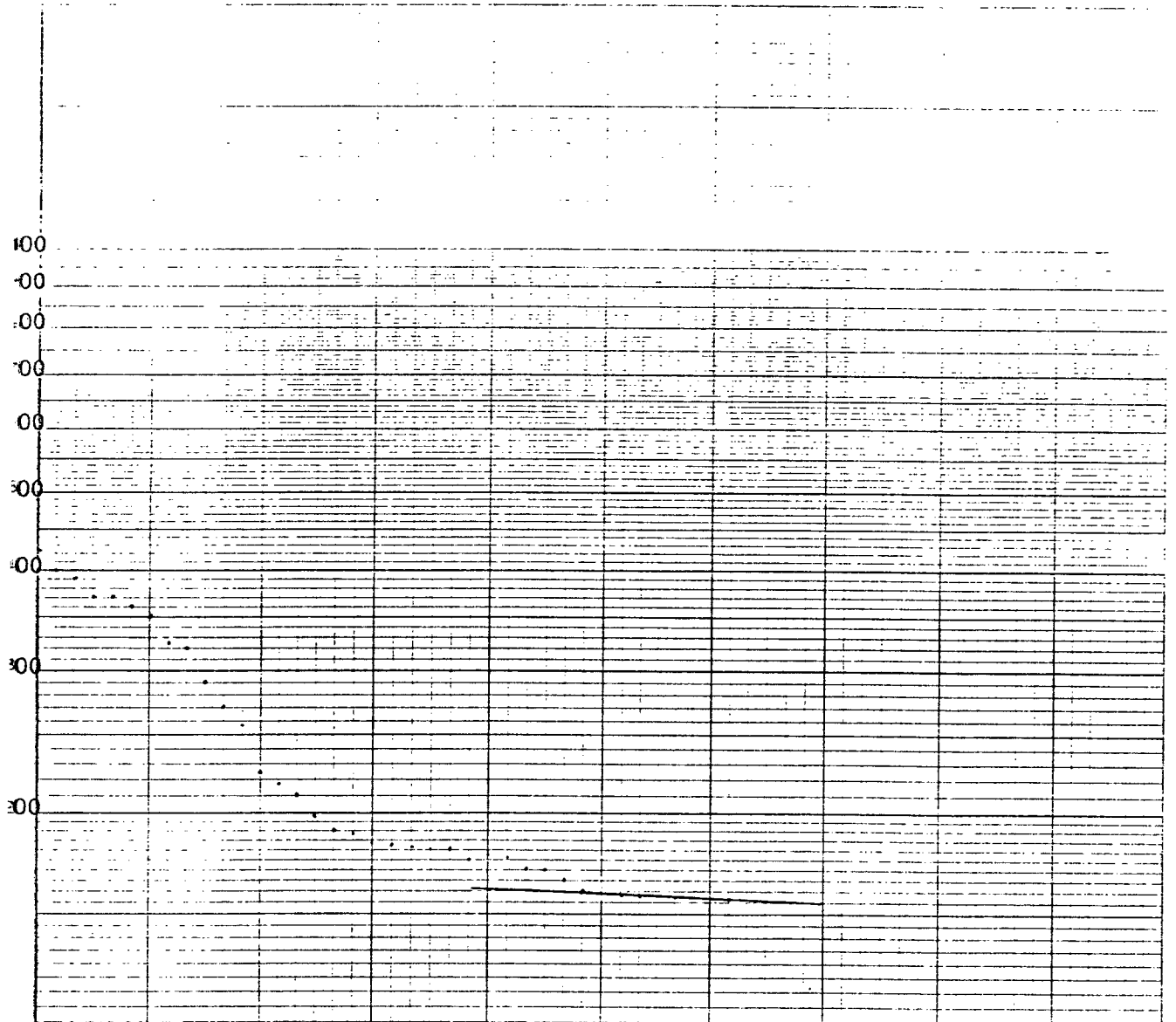


TABLA No. 3.1
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA
CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO
CRECIENTE DEL 18-05-76

TIEMPO horas	Q. TOTAL m ³ /s	Q. BASE m ³ /s	Q. DIRECTO m ³ /s	Qi m ³ /s	H. UNITARIO m ³ /s/mm
0	30	-	-	-	-
1	30	-	-	-	-
2	30	-	-	-	-
3	30	-	-	-	-
4	27	-	-	-	-
5	27	-	-	-	-
6	27	-	-	-	-
7	27	-	-	-	-
8	27	27	0	-	0.00
9	100	29.9	70.1	35.1	1.20
10	320	32.8	287.2	178.7	4.92
11	380	35.6	344.4	315.8	5.90
12	423	38.5	384.5	364.5	6.59
13	400	41.4	358.6	371.6	6.15
14	390	44.3	345.7	352.2	5.92
15	370	47.2	322.8	334.3	5.53
16	370	50.0	320.0	321.4	5.48
17	360	52.9	307.1	313.6	5.26
18	350	55.8	294.2	300.7	5.04
19	325	58.7	266.3	280.3	4.56
20	320	61.6	258.5	262.4	4.43
21	290	64.4	225.6	242.1	3.87
22	270	67.3	202.7	214.2	3.47
23	257	70.2	186.8	194.8	3.20
24	225	73.1	151.9	169.4	2.60
25	218	75.9	142.1	147.0	2.44
26	210	78.8	131.2	136.7	2.25
27	195	81.7	113.3	122.3	1.94
28	180	84.6	95.4	104.4	1.63
29	177	87.5	89.5	92.5	1.53
30	167	90.3	76.7	83.1	1.31
31	165	93.2	71.8	74.3	1.23
32	163	96.1	66.9	69.4	1.15
33	161	99.0	62.0	66.5	1.06
34	160	101.9	58.1	60.1	1.00
35	150	104.7	45.3	51.7	0.78
36	155	107.6	47.4	46.4	0.81
37	152	110.5	41.5	44.5	0.71
38	140	113.4	26.6	34.1	0.46
39	138	116.3	21.7	24.2	0.37
40	130	119.1	10.9	16.3	0.19
41	122	122.0	0.0	5.5	0.00
				5 430.1	

AREA = 335 Km².

LAMINA ESCURRIDA = 58.35 mm.

TABLA No. 3.2
 CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO
 RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA
 CRECIENTE DEL 20-10-70

TIEMPO:	Q. TOTAL	Q. BASE	Q. DIRECTO	Qi	H. UNITARIO
horas:	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s/mm
0	16	16	0		0
1	39	18.4	20.6	10.3	1.5657473
2	210	20.8	189.2	104.9	14.380553
3	430	23.1	406.9	298.05	30.92731
4	237	25.5	211.5	309.2	16.075513
5	163	27.9	135.1	173.3	10.268566
6	123	30.3	92.7	113.9	7.0458629
7	95	32.7	62.3	77.5	4.7352455
8	76	35	41	51.65	3.1162932
9	66	37.4	28.6	34.8	2.1738045
10	60	39.8	20.2	24.4	1.5353445
11	54	42.2	11.8	16	0.8968844
12	49	44.6	4.4	8.1	0.3344315
13	47	47	0	2.2	0
				1224.3	

