

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**PROYECTO TERMOTASAJERO**

**TOMO IV**

**1979**

333.7932

P969P.

Fjm 1

TOMO IV

309  
(308-311)

UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

PROYECTO TERMOTASAJERO  
INFORME FINAL DE FACTIBILIDAD

Hidrología y Meteorología

TOMO IV

OCTUBRE DE 1979

TOMO IV

INFORME FINAL DE FACTIBILIDAD

HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

TOMO IV

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

CONTENIDO

1.	<u>METEOROLOGIA EN LA ZONA DEL PROYECTO</u>	1
1.1	ESTACIONES METEOROLOGICAS	1
1.2	TEMPERATURA DEL AIRE	4
1.3	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	16
1.4	VIENTOS	26
1.4.1.	Velocidad	26
1.4.2.1.	Estación Aeropuerto Camilo Daza	26
1.4.2.2.	Estación Carmen de Tonchalá	27
1.4.2.3.	Comparación entre las Estaciones Aeropuerto Camilo Daza y Carmen de Tonchalá	28
1.5	LLUVIA	46
1.5.1.	Lluvia Mensual	46
1.5.1.1	Total mensual	46
1.5.1.1.1.	Aeropuerto Camilo Daza	46
1.5.1.1.2.	Carmen de Tonchalá	46

1.5.1.1.3.	Comparación Aeropuerto Camilo Daza y Carmen de Tonchalá.	47
1.5.1.2.	Mínimo Interanual de los Totales Mensuales	47
1.5.1.2.1	Aeropuerto Camilo Daza	
1.5.1.2.2.	Carmen de Tonchalá	47
1.5.1.2.3.	Comparación entre Aeropuerto Camilo Daza y Carmen de Tonchalá.	47
1.5.2	Lluvia máxima Intramensual en 24 horas	48
1.5.2.1.	Aeropuerto Camilo Daza	48
1.5.2.2.	Carmen de Tonchalá	48
1.5.3	Aguaceros máximos	48
1.6	RECOMENDACIONES SOBRE INSTRUMENTACION METEOROLOGICA	55
2.	<u>HIDROLOGIA DEL RIO ZULIA</u>	56
2.1	CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO ZULIA	56
2.2	ESTACIONES HIDROMETRICAS	57
2.3	CAUDAL EN SAN JAVIER	58
2.3.1	Caudal máximo	58
2.3.2	Caudal mínimo	58
2.4	SEDIMENTOS	63



TOMO IV

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

1. METEOROLOGIA EN LA ZONA DEL PROYECTO

1.1 ESTACIONES METEOROLOGICAS

El plano IV-1 muestra la localización de las dos únicas estaciones con mediciones meteorológicas que se han encontrado de interés, cuyas principales características se describen a continuación:

**Aeropuerto Camilo Daza:** Situada en las afueras de la ciudad de Cúcuta. Se trata de una estación sinóptica de superficie que está dotada de los siguientes elementos: termómetro seco, termómetro húmedo, heliógrafo, termómetro de máxima y mínima, anemómetro, pluviógrafo y pluviómetro.

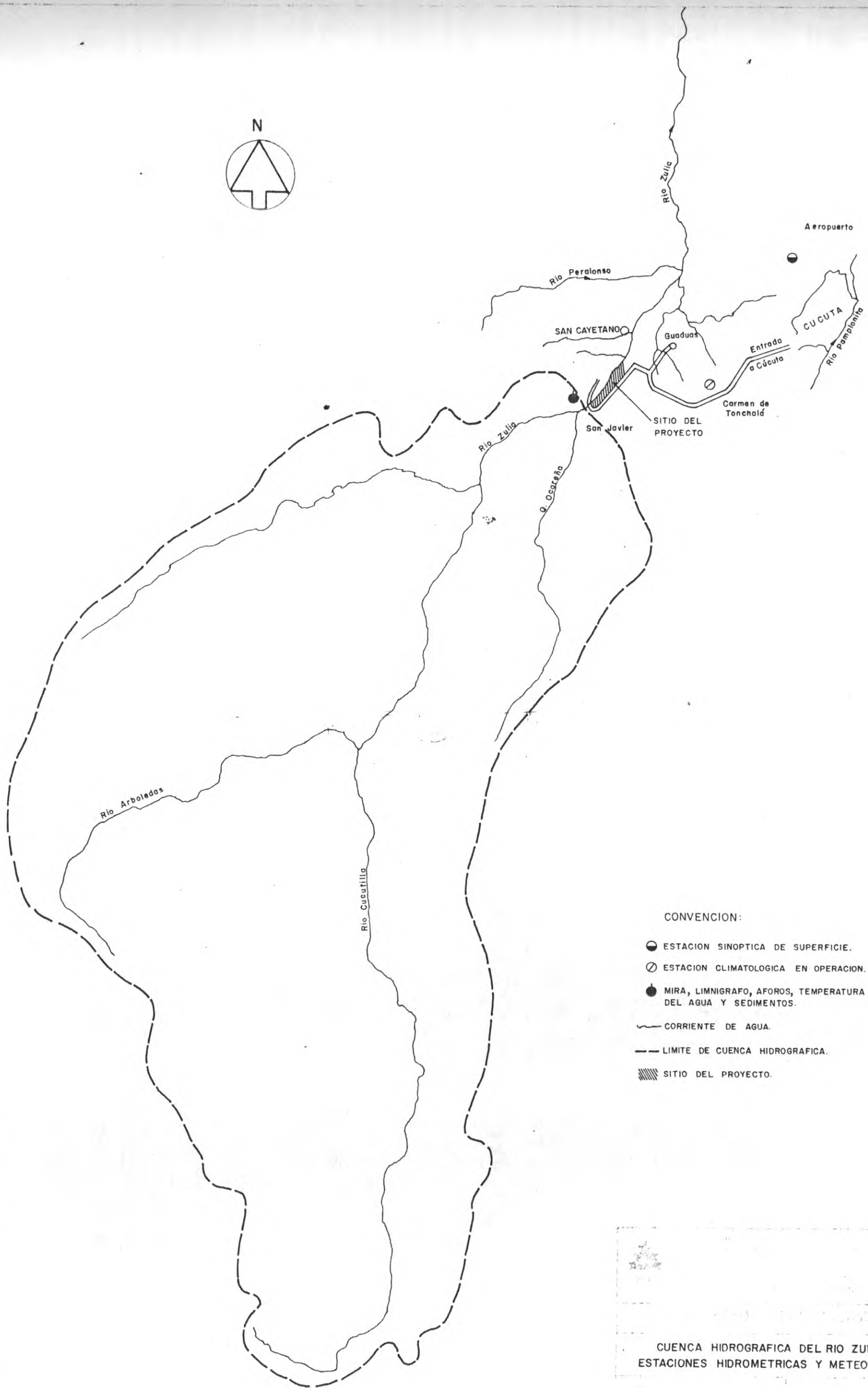
**Carmen de Tonchalá:** Situada entre Cúcuta y el sitio del proyecto, sobre la carretera que conduce de Cúcuta a San Cayetano. Se trata de una estación climatológica en operación, y está dotada de los siguientes elementos: termómetro seco, termómetro húmedo, termómetros de máxima y mínima, anemómetro, pluviómetro, pluviógrafo, actinógrafo y veleta.

Los datos meteorológicos vienen con alguna regularidad desde 1950 para el Aeropuerto Camilo Daza y desde 1969 para la Estación de Carmen de Tonchalá.

La estación de Carmen de Tonchalá está localizada a una cota aproximada de 260 mt., más o menos a la misma elevación que el sitio del proyecto que está a 260 mts. y a una distancia aproximada de 7 km. del mismo. Las condiciones físicas de los sitios no muestran características fundamentales diferentes, por lo cual puede considerarse



como indicadores de las variables meteorológicas para el sitio del proyecto las correspondientes a Carmen de Tonchalá. En cuanto al viento se recomienda instalar en el sitio del proyecto un instrumento de medición apropiado, según se indica más adelante.



CONVENCION:

- ESTACION SINOPTICA DE SUPERFICIE.
- ESTACION CLIMATOLOGICA EN OPERACION.
- MIRA, LIMNIGRAFO, AFOROS, TEMPERATURA DEL AGUA Y SEDIMENTOS.
- CORRIENTE DE AGUA.
- - - LIMITE DE CUENCA HIDROGRAFICA.
- ▨ SITIO DEL PROYECTO.

CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO ZULIA Y ESTACIONES HIDROMETRICAS Y METEOROLOGICAS

SEPT. / 79

A B M.

PL. IV - 1

## 1.2

## TEMPERATURA DEL AIRE

La variación diurna presenta los mayores valores entre las 12 y las 15 horas y los menores valores entre las 01 y las 05 horas, variando entre 21,8 °C y 31 °C las lecturas con termómetros seco y entre 19.6°C y 24 °C las lecturas con termómetro-húmedo para la estación Carmen de Tonchalá, y entre 22.8 °C y 31.0 °C y entre 20.4 °C y 23.2 °C las lecturas con termómetro seco y húmedo respectivamente para el Aeropuerto Camilo Daza. (Gráfica IV. T-1)

El promedio interanual del mínimo absoluto intramensual es de 15.9 °C y el del máximo absoluto intramensual es de 35.9 °C en la estación Carmen de Tonchalá, valores correspondientes a los meses de Febrero y Agosto respectivamente, mientras que en el Aeropuerto los mismos promedios varían entre 16.86 °C para Enero y 37.36 °C para Septiembre. (Cuadro IV. T-1 y Gráfica IV. T-3).

Las temperaturas mínima y máxima diarias presentan promedios interanuales intramensuales de 20.72 °C y 30.10 °C para el Aeropuerto y de 20.92 °C y 32.10 °C para Carmen de Tonchalá. (Gráfica IV. T-2).

Los promedios interanuales para cada mes de estos estadígrafos se ilustran en la gráfica IV.T-3.

La temperatura de termómetro seco oscila alrededor de 27.95 °C para el Aeropuerto y alrededor de 27.12 °C para Carmen de Tonchalá, mientras que con termómetro húmedo oscila alrededor de 22.44 °C para el Aeropuerto y 22.53 °C para el Carmen de Tonchalá. (Cuadro IV.T-1 y Gráfica IV.T-4).

El cuadro contiene las secuencias históricas de temperaturas extremas para las dos estaciones. Un análisis probabilístico de extremos permite concluir que para un lapso medio de retorno de 20 años corresponden los siguientes valores :

Estación	Temperaturas	
	Máxima Absoluta °C	Mínima Absoluta °C
Aeropuerto Camilo Daza	41.4	11.3
Carmen de Tonchalá	38.9	13.3

Las gráficas IV.T-5 a IV.T-8 muestran las respectivas funciones de probabilidad estimadas.

CUADRO No. IV. T.1  
PROMEDIO MENSUAL INTRA-ANUAL

FENOMENO: Temperatura

UNIDADES DE EXPRESION: °C.

FUENTE: Himat (archivo CENS)

ESTACIONES:

ACD=Aeropuerto Camilo Daza, Cúcuta N.DE.S.

CDT: Carmén de Tonchalá, Cúcuta N.DE. S.

VARIABLE		mes	estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio anual
Promedio Intramensual de máximas			ACD	32.19	32.28	32.66	32.55	33.20	32.88	32.91	34.25	34.57	34.06	33.22	32.42	30.10
			CDT	31.23	31.52	31.58	31.08	32.74	33.30	32.96	33.50	33.34	32.80	30.95	30.25	32.10
Promedio Intramensual de mínimos			ACD	19.42	19.85	20.68	20.75	21.18	21.45	21.23	21.48	21.36	20.83	20.52	19.92	20.72
			CDT	19.24	19.82	21.10	20.60	21.53	22.58	21.85	21.85	21.36	20.60	20.55	19.80	20.92
Máxima absoluta Intramensual			ACD	35.23	35.42	35.94	36.2	36.18	37.13	37.13	37.13	37.36	36.96	36.05	35.3	36.18
			CDT	34.04	35.33	35.77	35.87	35.47	35.90	35.40	35.90	35.32	35.80	34.33	33.65	35.14
Mínima absoluta Intramensual			ACD	16.86	17.46	18.04	18.16	18.37	18.80	18.64	18.60	18.57	18.35	17.73	17.10	18.06
			CDT	16.72	15.90	17.88	18.63	19.37	19.30	18.65	18.50	18.50	18.50	18.38	16.22	18.04
			ACD	22.50	22.76	23.5	23.65	24.26	25.05	24.89	24.96	24.72	24.20	23.69	23.03	23.95
			CDT	22.97	22.54	23.47	24.00	25.00	25.71	24.60	25.37	24.98	24.28	23.58	22.78	24.12
Termómetro Seco.	Promedio 07 Horas		ACD	29.78	29.79	30.29	30.23	31.14	30.62	30.70	31.45	32.36	31.99	31.15	30.29	30.62
			CDT	29.88	29.75	30.96	30.47	31.80	31.78	31.72	32.30	32.44	31.82	29.73	29.22	30.99
	Promedio 13 Horas		ACD	28.63	28.88	29.11	28.79	29.13	28.74	29.08	29.86	29.98	29.4	28.69	28.25	29.04
			CDT	25.97	25.71	26.87	26.28	27.28	27.28	27.45	27.30	27.26	26.67	25.09	24.92	26.51
	Promedio 19 Horas		ACD	27.0	27.17	27.68	27.74	28.14	28.06	28.20	28.86	29.05	28.49	27.79	27.23	27.95
		CDT	26.17	26.10	27.03	26.75	27.90	28.03	28.18	28.06	27.98	27.35	26.41	25.48	27.12	
	Promedio Mensual		ACD	20.49	20.79	21.32	21.8	21.86	21.33	20.97	21.12	21.47	21.78	21.71	20.92	21.30
			CDT	21.00	20.77	21.71	22.12	21.82	21.22	20.97	21.47	21.30	21.62	21.27	21.15	21.37
Termómetro Húmedo	Promedio 07 Horas		ACD	22.97	22.84	23.13	23.64	23.52	22.77	22.37	22.75	23.22	23.85	24.09	23.38	23.21
			CDT	24.38	22.91	23.74	23.36	23.82	23.40	23.40	24.92	25.00	23.88	24.02	24.70	24.04
	Promedio 13 Horas		ACD	22.68	22.54	22.84	23.18	23.15	22.64	22.07	22.54	22.73	23.3	23.29	22.71	22.81
			CDT	22.08	21.77	22.86	23.14	22.43	21.73	21.47	21.95	21.62	22.34	22.07	22.20	21.14
	Promedio 19 Horas		ACD	22.05	22.04	22.45	22.91	22.83	22.21	21.61	22.14	22.47	22.97	23.03	22.35	22.44
		CDT	22.52	21.80	22.72	23.22	22.67	22.14	21.95	22.77	22.77	22.64	22.47	22.70	22.53	

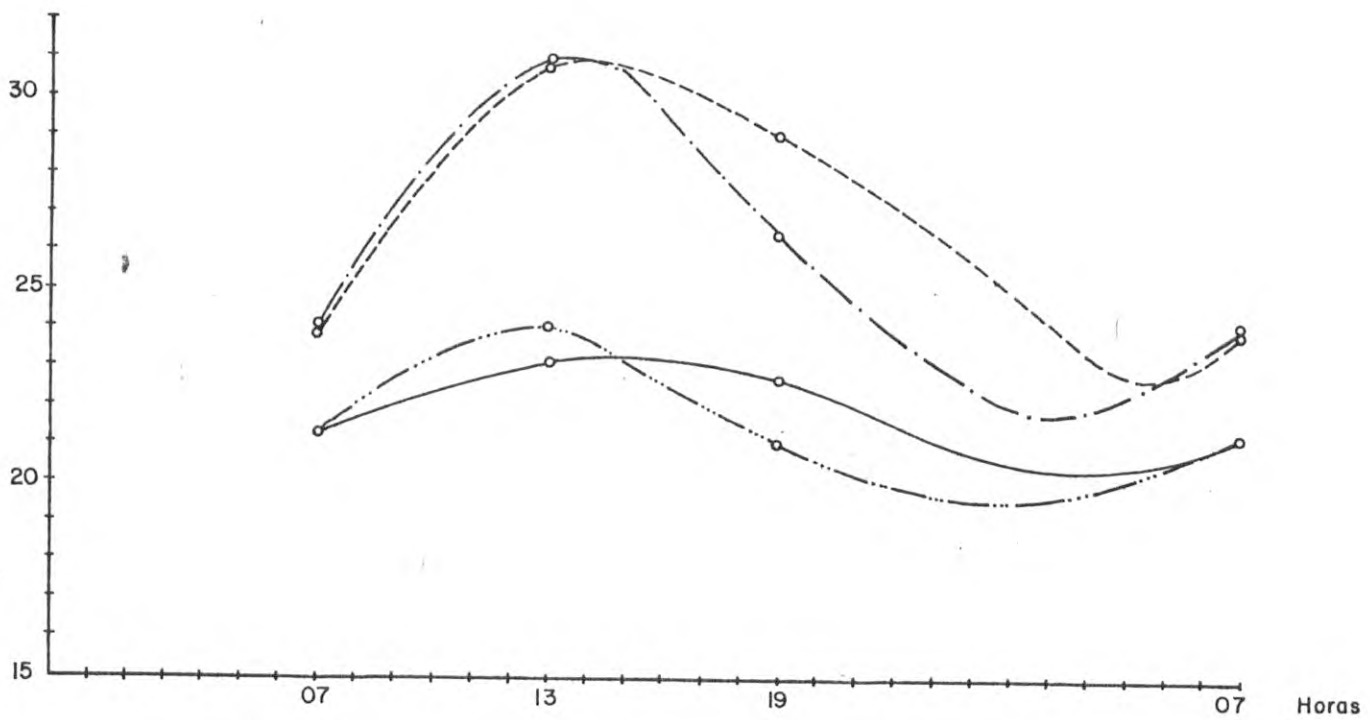
SECUENCIA HISTORICA DE TEMPERATURAS EXTREMAS

Estación Variable	Est. Aeropuerto Camilo Daza		Est. Carmen de Tonchalá	
	Temperatura Máxima abs.	Temperatura Mínima abs.	Temperatura Máxima abs.	Temperatura Mínima abs.
Año	° C	° C	° C	° C
1950	42.5	—	31.1*	—
51	38.4	—	36.7*	—
52	37.7	—	36.3*	—
53	39.0	14.0	37.0*	14.9*
54	—	15.0	*	15.4*
55	39.00	13.0	37.0*	14.0*
56	36.5	—	35.6*	*
57	38.0	14.5	36.5*	15.2*
58	—	—	*	*
59	38.5	14.0	36.8*	14.9*
60	37.6	15.6	32.2*	15.6*
61	36.9	17.0	35.8*	16.3*
62	36.0	17.0	35.3*	16.3*
63	38.9	16.0	36.5*	15.8*
64	38.5	16.0	36.8*	15.8*
65	39.5	10.0	37.3*	13.1*
66	39.0	17.4	37.0*	16.5*
67	40.0	17.0	37.6*	16.3*
68	38.0	17.4	36.5*	16.5*
69	38.5	17.0	37.4	16.0
70	38.5	18.0	36.5*	14.0
71	—	—	35.6	15.0
72	—	—	37.0	17.0
73	38.0	18.4	39.6	16.9*
74	36.2	16.4	35.8	14.6
75	36.0	18.4	36.0	15.0
76	37.6	—	36.2*	16.2*
77	—	—	37.6	—

\* Dato hallado por correlación

GRAFICO IV T-1  
 PATRON PROMEDIO DE VARIACION DIURNA TEMPERATURA

Temperatura  
 °C



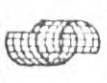
CONVENCIONES:

Media anual 07, 13, 19 horas, Termómetro seco; Estación: Aeropuerto Camilo Daza -----  
 Carmen de Tonchalá - - - - -  
 Termómetro humedo; Estación: Aeropuerto Camilo Daza \_\_\_\_\_  
 Carmen de Tonchalá . . . . .



INSTITUTO COLOMBIANO  
 DE ENERGIA ELECTRICA  
 centros eléctricos  
 del norte de Santander

C E N S



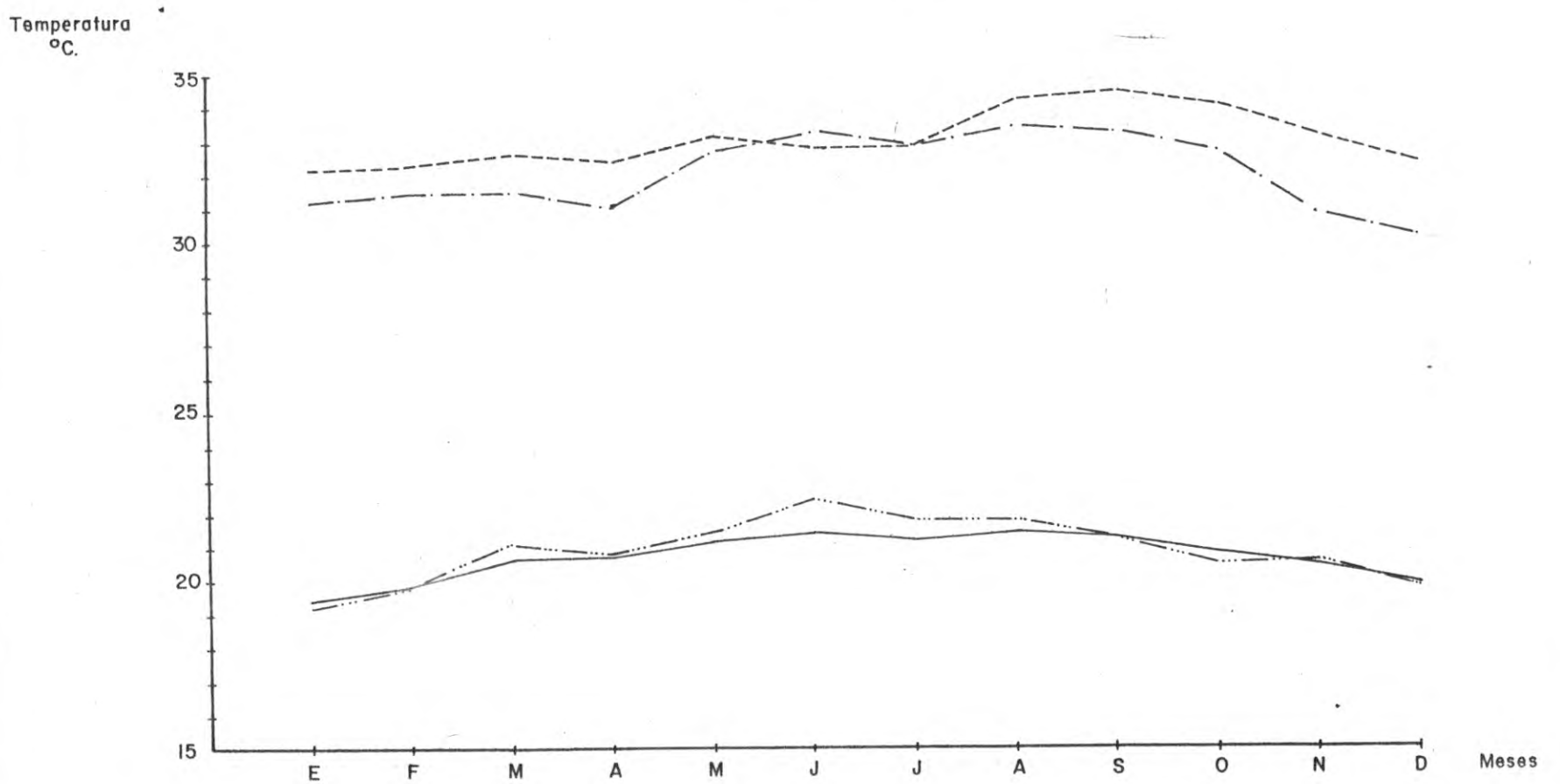
SOCIEDAD GENERAL  
 DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO:  
 A. B. M.  
 FECHA:  
 SEPT. / 79