AREA=335 Km2 LAMINA ESCURRIDA = 13.15666 mm

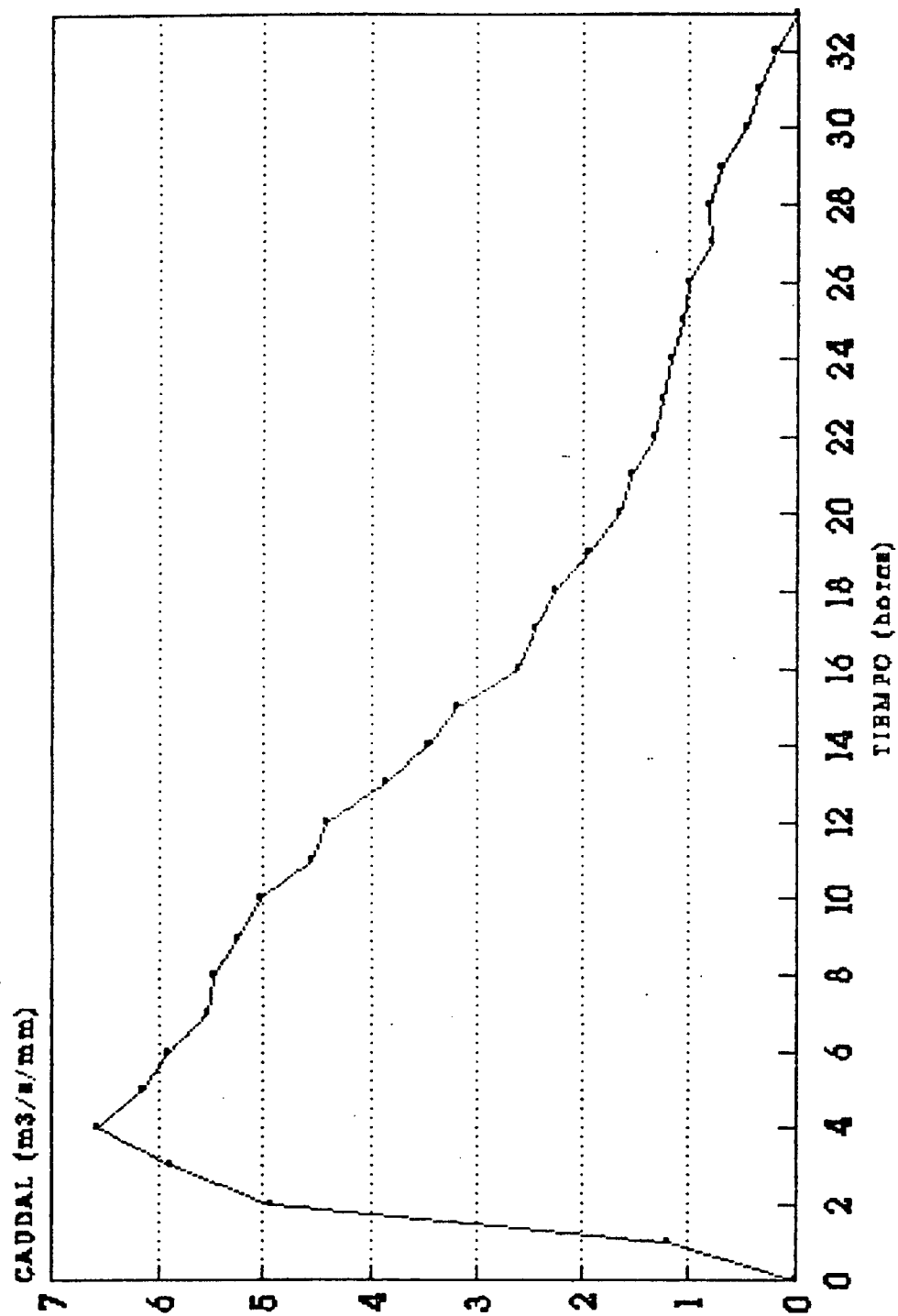
TABLA No. 3.3
 CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO
 RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA
 CRECIENTE DEL 04-10-71

TIEMPO:	Q. TOTAL	Q. BASE	Q. DIRECTO	Qi	H. UNITARIO
horas:	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s/mm
0	20	20	0		0
1	90	23.9	66.1	33.05	2.8393908
2	440	27.7	412.3	239.2	17.710754
3	645	31.6	613.4	512.85	26.349203
4	440	35.4	404.6	509	17.379993
5	270	39.3	230.7	317.65	9.9099463
6	195	43.1	151.9	191.3	6.5250145
7	154	47	107	129.45	4.5962907
8	125	50.8	74.2	90.6	3.1873343
9	105	54.7	50.3	62.25	2.1606862
10	90	58.5	31.5	40.9	1.3531136
11	80	62.5	17.5	24.5	0.7517298
12	73	66.2	6.8	12.15	0.2921007
13	70	70	0	3.4	0
				2166.3	

AREA=335 Km2 LAMINA ESCURRIDA = 23.27964 mm

FIGURA No. 3.5
HIDROGRAMA UNITARIO (18-05-76)

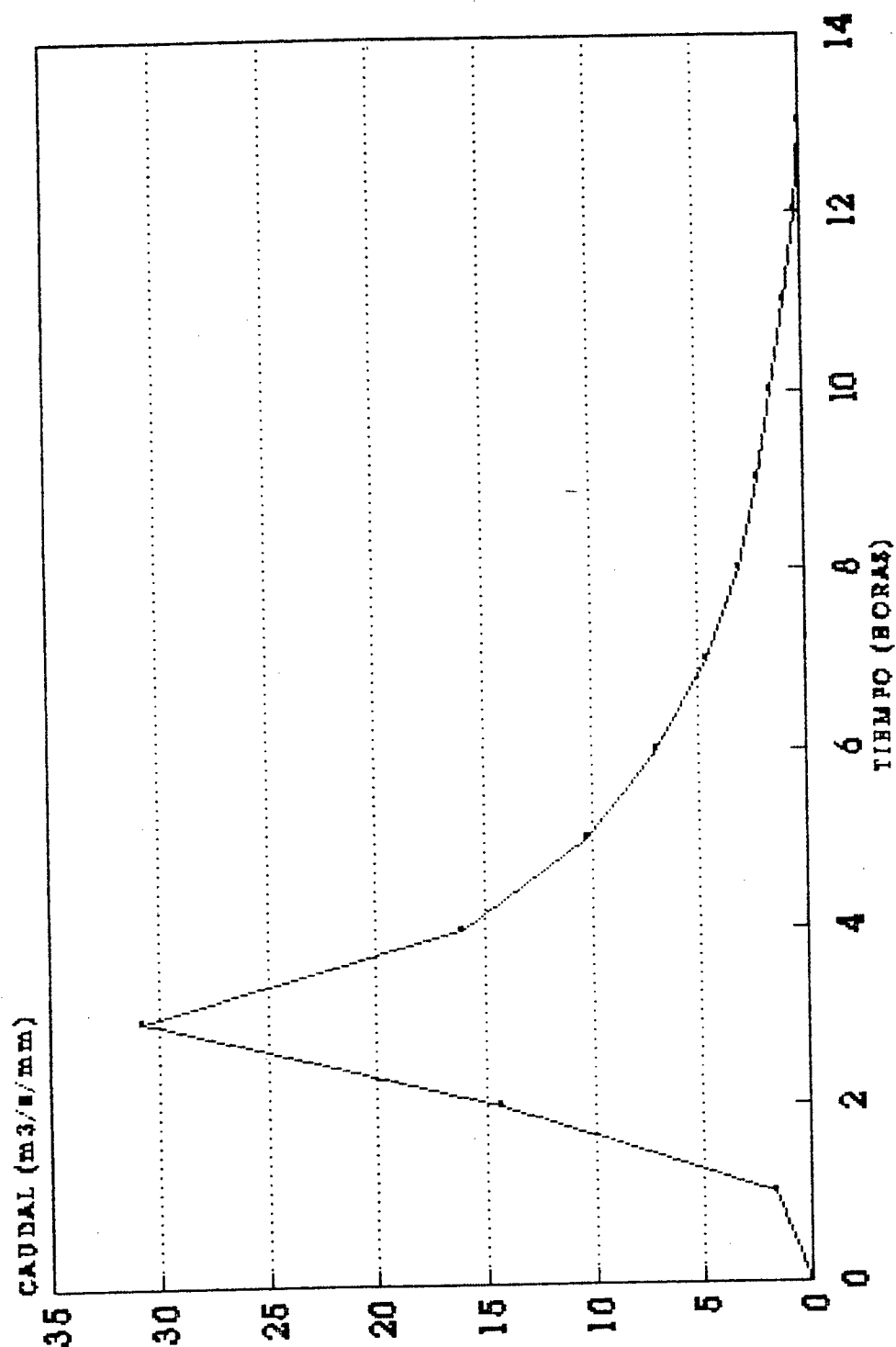
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