I C E I  
 INSTITUTO COLOMBIANO  
 DE ENERGIA ELECTRICA  
 Centros electricos  
 del norte de Santander  
 S E N C  
 SOCIEDAD GENERAL  
 DE CONSULTORIA LTDA  
 PROYECTO TERMOTASAJERO  
 A PROBC  
 A. B. M.  
 FECHA  
 SEPT/79

GRAFICO IV. T-2  
 PROMEDIO INTERANUAL INTRAMENSUAL DE EXTREMOS DIARIOS  
 TEMPERATURA

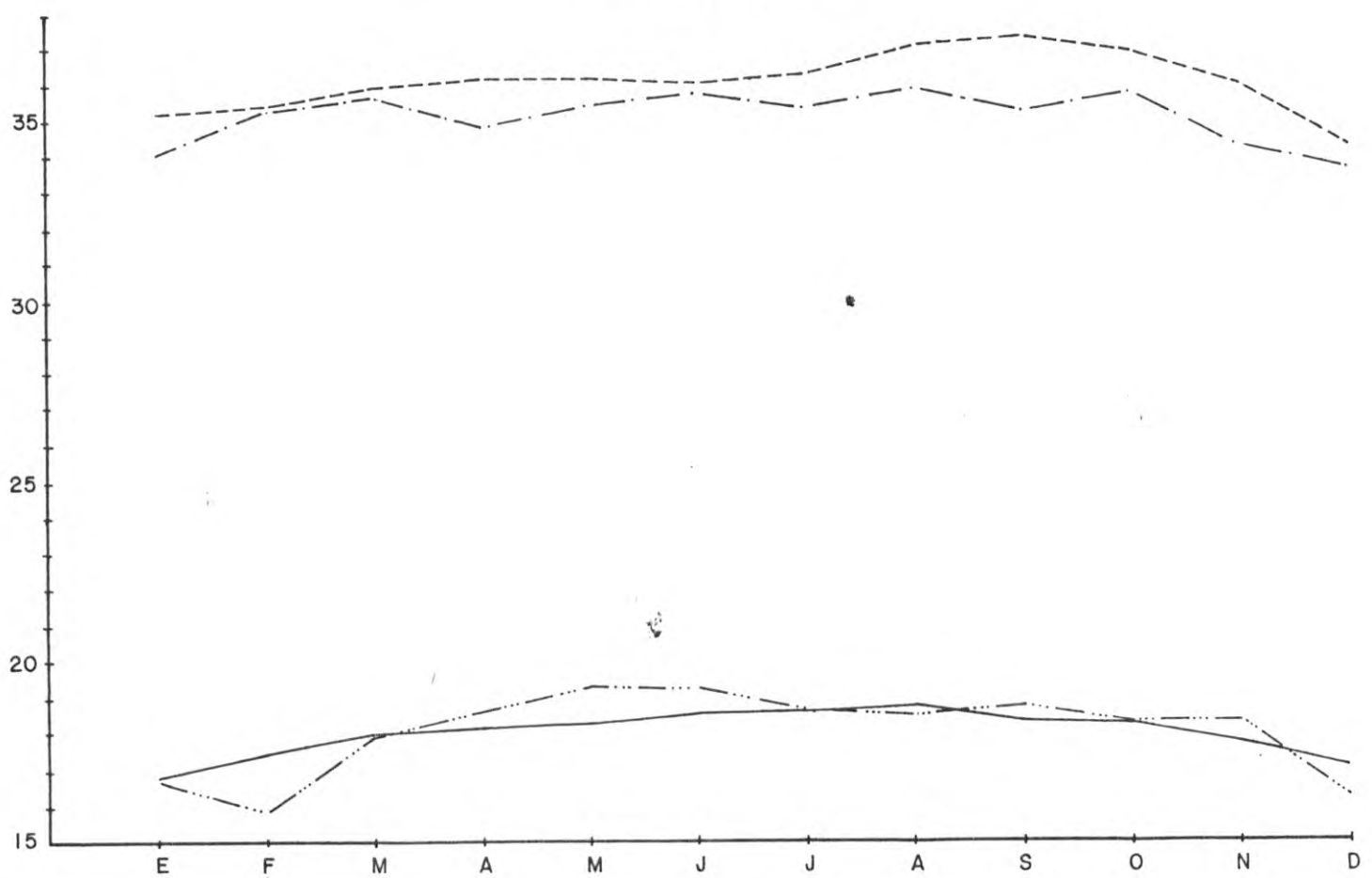


CONVENCIONES :  
 Media máxima mensual, Estación : Aeropuerto Camilo Daza -----  
 Carmen de Tonchalá -.-.-.-  
 Media mínima mensual, Estación: Aeropuerto Camilo Daza ————  
 Carmen de Tonchalá -.-.-.-



GRAFICO IV. T-3  
 PROMEDIO INTERANUAL DE EXTREMOS INTRAMENSUALES  
 TEMPERATURA

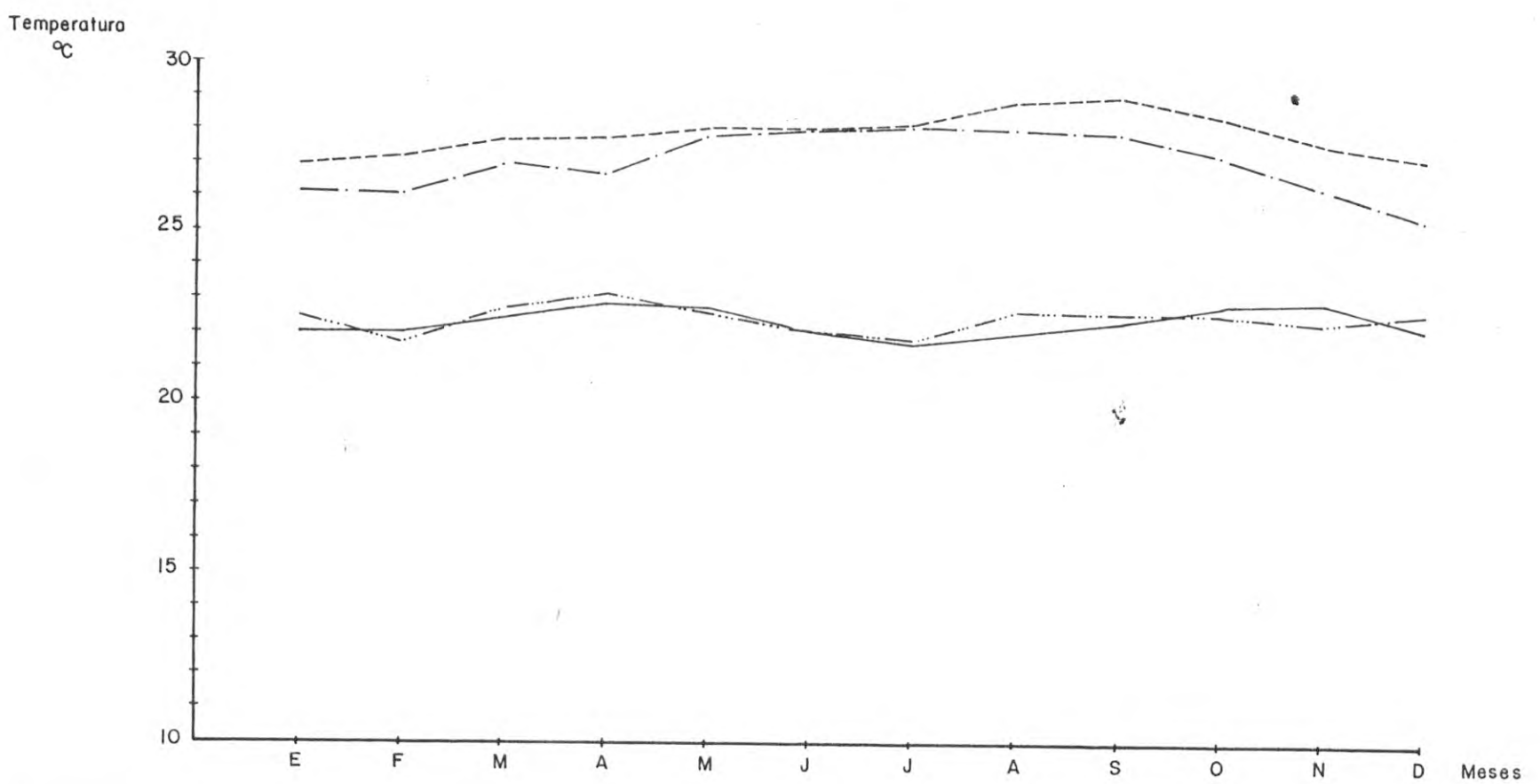
Temperatura  
 °C



CONVENCIONES:

Maxima absoluta; Estación: Aeropuerto Camilo Daza -----  
 Carmen de Tonchalá -.-.-.-.-  
 Mínima absoluta; Estación: Aeropuerto Camilo Daza \_\_\_\_\_  
 Carmen de Tonchalá .....-

GRAFICO IV T-4  
 PROMEDIO INTERANUAL INTRAMENSUAL  
 TEMPERATURA

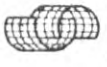


CONVENCIONES:  
 Media mensual: termómetro; seco; Estación: Aeropuerto Camilo Daza (---)  
 Carmen de Tonchaló (-.-)  
 Termómetro humedo; Estación: Aeropuerto Camilo Daza (—)  
 Carmen de Tonchaló (.....)



INSTITUTO COLOMBIANO  
 DE ENERGIA ELECTRICA  
 centrales electricas  
 del norte de Santander

C E N S

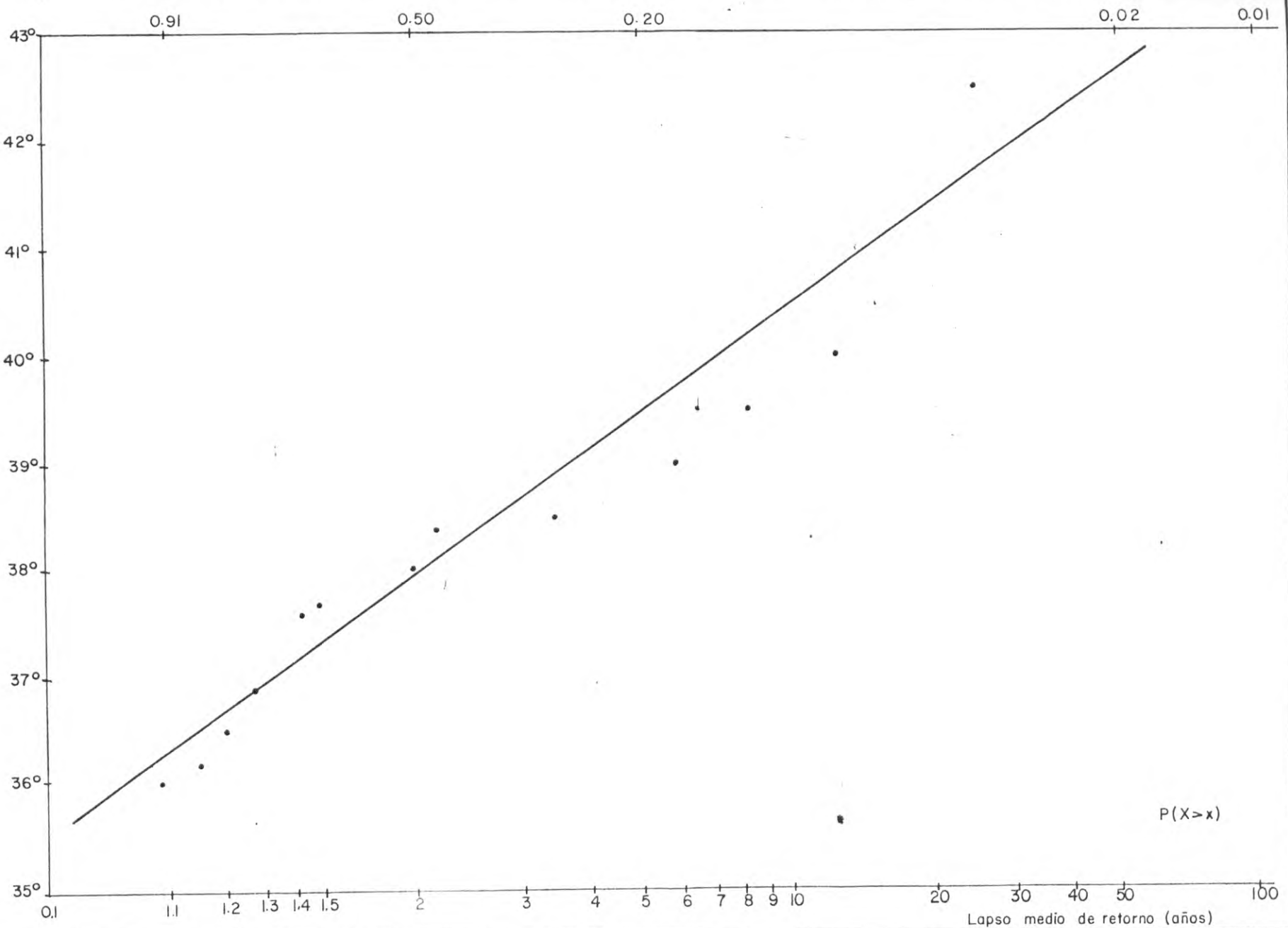


SOCIEDAD GENERAL  
 DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBADO:  
 A. B. M.  
 FECHA:  
 SEPT/79

GRAFICA IV. T-5 FUNCION PROBABILISTICA DE LA TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA, AEROPUERTO CAMILO DAZA



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas del norte de Santander

C E N S



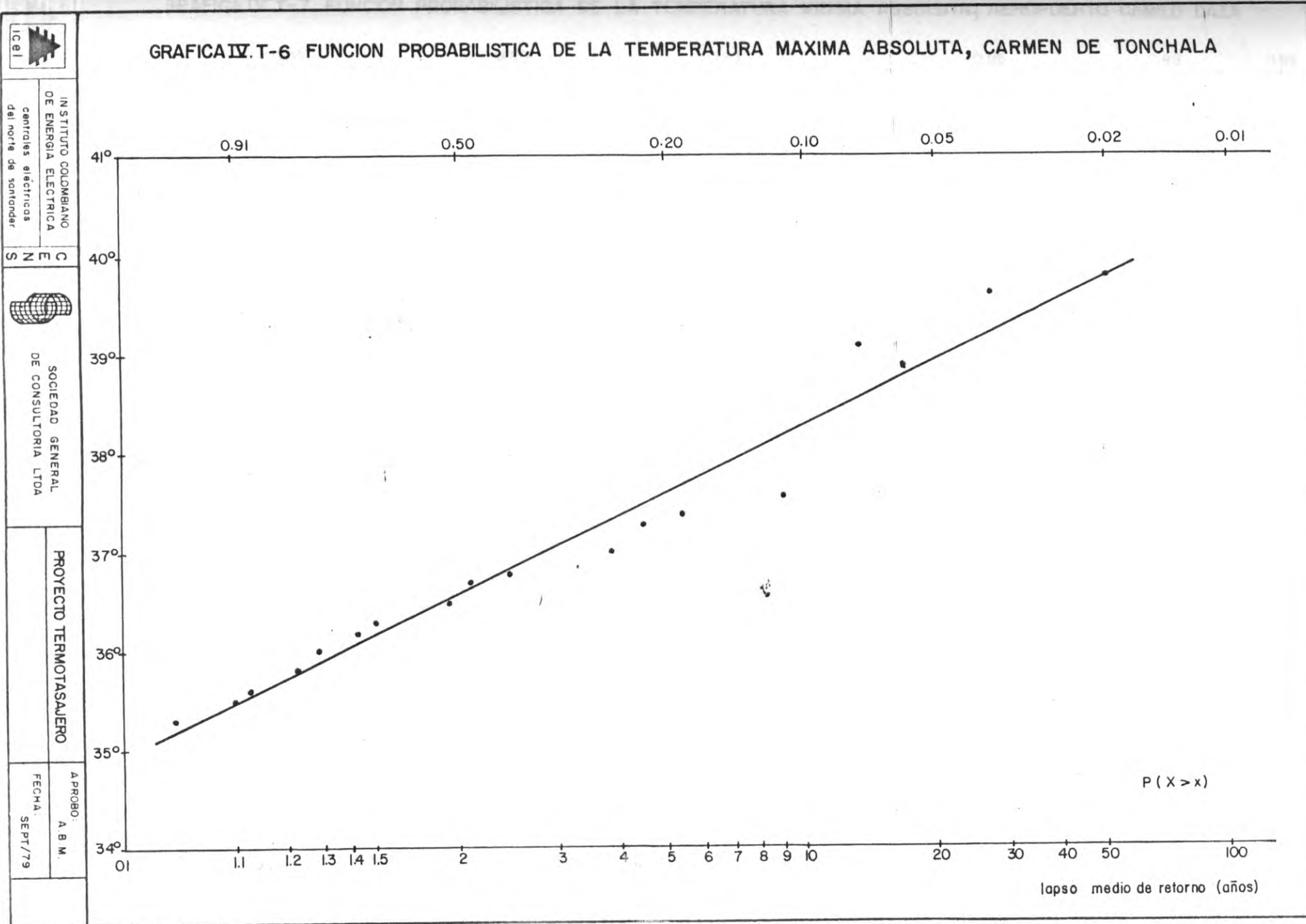
SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBADO: A. B. M.  
FECHA: SEPT/79

TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA (TEMP)  
 30 35 40 45  
 (TEMP)

GRAFICA IV.T-6 FUNCION PROBABILISTICA DE LA TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA, CARMEN DE TONCHALA



IC 81

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
 centros electricos del norte de Santander

S E N C

SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA

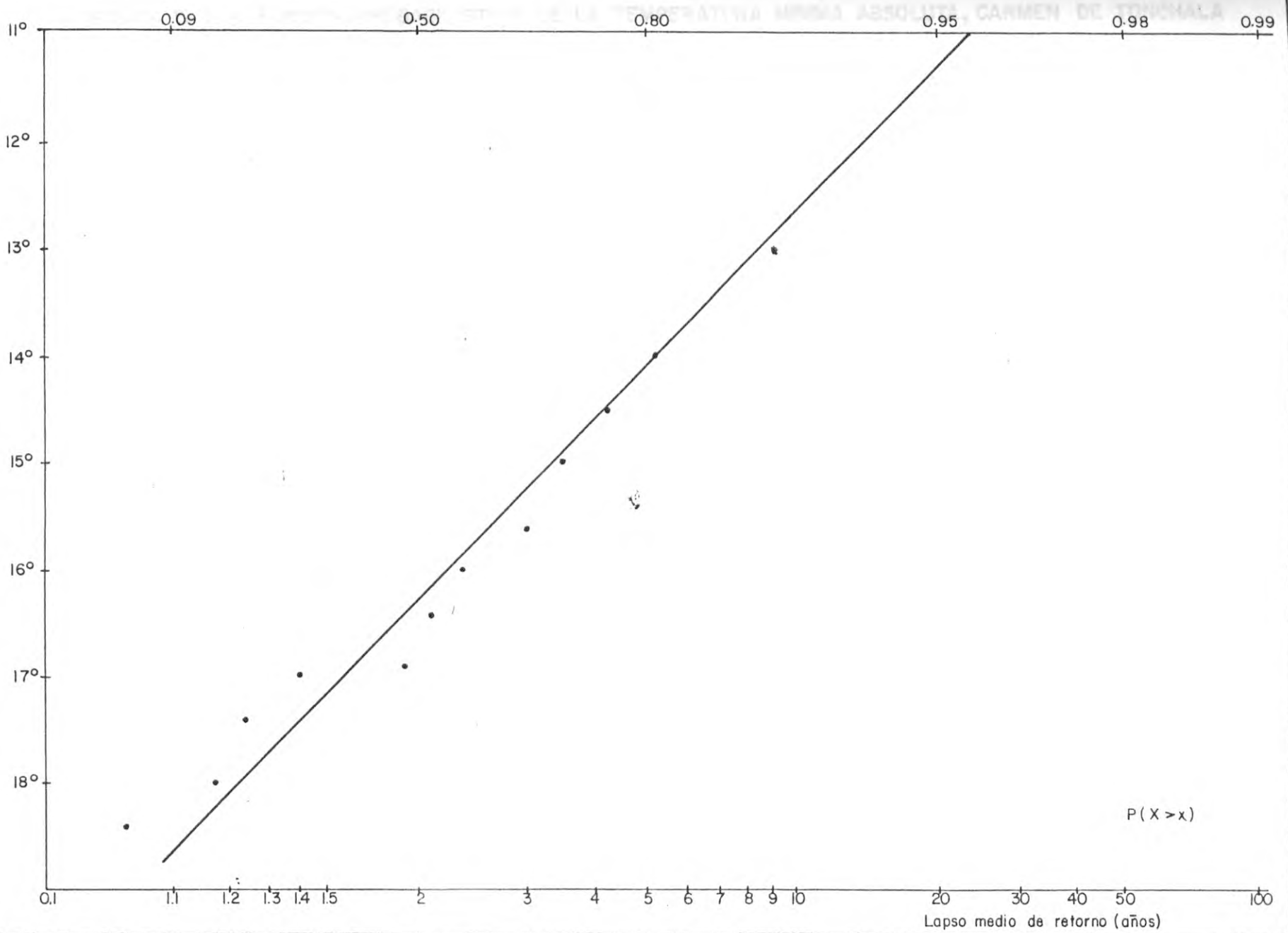
PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBO: A. B. M.  
 FECHA: SEPT/79

$P(X > x)$

lapso medio de retorno (años)

GRAFICA IV. T-7 FUNCION PROBABILISTICA DE LA TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA, AEROPUERTO CAMILO DAZA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas  
del norte de Santander

C  
E  
N  
S

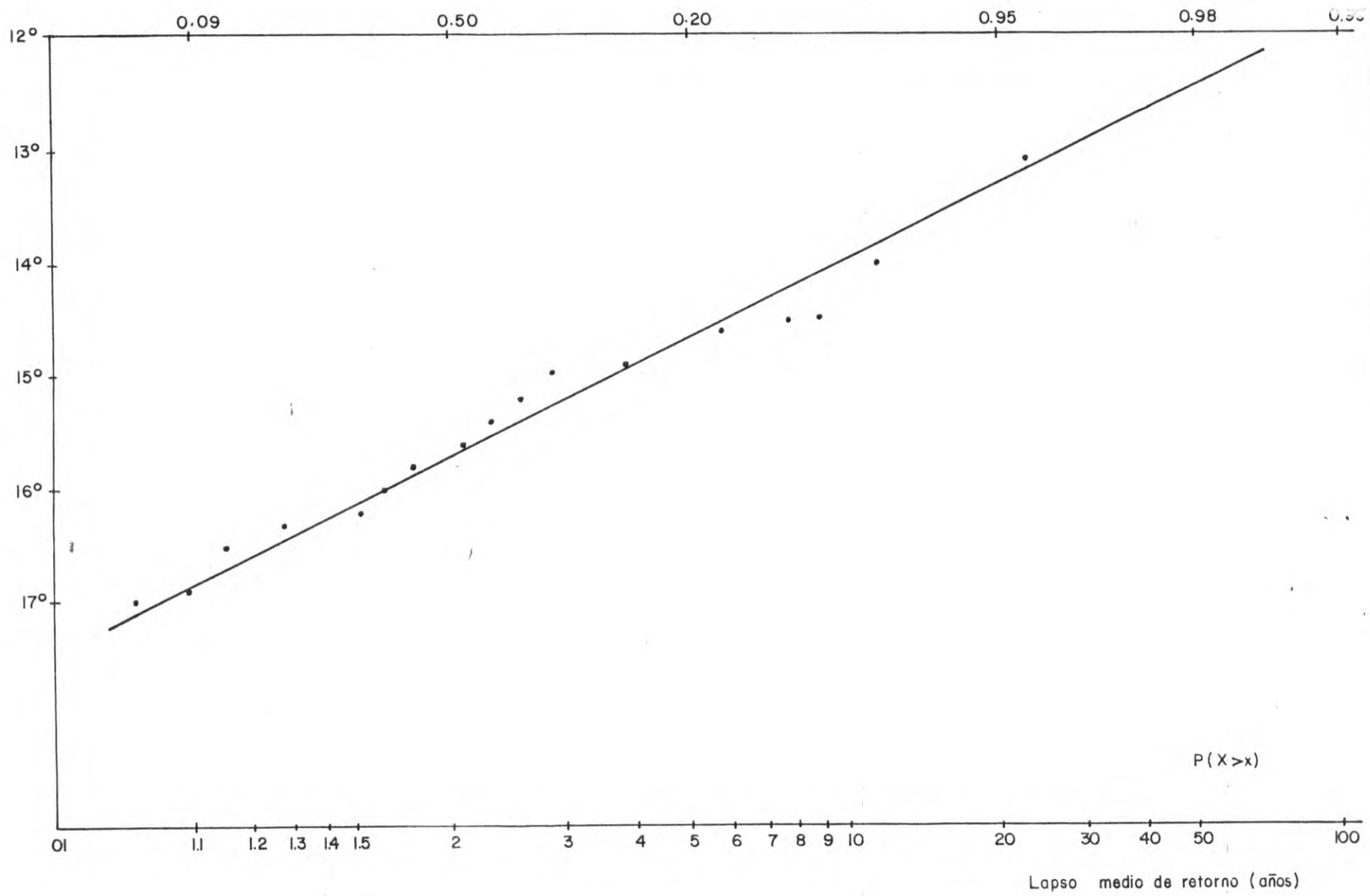


SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

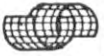
A PROBO:  
A. B. M.  
FECHA  
SEPT/79

GRAFICA IV.T-8 FUNCION PROBABILISTICA DE LA TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA, CARMEN DE TONCHALA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas  
del norte de Santander