DURACION : 1 h

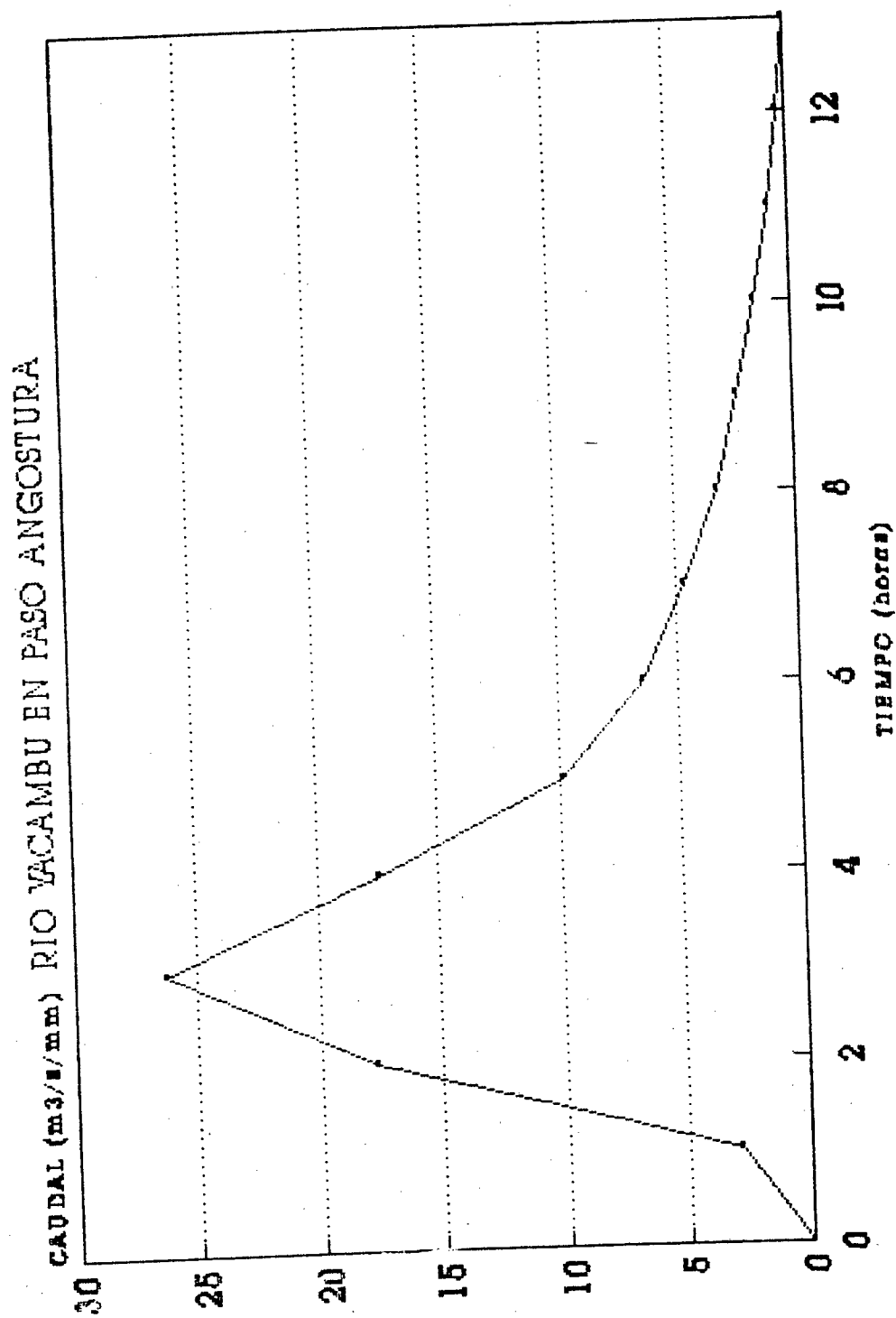
FIGURA No. 3.6
HIDROGRAMA UNITARIO (20-10-70)

RIO TACAMBU EN PABO ANGOSTURA



DURACION : 2 h

FIGURA No. 3.7
HIDROGRAMA UNITARIO (04-10-71)



DURACION: 2 h

3.2. Cálculo del Hidrograma unitario Promedio

- a) El hidrograma unitario de fecha 04-10-71 de duración 2 horas, fue llevado a duración 1 hora. (Ver Tabla No. 3.4 y Figura No. 3.8)
- b) Se calculó un hidrograma unitario promedio representativo de la cuenca con los hidrogramas unitarios de fecha 20-10-70 y 04-10-71. (Ver Tabla No. 3.5 y Figura No. 3.9)
- c) La creciente del día 18-05-76 no fue utilizado para este cálculo dado que su hidrograma unitario presenta dimensiones mucho menores a los otros dos restantes; su inclusión originaria una reducción de los valores del hidrograma promedio resultante.

TABLA No. 3.4
TRANSFORMACION DEL HIDROGRAMA UNITARIO DE 2 A 1 hora
CRECIENTE DEL 04-10-71
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
TIEMPO: H.U. 2h	CURVA S	IS DESP. 2h	(2)+(4)	IS DESP. 1h	(5)-(6)	H.U. 1h	
0	0	0	0	0	0	0	0
1	12.8394	12.839391	12.839391	0	12.839391	15.678782	
2	17.711	17.71075	0	17.71075	2.839391	14.87136	129.74272
3	26.349	29.16859	2.839391	29.16859	17.71075	11.47764	122.95568
4	17.38	35.09074	17.71075	35.09074	29.16859	15.902149	11.8043
5	19.9099	39.09854	29.16859	39.09854	35.09074	14.007797	18.015594
6	6.525	41.61575	35.09074	41.61575	39.098537	12.517217	15.034434
7	4.5963	43.69483	39.098537	43.69483	41.615754	12.079074	14.158148
8	3.1873	44.80309	41.615754	44.80309	43.694828	1.10826	2.21652
9	2.1607	45.85551	43.694828	45.85551	44.803068	1.052426	12.104852
10	1.3531	46.1562	44.803088	46.1562	45.855514	10.300689	10.601376
11	0.7517	46.60724	45.855514	46.60724	46.156202	10.451042	10.902084
12	0.2921	46.4483	46.156202	46.4483	46.607244	-0.15894	-0.31768
13	0	46.60724	46.607244	46.60724	46.448303	10.158941	10.317882

FIGURA No. 3.8
HIDROGRAMA UNITARIO (04-10-71)

RIO YACAMBU EN PASO ARGENTURA

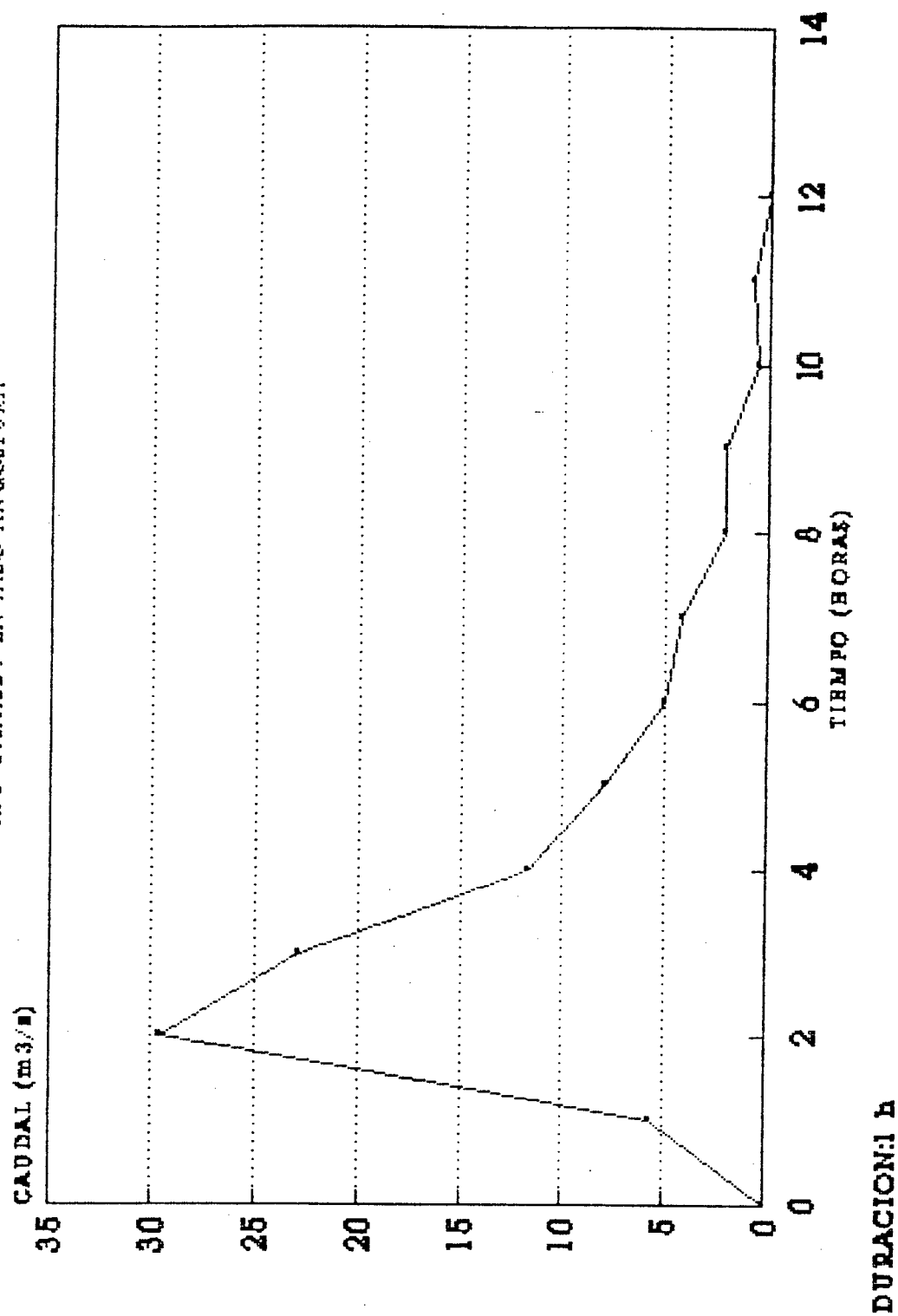
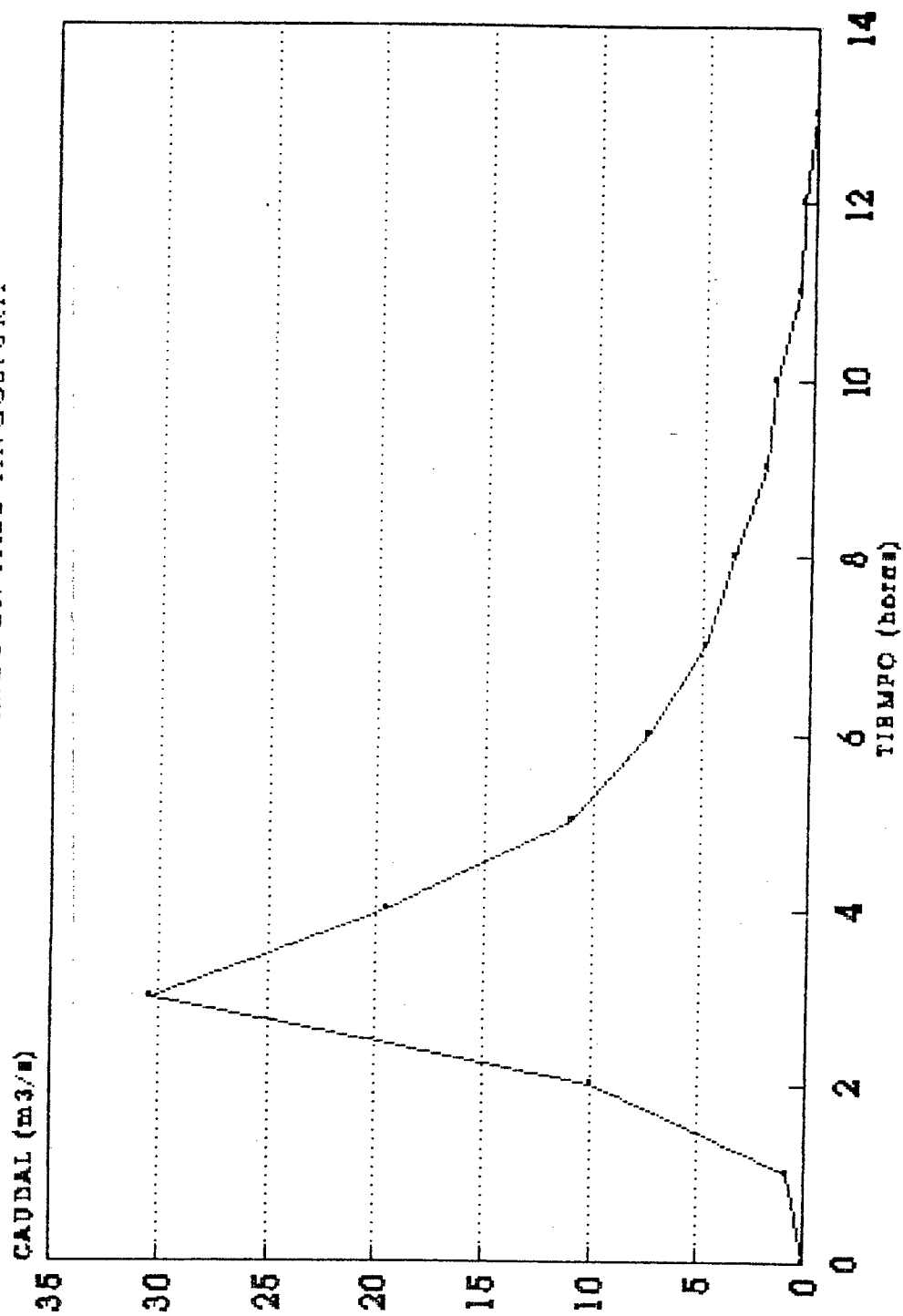


TABLA No. 3.5
CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO PROMEDIO
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

TIEMPO horas	H. U. 04-10-71 (m ³ /s)	H. U. 20-10-70 (m ³ /s)	H. U. P. (m ³ /s)
0	-	0.0	0.0
1	0.0	1.6	0.7
2	5.6	14.4	10.0
3	29.7	30.9	30.3
4	22.9	16.1	19.5
5	11.8	10.7	11.0
6	8.0	7.0	7.5
7	5.0	4.7	4.8
8	4.2	3.1	3.6
9	2.2	2.2	2.2
10	2.1	1.5	1.8
11	0.6	0.9	0.7
12	0.9	0.3	0.6
13	0.0	0.0	0.0

FIGURA NO. 3.9
HIDROGRAMA UNITARIO PROMEDIO
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



DURACION: 1h

4. CALCULO DE LA CRECIENTE MAXIMA PROBABLE

Para determinar la creciete producida por la Precipitación Máxima Probable, se empleó el método de aplicar dicha precipitación, de diferentes duraciones, (distribuida según el Hietograma Típico de la estación La Escalera Figura A, lo que produce la lámina escurrida fraccionada Figura B), a los hidrogramas unitarios respectivos y escoger el caudal pico máximo. Los valores obtenidos aparecen en la Tabla No. 4.2., la cual es una extracción de la Tabla No. 4.1 donde se presentan los hidrogramas totales generados por la P.M.P para diferentes duraciones, adoptándose el correspondiente a 5 horas cuyo caudal máximo instantáneo es de 3.734 m³/s., cuya representación gráfica se encuentra en la Figura No. 4.1.

En la Tabla No. 4.3 se ilustra el proceso de cálculo de la C.M.P para la duración de 5 horas.

FIGURA A

HIETOGRAMA TIPICO (TORMENTA 18-05-76) ESTACION: LA ESCALERA (2236)