C  
E  
N  
S



SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBADO:  
A. B. M.  
FECHA:  
SEPT/79

Lapso medio de retorno (años)

## 1.3

## HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

En los promedios de variación diurna se presentan los valores más bajos hacia las 13 horas y los valores más altos de las 04 horas a las 06 horas, siendo estos valores de 54% y 81% para Carmen de Tonchalá (Gráfico - IV.H-1).

El promedio mensual de la humedad relativa presenta variaciones de 59.42% a 70.35% para el Aeropuerto y de 58.67% a 78.83% para Carmen de Tonchalá; los valores de promedio intramensual de máximos y el promedio intramensual de mínimos varían entre un promedio interanual de 57.88% y 81.93% para el Aeropuerto, dando así una oscilación aproximada de 30%, mientras que en Carmen de Tonchalá varía entre 51.25% y 83.38% para una oscilación promedio de 32%. (Cuadro IV.H-1, Gráficas IV.H-2 y IV.H-3).

Los valores más bajos se presentan en los meses de Junio a Septiembre y los valores más altos de Noviembre a Febrero.

El cuadro IV.H-2 contiene las secuencias históricas de extremos intramensuales de promedios mensuales. Un análisis probabilístico de extremos permite concluir que para un lapso medio de retorno de 20 años corresponden los siguientes valores :

Estación	Humedad Relativa	
	Media Máxima %	Media Mínima %
Aeropuerto Camilo Daza	99.0	35.7
Carmen de Tonchalá	98.8	25.9

Las gráficas IV.H-4 a IV.H-7 muestran las correspondientes funciones probabilísticas.

CUADRO No. IV.H.1

PROMEDIO INTERANUAL

FENOMENO: HUMEDAD RELATIVA  
 UNIDADES DE EXPRESION %  
 FUENTE: Himat (archivo CENS)

ESTACIONES:  
 ACD: Aeropuerto Camilo Daza, Cúcuta N. DE. S.  
 CDT: Carmén de Tonchalá, Cúcuta N. DE. S.

VARIABLE	Mes	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio Anual
PROMEDIO 07 HORAS	ACD		83.70	81.55	83.42	82.80	79.08	72.54	70.58	72.67	75.75	82.02	85.36	85.33	79.90
	CDT		83.00	85.14	86.20	85.00	76.33	69.00	65.50	71.00	71.00	72.20	81.67	83.75	70.06
PROMEDIO 13 HORAS	ACD		57.90	57.90	56.5	58.11	52.66	50.77	49.00	45.83	47.50	52.50	58.00	59.25	53.83
	CDT		64.80	57.42	57.28	59.60	51.33	49.50	50.33	55.25	55.25	51.40	62.16	64.75	56.59
PROMEDIO 19 HORAS	ACD		67.90	66.18	65.58	66.67	66.33	64.00	60.17	60.42	61.75	69.17	73.50	72.92	62.22
	CDT		73.40	71.71	72.85	75.40	66.83	61.17	59.67	62.25	60.00	68.20	77.50	77.25	68.85
PROMEDIO MENSUAL	ACD		69.43	68.37	67.44	68.67	65.92	62.42	60.46	59.42	60.20	65.38	69.48	70.35	65.63
	CDT		74.00	71.71	72.28	73.20	64.67	59.50	58.67	62.75	62.25	66.00	78.83	75.50	68.28
PROMEDIO INTRAMENSUAL DE MAXIMOS	ACD		83.8	85.18	84.33	83.11	81.58	77.85	74.17	76.00	78.50	85.08	86.54	87.00	81.93
	CDT		88.0	89.14	89.00	88.00	82.66	75.67	68.67	78.75	76.50	86.20	88.50	89.50	83.38
PROMEDIO INTRAMENSUAL DE DE MINIMOS.	ACD		56.10	55.55	54.25	57.44	50.5	48.54	47.17	44.58	45.00	50.33	55.91	57.25	51.88
	CDT		58.00	53.71	55.00	57.20	47.67	45.50	48.33	43.00	49.50	48.20	53.67	55.25	51.45
OSCILACION MEDIA	ACD		27.90	31.00	30.08	25.66	31.08	29.31	27.00	31.42	33.50	34.92	30.91	29.83	30.22
	CDT		30.00	35.43	34.14	30.80	34.83	32.50	20.17	38.00	26.75	38.00	35.00	34.00	32.47



EXTREMOS INTRANUALES DE PROMEDIOS MENSUALES

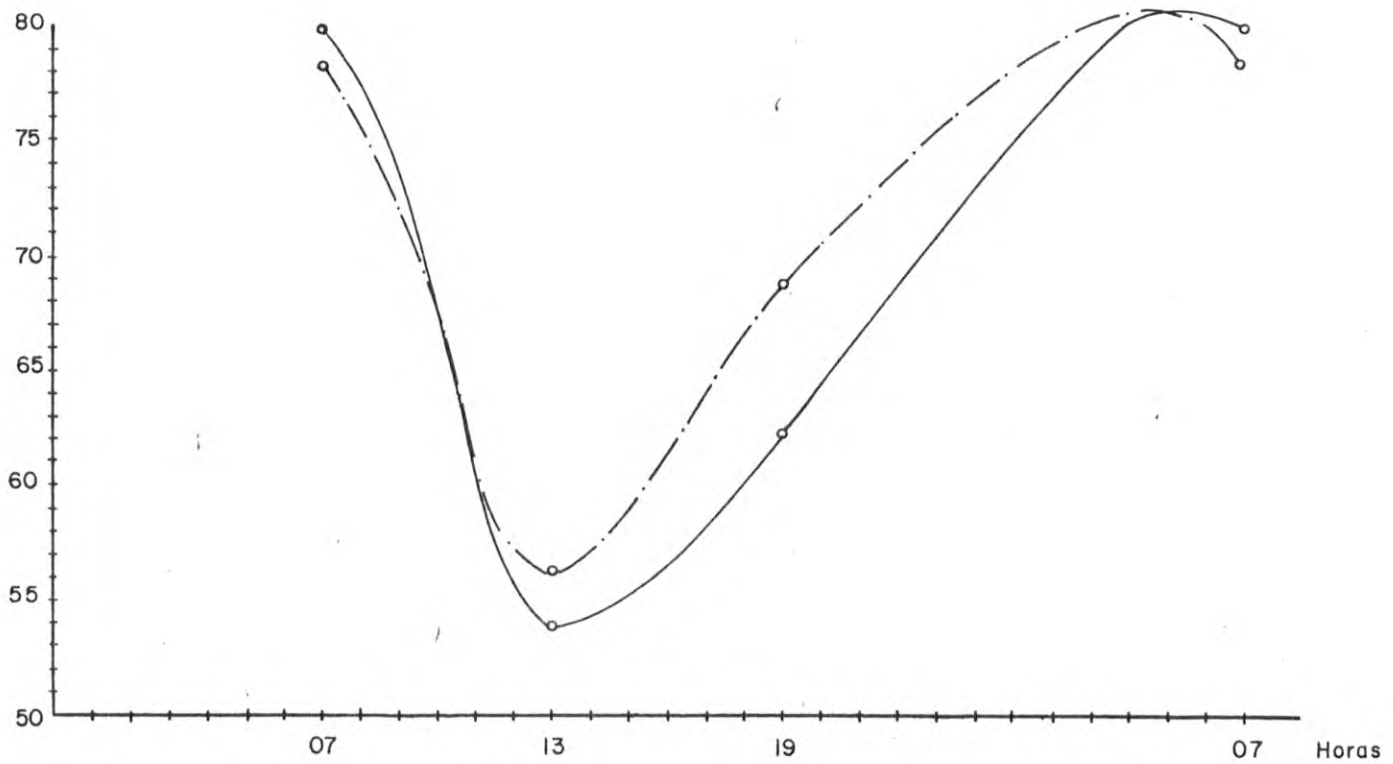
HUMEDAD RELATIVA

Estación	Est. Aeropuerto Camilo Daza		Esta. Carmen de Tonchalá	
Variable				
Año	Máximo	Mínimo	Máximo*	Mínimo
1964	84	45	82,9*	45,6*
65	86	44	83,8*	44,5*
66	89	47	85,1*	47,8*
67	88	47	84,7*	47,8*
68	86	45	83,8*	45,6*
69	85	44	93	44,5*
70	90	47	96	49
71			98	49
72	94	42	90	30
73	94	42	90	30
74	99	37	93	30
75	97	38	91	33
76	97	43	88,6*	43,5*

\* Dato hallado por correlación

GRAFICO IV. H-1  
 PROMEDIO ANUAL DE VARIACION DIURNA  
 HUMEDAD RELATIVA

Humedad  
 relativa %



CONVENCIONES :

Media anual 07, 13, 19 horas ; Estación : Aeropuerto Camilo Daza —  
 Carmen de Tonchalá - - -

INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 CENTRO NACIONAL DE ESTADÍSTICA  
 DEL NOROCCIDENTE

COMUNIDAD

INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 DE CARACAS

PROYECTO TERMOTASAJERO

SEPT. / 79



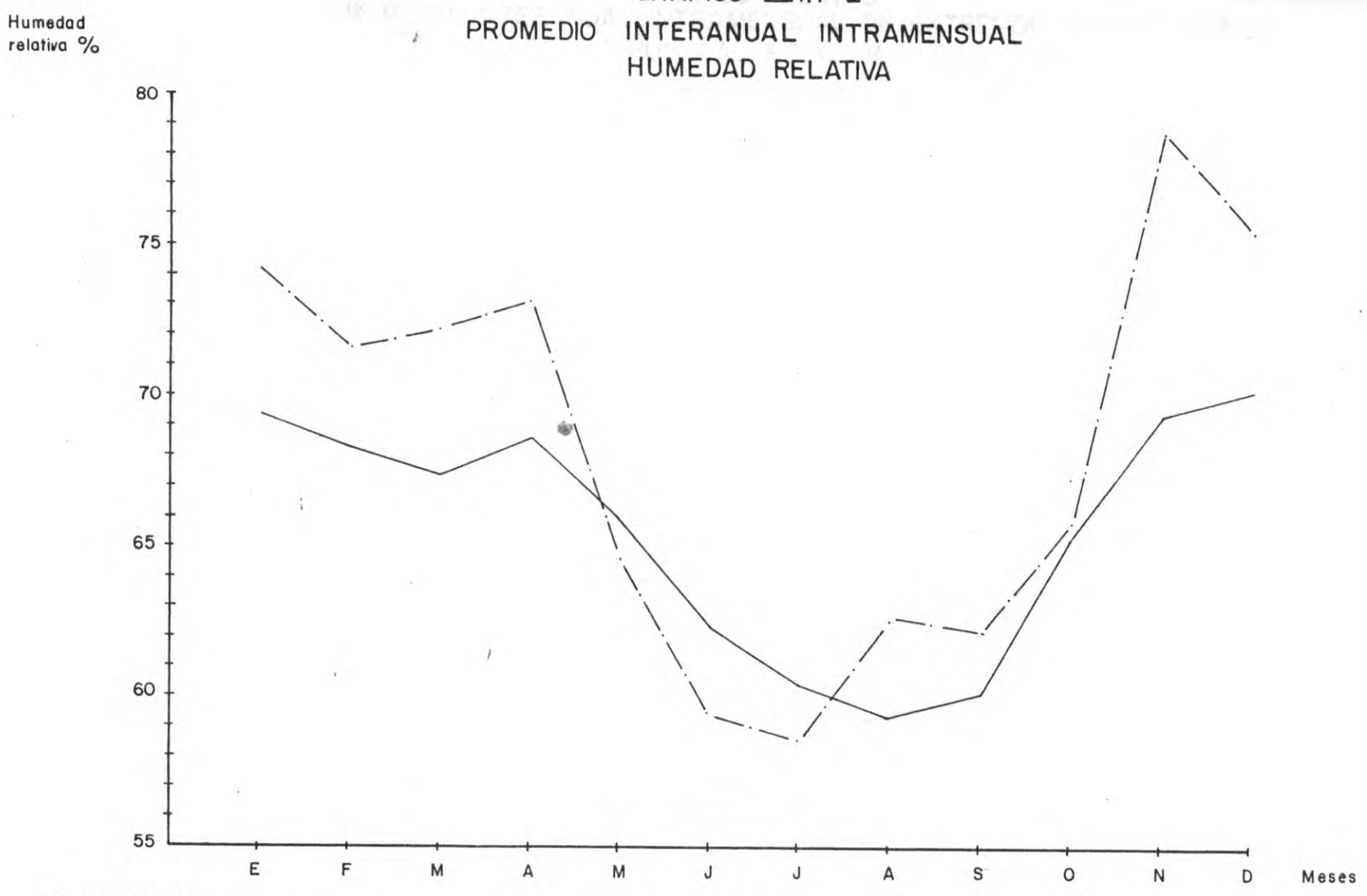
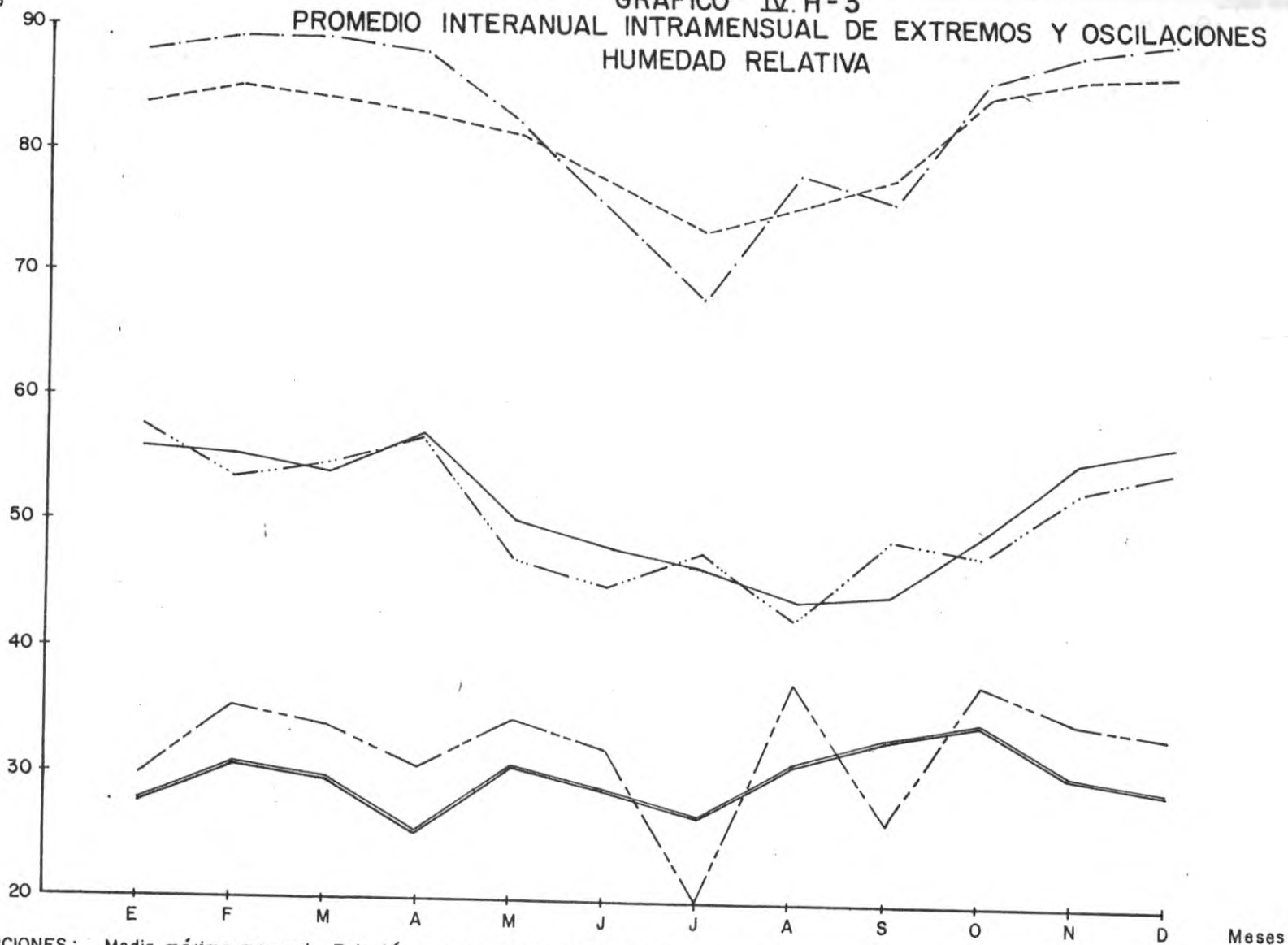

  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
   
 centros electricos del norte de Santander
   
 C E N S
   

  
 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA
   
 PROYECTO TERMOTASAJERO
   
 APROBADO: A.B.M.
   
 FECHA: SEPT. / 79

GRAFICO IV.H-2
   
 PROMEDIO INTERANUAL INTRAMENSUAL
   
 HUMEDAD RELATIVA



CONVENCIONES :
   
 Media mensual; Estación : Aeropuerto Camilo Daza —————
   
 Carmen de Tonchalá - - - - -

Humedad  
relativa %



CONVENCIONES: Media máxima mensual; Estación: Aeropuerto Camilo Daza (---) / Carmen de Tonchala (---)  
 Media mínima mensual; Estación: Aeropuerto Camilo Daza (—) / Carmen de Tonchala (—)  
 Oscilación Media; Estación: Aeropuerto Camilo Daza (====) / Carmen de Tonchala (====)



INSTITUTO VENEZOLANO  
DE ENERGIA ELÉCTRICA  
CORPORACIÓN VENEZOLANA  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CENSA



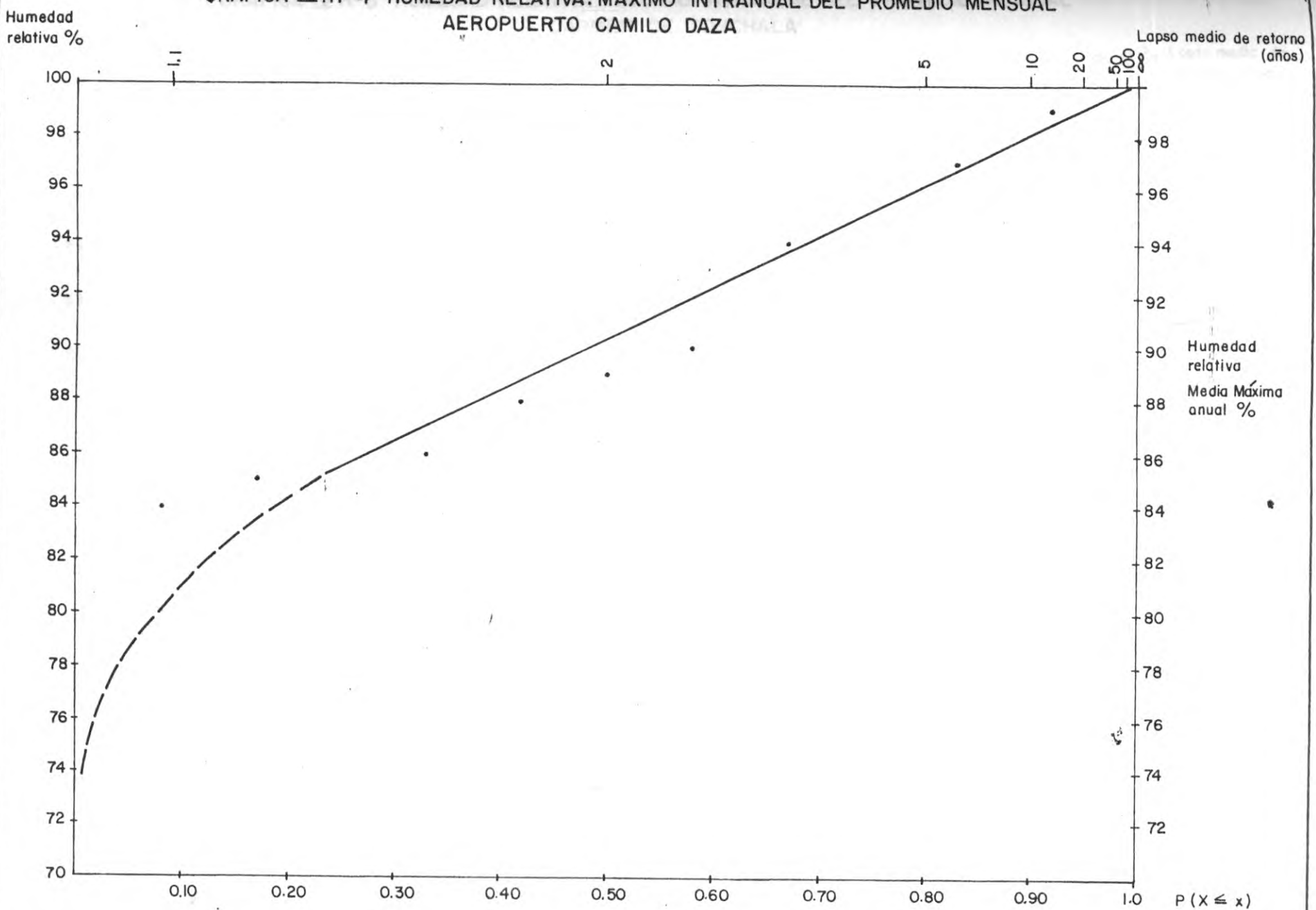
COMERCIO GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA.

PROYECTO TERMOTASAJERO

FECHA  
SEPT / 79

Aprobado  
A. B. M.