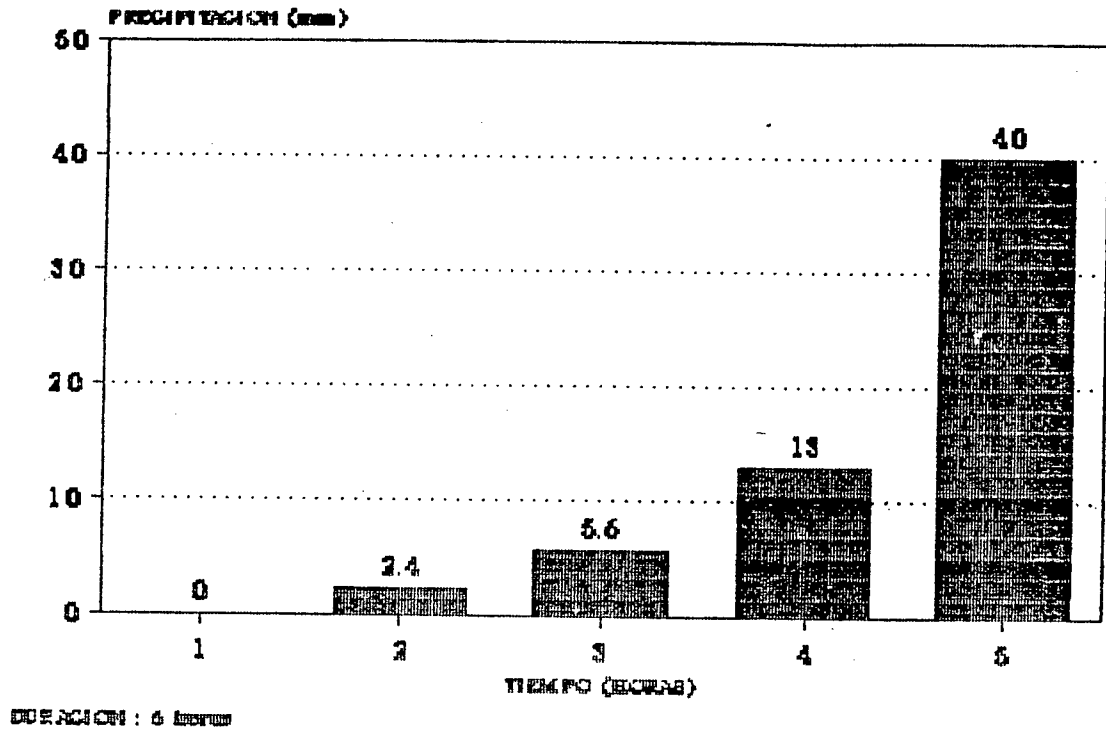


FIGURA B

PRECIPITACION EFECTIVA DE LA P.M.P. TORMENTA DEL 18-05-76 CUENCA DEL RIO YACAMBU

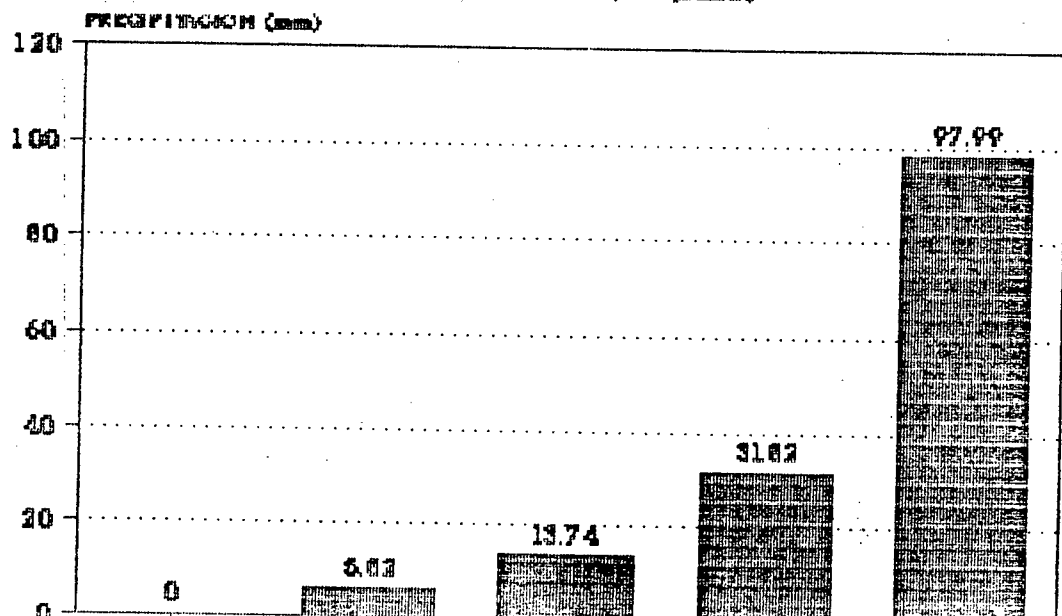


TABLA No 4.1
CRECIENTE MAXIMA PROBABLE
YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

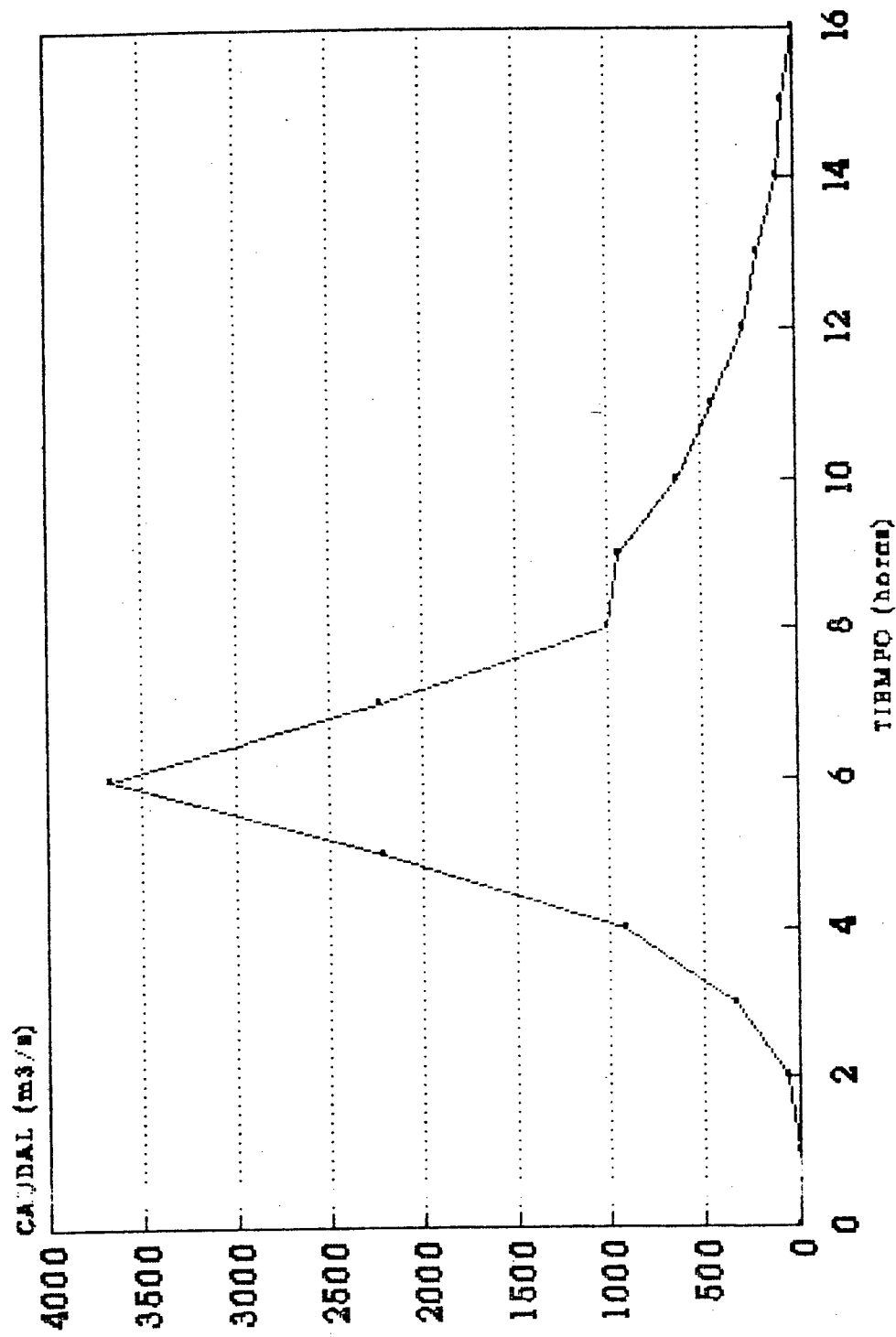
TIEMPO : (HORAS)	DURACION										
	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	18.64	48.91	22.80	11.22	4.56	3.55	2.60	2.20	2.12	2.16	2.03
2.00	238.81	626.55	345.27	170.01	69.13	53.75	39.36	33.49	32.22	32.65	30.71
3.00	722.28	1895.03	1564.97	832.33	339.27	261.92	192.43	165.42	158.61	158.84	150.34
4.00	1464.67	1219.14	2629.86	2078.61	926.24	708.58	523.33	454.01	435.97	429.30	410.42
5.00	1167.54	439.57	1531.18	13116.95	2257.16	1754.49	1299.45	1124.97	1089.17	1064.17	1023.99
6.00	1179.31	470.44	697.49	1863.03	3734.02	3270.12	2457.72	2126.06	2063.30	2012.99	1940.79
7.00	1116.31	305.16	654.03	870.45	2268.13	3010.87	2683.91	2344.63	2273.12	2217.56	2138.46
8.00	86.60	227.22	437.89	802.22	1017.41	1600.52	2560.67	2478.57	2408.18	2351.95	2266.93
9.00	52.27	137.13	311.11	533.75	956.12	1026.23	1645.10	2216.28	2239.57	2192.71	2115.30
10.00	43.34	113.70	202.18	382.86	635.16	802.48	913.28	1300.68	1542.44	1575.09	1526.35
11.00	17.84	46.80	145.51	242.69	455.63	553.74	751.57	834.40	990.30	1179.03	1201.81
12.00	14.72	38.62	68.91	175.67	286.91	372.42	497.31	627.26	673.12	793.98	959.71
13.00	0.00	0.00	42.02	79.06	210.68	253.32	352.55	432.80	489.46	526.97	633.35
14.00			0.00	48.12	93.08	147.85	209.03	276.01	312.87	358.11	390.60
15.00				0.00	60.58	77.82	140.18	178.66	206.98	236.25	276.15
16.00					0.00	26.13	53.31	93.74	111.19	134.02	160.59
17.00						0.00	28.04	43.83	59.40	73.36	94.08
18.00							0.00	16.16	22.61	34.83	47.66
19.00								0.00	5.77	10.86	22.13
20.00									0.00	4.34	8.96
21.00										0.00	3.95
22.00											0.00

TABLA No 4.2
CAUDALES PICO INSTANTANEOS
YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

DURACION										
1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
722.28	1895.03	2629.86	13116.95	3734.02	3270.12	2683.91	2478.57	2408.18	2351.95	2266.93

* CAUDALES EN m³/s

FIGURA No. 4.1
HIDROGRAMA PRODUCIDO POR LA P.M.P
RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA



AREA : 336 IMM

TABLA No. 4.3
 APLICACION DE LA P.M.P. DE DURACION CINCO HORAS AL HIDROGRAMA UNITARIO PROMEDIO
 CUENCA DEL RIO YACAMBU EN PASO ANGOSTURA

TIEMPO	H.U.P.	PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE (mm)						C.M.P.
horas	m3/s/mm	* 0	* 5.82	* 13.74	* 31.82	* 97.99		m3/s
0.00	0.00	0.00						0.00
1.00	0.78	0.00	0.00					0.00
2.00	10.03	0.00	4.56	0.00				4.56
3.00	30.34	0.00	58.37	10.76	0.00			69.13
4.00	19.52	0.00	176.55	137.81	24.91	0.00		339.27
5.00	7.04	0.00	113.58	416.80	319.14	76.71		926.24
6.00	7.53	0.00	40.95	268.14	965.26	982.81		2257.16
7.00	4.88	0.00	43.83	96.68	620.99	2972.53		3734.02
8.00	3.64	0.00	28.43	103.47	223.90	1912.33		2268.13
9.00	2.20	0.00	21.17	67.12	239.63	689.50		1017.41
10.00	1.82	0.00	12.78	49.98	155.44	737.94		956.12
11.00	0.75	0.00	10.59	30.16	115.74	478.67		635.16
12.00	0.62	0.00	4.36	25.01	69.85	356.41		455.63
13.00	0.00	0.00	3.60	10.29	57.92	215.10		286.91
			0.00	8.49	23.84	178.35		210.68
				0.00	19.67	73.41		93.08
					0.00	60.58		60.58
						0.00		0.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

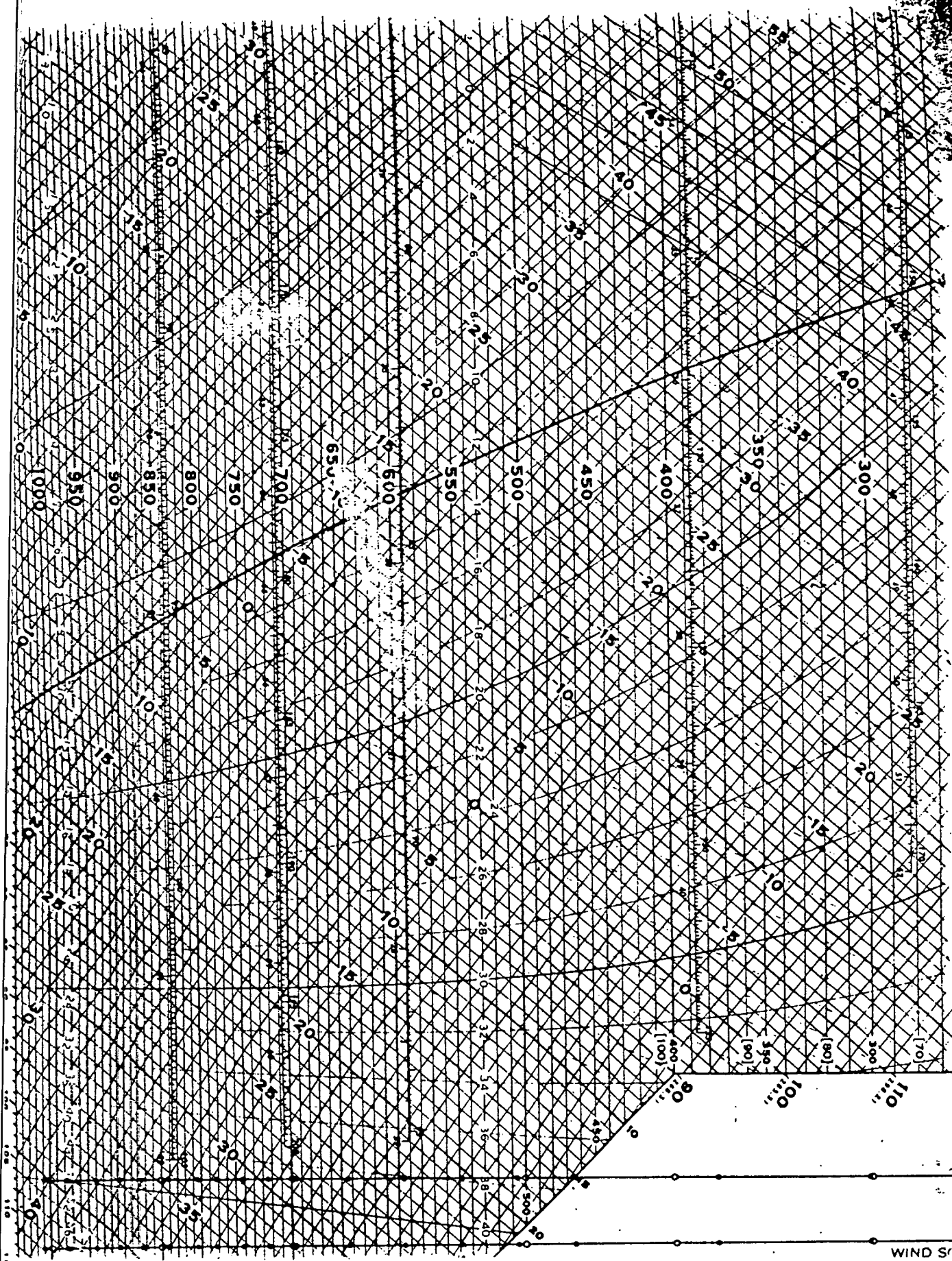
De la realización del estudio, se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- 1.- La cuenca del Río Yacambú está ubicada en una zona particular respecto a las áreas vecinas, razón por la cual se puede decir que presenta características peculiares en cuanto a la vegetación, dirección de los vientos predominantes, ocurrencia de precipitación, entre otras; estándole calificada como Parque Nacional, se considera en gran grado la protección y vigilancia de los usos de los recursos que posee.
- 2.- Es posible que la instalación de una nueva estación registradora de la precipitación a una altura mayor de 1800 metros entre las estaciones de Cásquito y Miracuy, sea de utilidad, sin embargo, se considera que la densidad de estaciones pluviométricas es buena, según el Proyecto VEN-82-007 FNUD/OMM "Programa para la consolidación y reorganización de la Red Hidrometeorológica de Venezuela", llevado a cabo por el Profesor S. Solomon, el cual fue basado en las variaciones fisiográficas y de vegetación en la zona. La correlación entre las estaciones dentro de la cuenca es alta, lo que quiere significar que datos faltantes de una estación pueden ser completados con los registros de otra de ellas.
- 3.- En una cuenca con Factor de Forma bajo es menos probable que ocurra una lluvia simultáneamente sobre toda su extensión que en un área de igual tamaño pero con Factor Forma más elevado. El valor de 0.68 para la cuenca del Yacambú se puede considerar como bajo, por lo cual se tiene un argumento que apoya el hecho de que ocurran tormentas aisladas sobre la misma. En cuanto al Coeficiente de Compacidad, mientras mayor sea su valor, mayor será la irregularidad de la cuenca y su desviación de la forma circular; entre dos cuencas del mismo tamaño y con todas las demás características iguales, la creciente máxima a esperarse debe provenir de la que tenga un Kc. menor, por lo que se puede decir que la forma de la cuenca en cuestión no contribuye en alto grado a la ocurrencia de grandes crecientes.
- 4.- La Creciente Máxima Probable mayor, fue la calculada según la aplicación de la PMP (según T_d máximo de $T_r = 25$ años) al hidrograma unitario de 5 horas de duración, resultando el caudal pico de 3.734 m³/s.
- 5.- Se recomienda la realización del estudio de operación de embalses con la finalidad de un mejor uso y manejo del recurso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HIDALGO, Luis "Estudio Hidrológico del Río Yacambú en Paso Angostura". M.O.P. Caracas, Julio 1.975
2. FUDECO "Las Comunidades Vegetales en el Proyecto Yacambú". Barquisimeto, Abril 1.974
3. LINSLEY, Ray
KONLER, Max "Hidrología para Ingenieros". Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. Bogotá Colombia 1.977
4. ORTEGA, D. "Modelo Conceptual de Simulación Hidrológica". MARN, Caracas, Septiembre 1.980
5. FUDECO-MAC-FAC "Ordenación Conservacionista de la Cuenca Hidrográfica del Río Yacambú". Barquisimeto 1.974
6. UNITED STATES
DEPARTMENT OF
THE INTERIOR.
BUREAU OF
RECLAMATION "Diseño de Pequeñas Presas". Editorial Continental. Washington D.C. 1.983
7. SOLOMON, S. "Programa para la Consolidación y Organización de la Red hidrometeorológica de Venezuela". Proyecto VEN/82/007 ONUD/OMM 1.982