GRAFICA IV.H-4 HUMEDAD RELATIVA: MAXIMO INTRANUAL DEL PROMEDIO MENSUAL  
AEROPUERTO CAMILO DAZA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas  
del norte de Santander

SENER



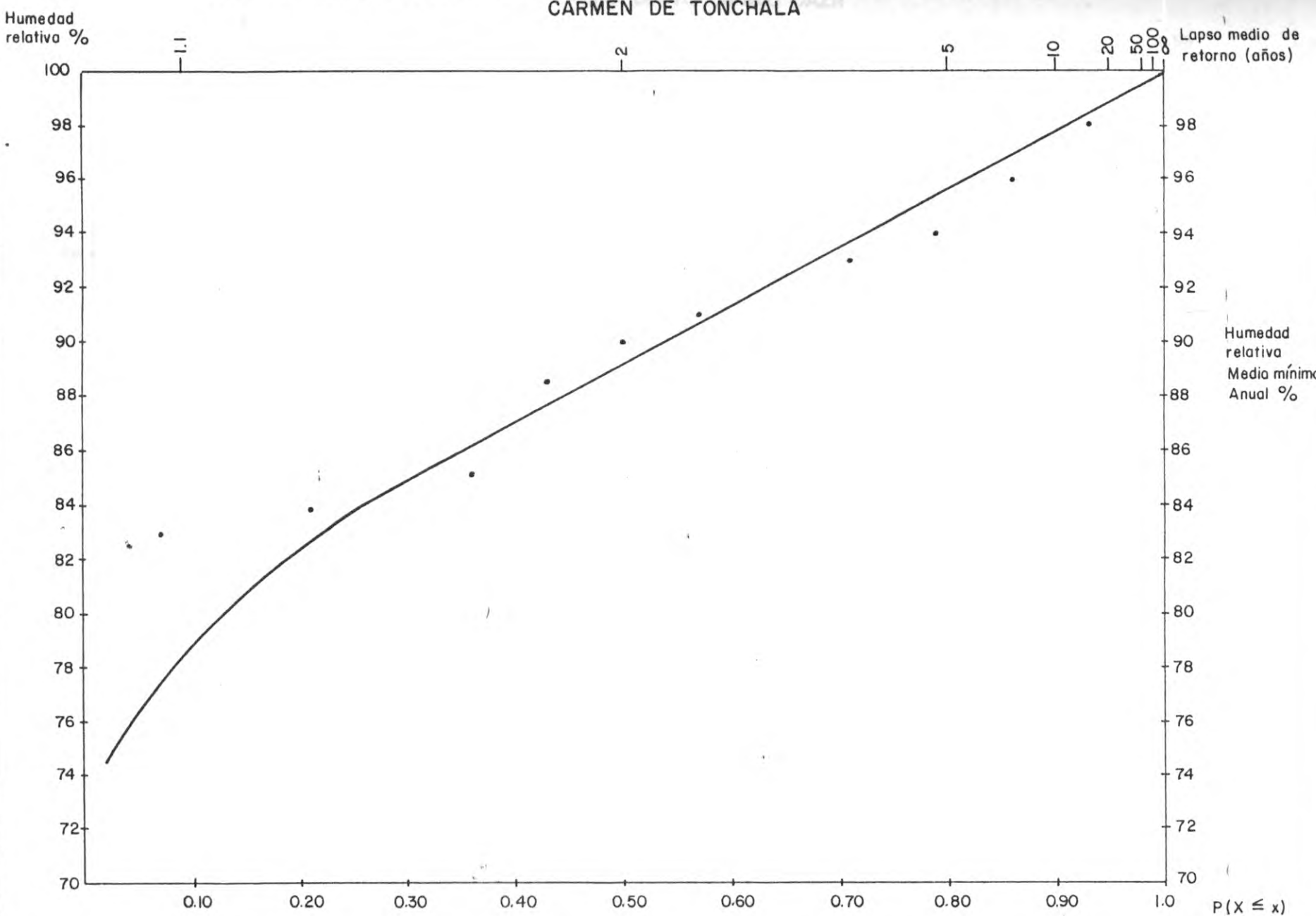
SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO:  
A. B. M.  
FECHA:  
SEPT./79

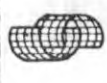
$P(X \leq x)$

GRAFICA IV.H-5 HUMEDAD RELATIVA : MAXIMO INTRANUAL DEL PROMEDIO MENSUAL  
CARMEN DE TONCHALA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas  
del norte de Santander

CENSA



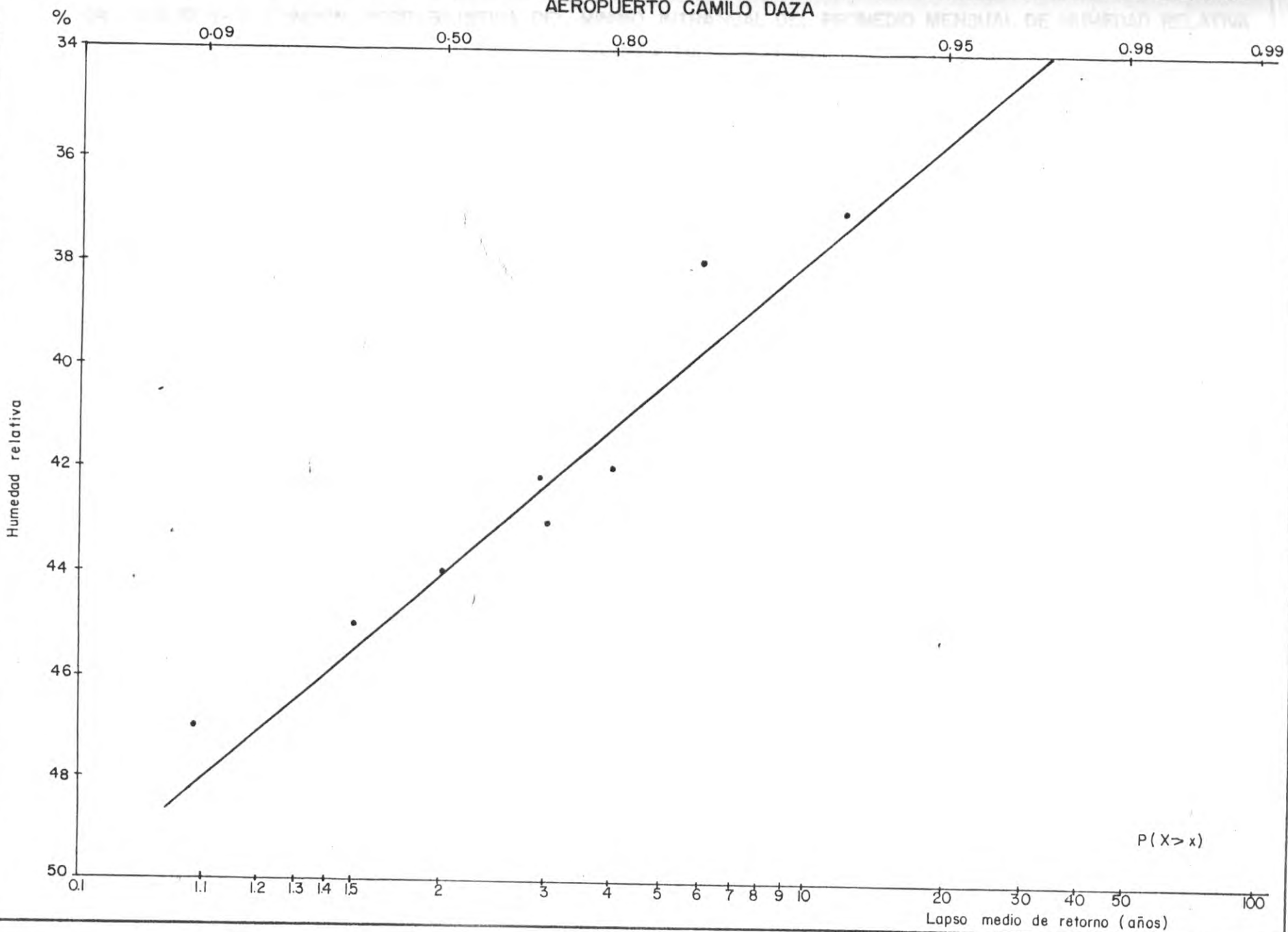
SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

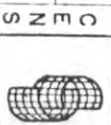
A PROBO  
FECHA:  
A. B. M.  
SEPT / 79

$P(X \leq x)$

GRAFICA IV.H-6 FUNCION PROBABILISTICA DEL MINIMO INTRANUAL DEL PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA AEROPUERTO CAMILO DAZA



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas del norte de Santander

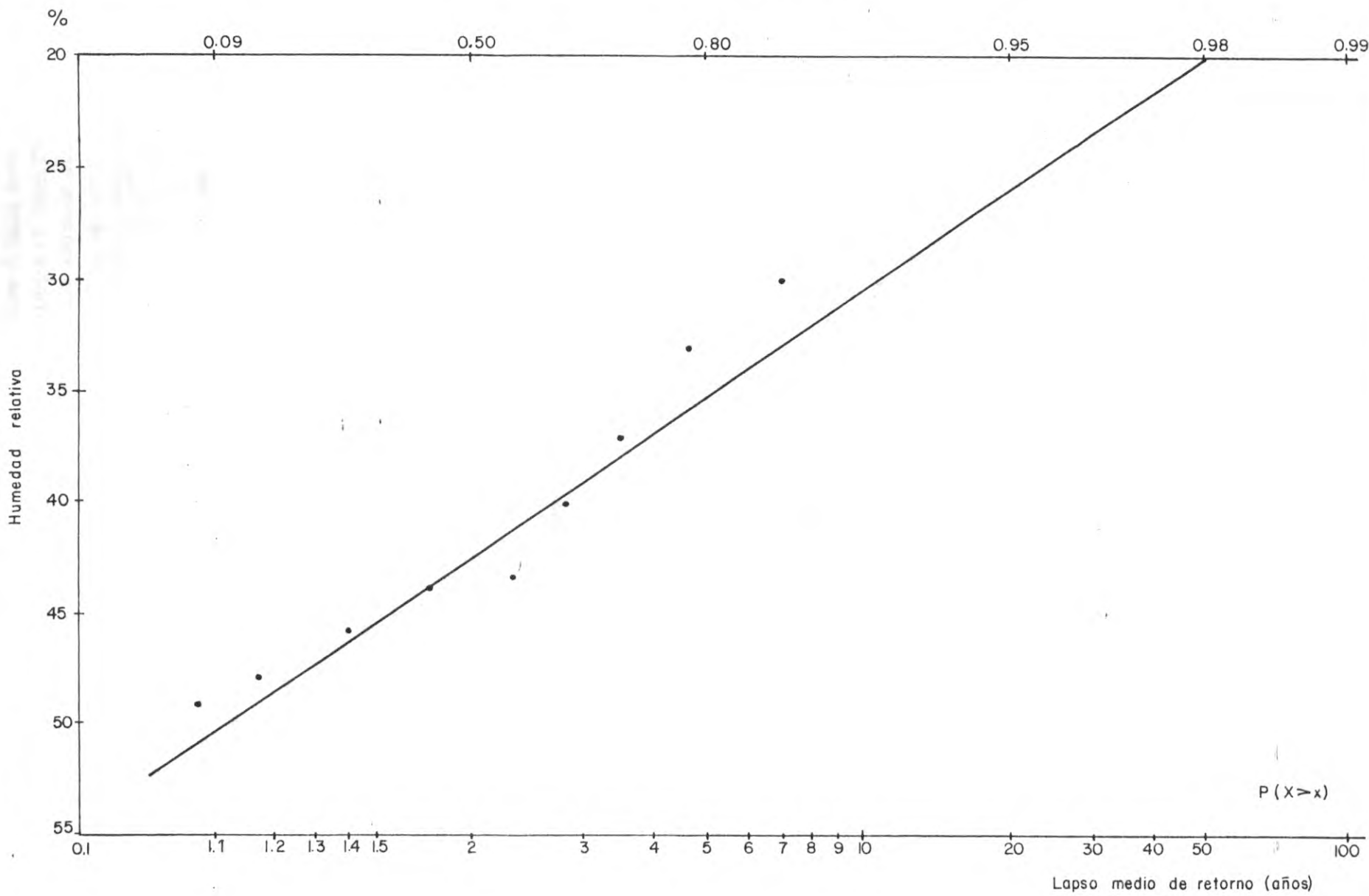


SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBADO:  
FECHA:  
A. B. M.  
SEPT / 73

GRAFICA IV.H-7 FUNCION PROBABILISTICA DEL MINIMO INTRANUAL DEL PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA CARMEN DE TONCHALA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
capitales electricas  
del norte de Santander

C E N S



SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO:  
FECHA: A. B. M.  
SEPT / 79



## 1.4 VIENTOS

### 1.4.1 Velocidad

La velocidad del viento presenta variaciones suaves a lo largo del año; la velocidad media mensual tiene una variación que va desde 3.21 en el mes de Diciembre a 7.70 m/seg. en el mes de Julio para el aeropuerto y de 0.60 en Febrero a 4.10 m/seg. en Junio para el Carmen de Tonchalá. El valor máximo absoluto varía entre - 12.41 M/seg. en Diciembre y 17.89 m/seg. en Julio - para el Aeropuerto. Los mayores valores de velocidad del viento se presentan entre los meses de Junio y Agosto, y los menores valores entre Noviembre y Marzo. - (Cuadro IV.V-1, Gráfica IV.V-1).