ANEXO I
DIAGRAMA TERMODINAMICO

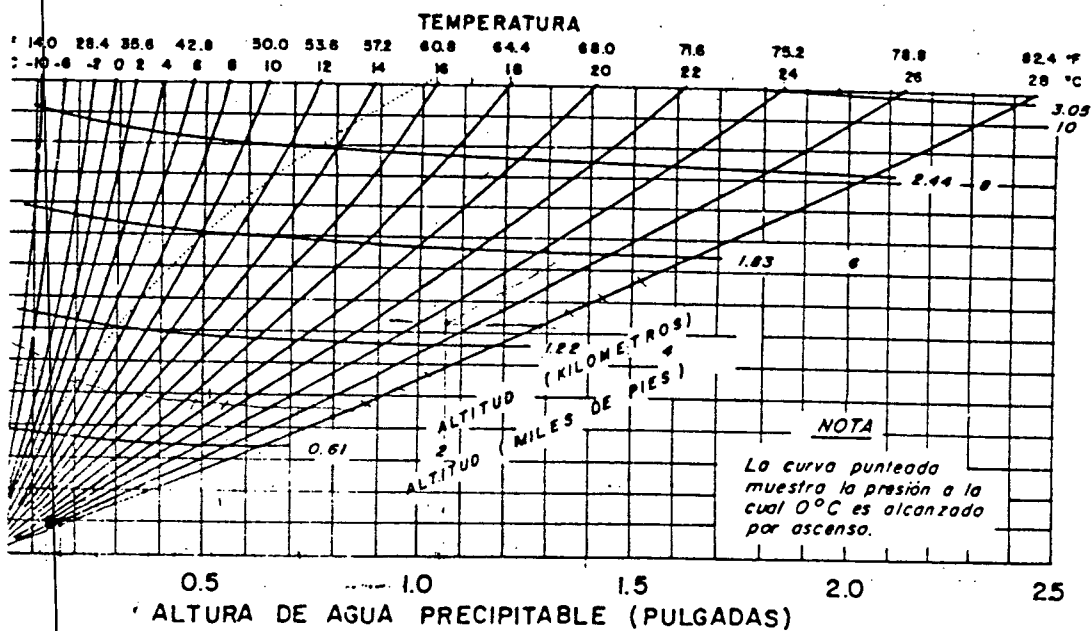
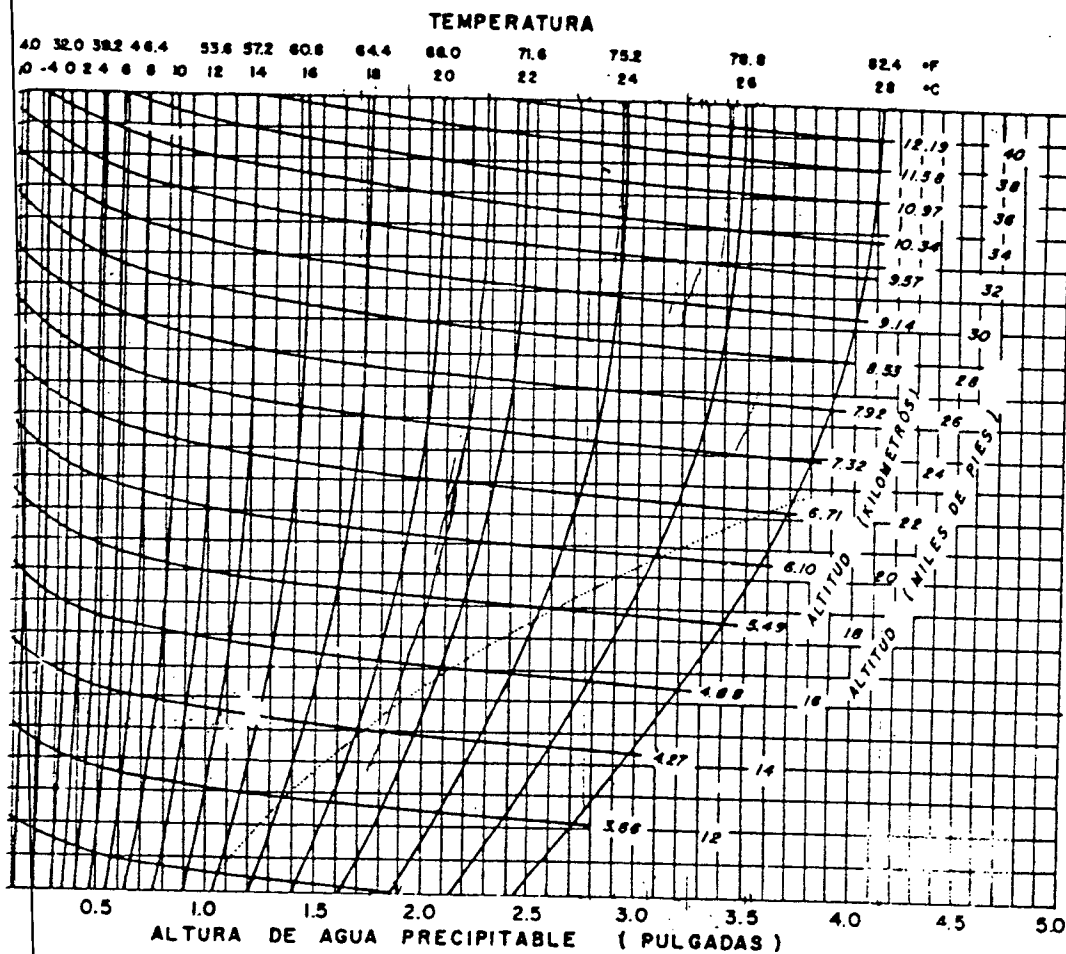


WIND S

ANEXO 2
CURVA DE AGUA PRECIPITABLE

TURA DE AGUA PRECIPITABLE EN UNA COLUMNA AIRE DE ALTITUD DADA SOBRE LOS 1000 MILIBARES

Se Asume un Proceso de Saturación Pseudo-Adiabatica



Formen

11 #

1915

11

11

11

ht

TUBO

6,53

2,71

ANEXO 3

METODOLOGIA DEL SOC

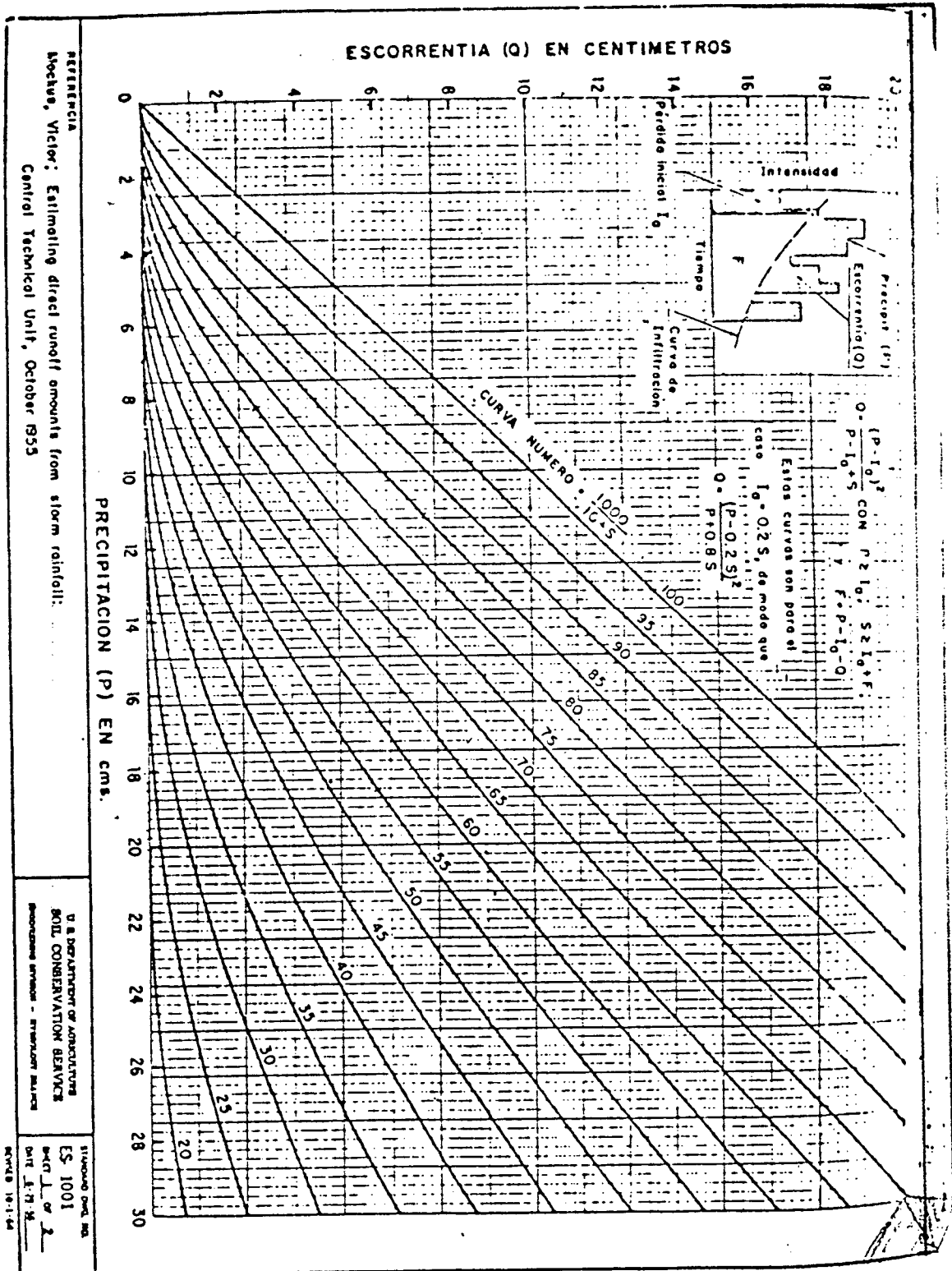


Gráfico para el cálculo de la Escorrentía.

Curvas de Escorrentía para los Complejos Suelo-Cobertura (CN)
para ser utilizada en la Fig. 3.3 (para condición de humedad II, y Ia. = 0.25)

Cobertura			Grupo de Suelos			
Uso de la Tierra	Tratamiento o prácticas.	Condición Hidrológica	A	B	C	D
			Número de Curva			
Rastrojo Cultivos en hileras	Hileras rectas	----	77	86	91	94
	" "	Mala	71	81	88	91
	" "	Buena	67	78	85	89
	c/curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	" "	Buena	65	75	82	86
	c/curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	" " "	Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas.	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	" "	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	" " "	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastos de pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	86
	" " "	Regular	25	59	75	83
	" " "	Buena	6	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	35	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Pátios		----	59	74	82	86
Caminos tierra		----	72	82	87	89
Pavimentos		----	74	84	90	92
1/ Siembra tupida o al voleo. 2/ Incluyendo derecho de vía						

CONDICION DE HUMEDAD ANTECEDENTE (CHA)	PRECIPITACION ACUMULADA DE LOS 5 DIAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACION (Pa5)
I	0 - 3.60 cm
II	3.60 - 5.30 cm
III	más de 5.30 cm

CUADRO 3.1

Curvas de Escorrentía para los Complejos Suelo-Cobertura (CM)
 ser utilizada en la Fig. 3.3 (para condición de humedad II, y Ia. = 0.2 S)

de la ra	Cobertura		Grupo de Suelos			
	Tratamiento o práctica.	Condición Hidrológica	A	B	C	D
			Número de Curva			
rojo ivos en hile	Hileras rectas	----	77	86	91	94
	" "	Mala	71	81	88	91
	" "	Buena	67	78	85	89
	c/curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	" "	Buena	65	75	82	86
	c/curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	" "	Buena	62	71	78	81
ivos en hile estrechas.	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
	" "	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	" "	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
	" "	Buena	59	70	78	81
ibosas en/ vas estrechas forraje en ción	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	" "	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	" "	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
s de pas-	" "	Mala	68	79	86	89
	" "	Regular	49	69	79	84
	" "	Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	86
	" "	Regular	25	59	75	83
	" "	Buena	6	35	70	79
de corte	" "	Buena	30	58	71	78
	" "	Mala	45	66	77	83
	" "	Regular	36	60	73	79
	" "	Buena	25	55	70	77
os tierra/ entos	" "	----	59	74	82	86
	" "	----	72	82	87	89
	" "	----	74	84	90	92
bra tupida o al voleo. luyendo derecho de vía	" "	" "	" "	" "	" "	" "

CUADRO 3.2.

CONDICION DE HUMEDAD ANTECEDENTE (CHA)	PRECIPITACION ACUMULADA DE LOS 5 DIAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACION (Pa5)
I	0 - 3.60 cm
II	3.60 - 5.30 cm ✓
III	más de 5.30 cm

CLASIFICACION HIDROLOGICA DE LOS SUELOS (Soil Conservation Service)

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en el muestreo de cuencas para la estimación de la escorrentía a partir de la precipitación. Las propiedades de los suelos que son considerados para estimar la mínima de infiltración para suelos "desnudos" luego de un humedecimiento prolongado son: profundidad del nivel freático de invierno, infiltración y habilidad del suelo luego de humedecimiento prolongado y profundidad hasta el estrato de permeabilidad muy lenta. La influencia de la cobertura vegetal se trata independientemente.

Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos A, B, C y D de acuerdo al potencial de escorrentía.

(Alto potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración cuando muy húmedos. Consisten de arenas o gravas profundas bien o excesivamente drenadas. Esos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua. (Incluye Psamments) excepto por aquellas en los subgrupos Líticos, Aquicos o Aquo-entarias, esqueleto-arenosas o arenosas; suelos grosarísticos de Udults y Udalfs; y suelos en subgrupos Arénicos de Udults y Udalfs excepto por aquellas milias arcillosas o finas.

(Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasas de infiltración moderadas cuando muy húmedas. Suelos moderadamente profundos a profundamente moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas (suelos que no estén en los grupos A, C o D).

(Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de textura moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o alkali o suelos con masas moderadas. Suelos pueden ser pobremente drenados o bien moderadamente bien drenados con tasas de permeabilidad lenta a muy lenta (fragipan, hardpan, sobre roca dura) a profundidad (50-100 cm) (comprende suelos en sub-grupos albicos o aquí - suelos en sub-grupos arénicos de aquents, aquepts, aquellas, aqualfs y aquu en familias francas; suelos que no estén en el grupo D y que pertenecen a familias finas, muy finas o arcillosas excepto aquellas con mineralogía caotica, oxicida o haloistita; humods y orthods; suelos con fragipanes de horizontes petrocálcicos; suelos de familias "poco profundas" que tienen substratos eables; suelos en subgrupos líticos con roca permeable o fracturada que permite la penetración del agua).

(Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con "claypan" o estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o alkali y suelos profundamente sobre material caso impermeable. Estos suelos tienen una alta transmisión de agua muy lenta (incluye: todos los Vertisoles y Aquods; suelos aquents, Aquepts, Aquols, Aqualfs y Aquults, excepto los subgrupos Arénicos en familias francas, suelos con horizontes mátricos, suelos en subgrupos líticos con substratos impermeables; y suelos en familias poco profundas que tienen un substrato impermeable).

Algunas traducciones del término en inglés han sido tomadas de: Fausto Maldonado P., "La Adaptación al Castellano de los nombres usados en la 7a. aproximación". IICA, Costa Rica, 1971.

CONDICION HIDROLOGICA

MAYOR DE 75 %:	BUENA
ENTRE 50-75 %:	REGULAR
MENOR DE 50 %:	MALA

Caracas, 01 de Enero de 1991

Ing. Anibal Rosales
Director General Sect. de Inf. Inv. y
Conservación de Agua, Suelo y Vegetación
Ministerio del Ambiente y de los Recursos
Naturales Renovables
Su Despacho.

Es grato dirigirme a usted en ocasión de someter a su consideración la presente oferta de servicios profesionales a apoyo a las actividades del MARNR durante el próximo año 1991.

Los alcances técnicos de la oferta han sido definidos Conjunto con los equipos técnicos de la Dirección de Hidrología Meteorología mediante la confrontación de los respectivos programas operativos con los recursos de personal técnico requeridos en cada caso.

El equipo profesional representado por el Ingº LUISA DEYELEN ORTEGA, deberá trabajar en equipo con los técnicos del MARNR de acuerdo al programa de trabajo ya definido.

Esperando que la presente satisfaga las expectativas de la Dirección General, queda de usted.

contempladas debidamente desagregadas para su análisis y posterior aprobación.

2. OFERTA TECNICA

INGº LUISA DEYELEN ORTEGA
C.I. Nº 6.559.234

La participación del personal técnico ha sido solicitada

LDO/am.

como las tareas específicas a realizar en cada una de ellas y el tiempo de duración de las mismas.

Los términos económicos de la oferta se definen al presentar los costos asociados a las actividades técnicas