La Gráfica IV.V-2 muestra el patrón de variación diurna de la velocidad del viento para las dos estaciones, - en el cual se aprecia la ocurrencia de mínimos durante la noche y de máximos un poco más tarde que el medio día.

#### 1.4.2.1 Estación Aeropuerto Camilo Daza

La secuencia histórica utilizada para este análisis tiene datos diarios tanto de dirección como de velocidad, - para el lapso comprendido entre 1971 y 1977.

Se utilizaron frecuencias mensuales en cada dirección, expresadas como porcentajes sobre el total de observaciones, con lo cual se desarrolló una rosa de vientos - para cada mes y para el período en estudio, es decir - con base en valores promedios mensuales interanuales.

Con esto se obtienen las rosas de vientos que aparecen en las gráficas IV.V-3 a IV.V-37, en las cuales se observa que predominan los vientos del norte en los meses de Octubre a Abril con frecuencias que varían entre 30% y 40%; Mayo y Septiembre son 2 meses en los cuales - actúan de manera similar los vientos del norte y sur con frecuencias entre 20% y 30%, y en los meses de Junio a Agosto predominan los vientos del sur con frecuencias entre 20% y 40%.

La rosa anual (gráfica IV.V-3) muestra como los vientos del norte se presentan con mayor frecuencia (aproximadamente 30%), que los del sur (18%), siendo estas las direcciones predominantes.

La calma máxima se presenta en Febrero con una frecuencia de 48% y la mínima en Julio con una frecuencia de 16%; la calma promedio anual tiene una frecuencia de 36.3%

#### 1.4.2.2

#### Estación Carmen de Tonchalá

La secuencia histórica utilizada para este análisis tiene datos diarios tanto de dirección como de velocidad, para el lapso comprendido entre 1973 y 1975.

Se utilizaron frecuencias mensuales en cada dirección, expresadas como porcentajes sobre el total de observaciones, con lo cual se desarrolló una rosa de vientos - para cada mes y para el período en estudio, es decir - con base en valores promedios mensuales interanuales.

Con esto se obtienen las rosas de viento que aparecen - en las gráficas IV.V-4 a IV.V-7, en las cuales se observa que predominan los vientos del norte con una frecuencia que varía entre 15% y 35% y los del sur con una frecuencia que varía entre 15% y 30% a lo largo del año y - los del occidente con alguna predominancia en los meses de Septiembre a Diciembre.

La rosa anual (gráfica IV.V-4), muestra los valores similares para las direcciones norte y sur (aproximadamente 21%), para viento de occidente 9% y una calma - promedio de 41.3%.

La calma máxima se presenta en Febrero con una frecuencia de 66.5% y la calma mínima se presenta en Agosto con una frecuencia del 16%.

#### 1.4.2.3 Comparación entre las estaciones Aeropuerto Camilo - Daza y Carmen de Tonchalá.

Tanto en Aeropuerto como en Carmen de Tonchalá, predominan los vientos del norte y del sur.

En la primera estación el predominio del norte es más marcado, con una frecuencia anual del orden de 30% - mientras en el sur es de 18%; en la segunda frecuencia anual es del orden de 21% para las dos direcciones; la calma tiene una frecuencia anual de 36% en la primera y de 41% en la segunda.

La velocidad promedio en la primera estación es de 5.24 y en la segunda de 2.3 m/s., con factores de estaciona- lidad similares.

CUADRO No. IV. V. 1  
PROMEDIO MENSUAL INTRA-ANUAL

FENOMENO: Velocidad del Viento

UNIDADES DE EXPRESION: M/S

FUENTE: Himat ( Archivo CENS)

ESTACIONES:

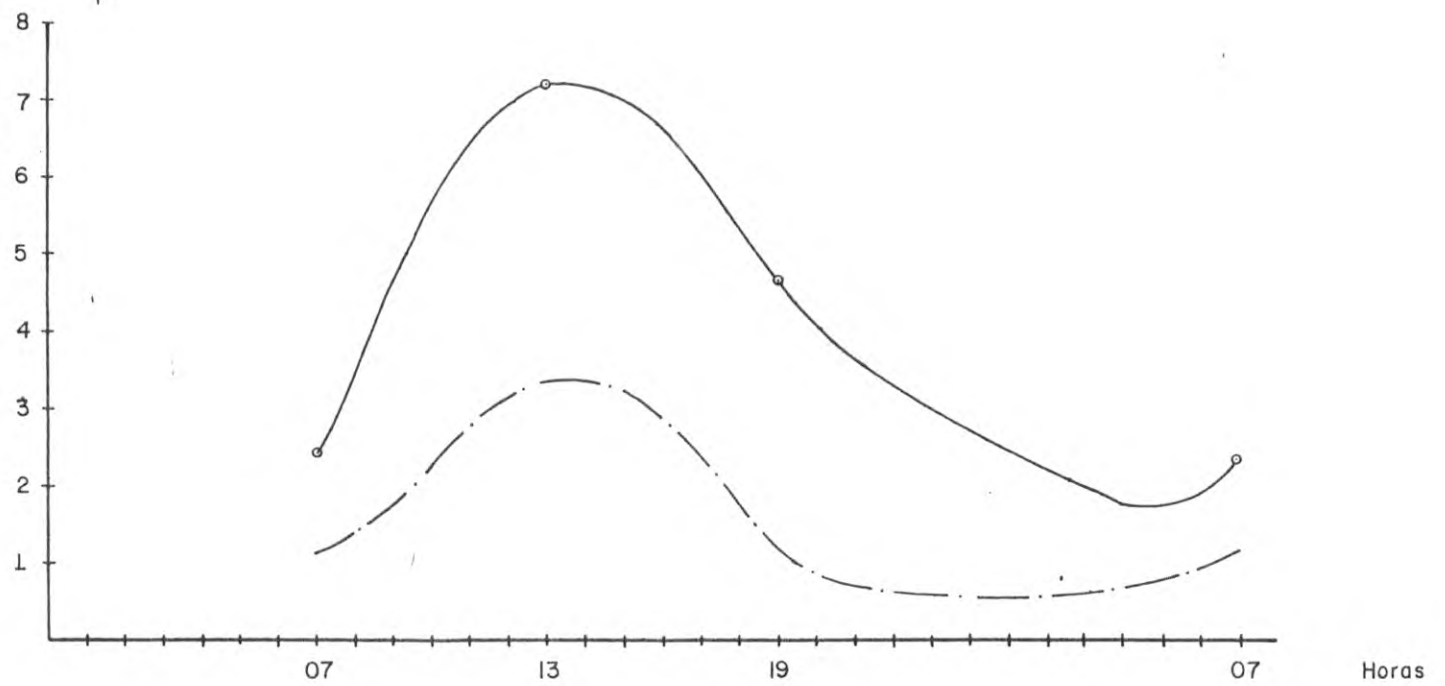
ACD: Aeropuerto Camilo Daza, Cúcuta N.DE.S.

CDT: Carmén de Tonchalá, Cúcuta N. DE S.

Variable	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROMEDIO ANUAL
MEDIA 07	ACD	1.05	0.92	0.76	1.07	2.81	4.91	5.84	4.52	3.39	1.85	1.02	0.94	2.42
	CDT	0.5	0.1	0.13	0.47	1.53	2.23	3.35	3.02	1.23	0.70	0.37	0.30	1.16
MEDIA 13 HORAS	ACD	5.92	5.81	6.01	5.97	7.40	9.51	10.16	9.45	8.61	6.42	5.56	5.62	7.20
	CDT	3.15	1.75	1.87	3.00	4.07	6.77	5.30	5.02	3.07	3.00	1.90	1.55	3.37
MEDIA 19 HORAS	ACD	3.79	3.75	4.24	3.82	4.54	5.80	6.95	6.55	5.74	4.25	3.44	3.17	4.67
	CDT	0.95	0.05	0.33	0.67	1.2	1.53	4.93	2.22	0.83	0.60	0.27	0.75	1.19
MEDIA MENSUAL	ACD	3.57	3.45	3.69	3.59	4.90	6.76	7.70	6.83	5.89	4.24	3.30	3.21	4.76
	CDT	1.50	0.60	0.83	1.50	2.37	4.10	3.90	2.90	1.80	1.30	0.77	0.83	1.87
MAXIMA ABSO - LUTA.	ACD	13.47	13.8	14.07	15.93	16.96	17.35	17.89	17.311	16.99	14.27	13.35	12.41	15.32
	CDT													

GRAFICO IV V-2  
 PATRON DE VARIACION DIURNA  
 VELOCIDAD DEL VIENTO

Velocidad del viento m/s.

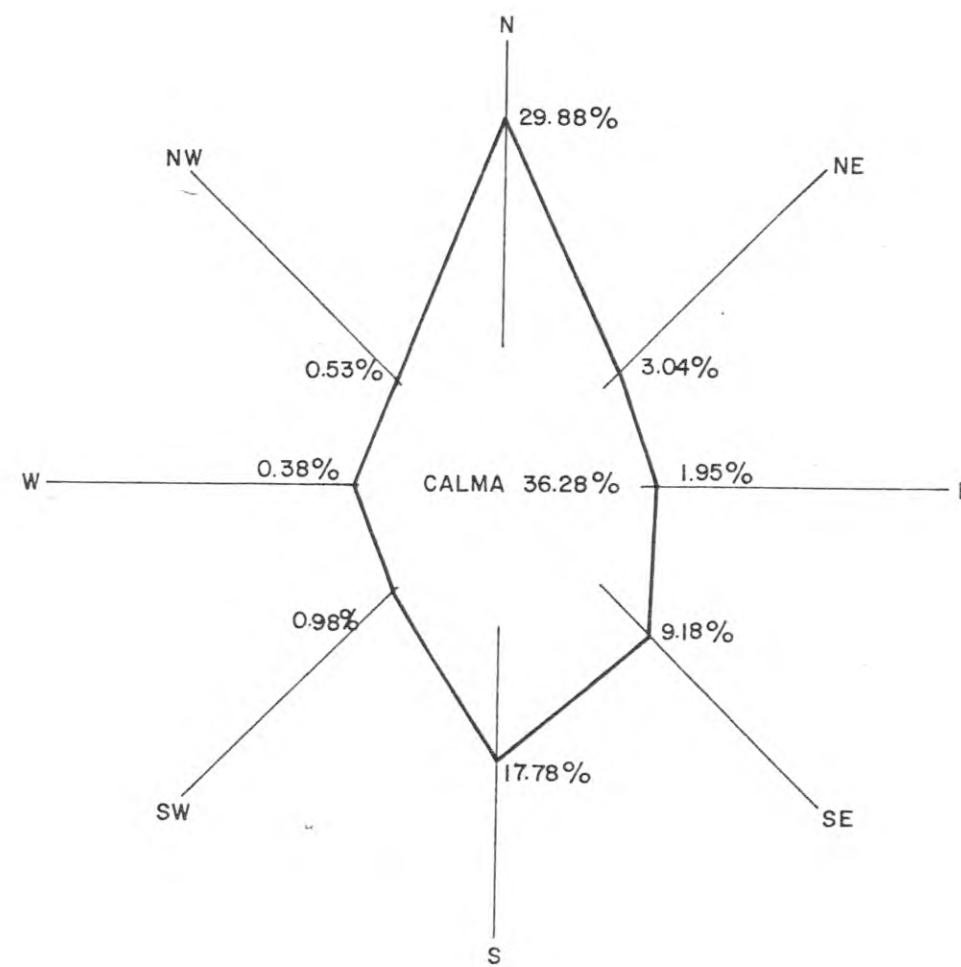


CONVENCIONES :

Media anual -07, 13, 19 horas; Estación : Aeropuerto Camilo Daza ———  
 Carmen de Tonchalá - - - - -

ROSA ANUAL DE VIENTOS  
 FRECUENCIA PROMEDIO DE DIRECCION  
 Est: Aeropuerto Camilo Daza

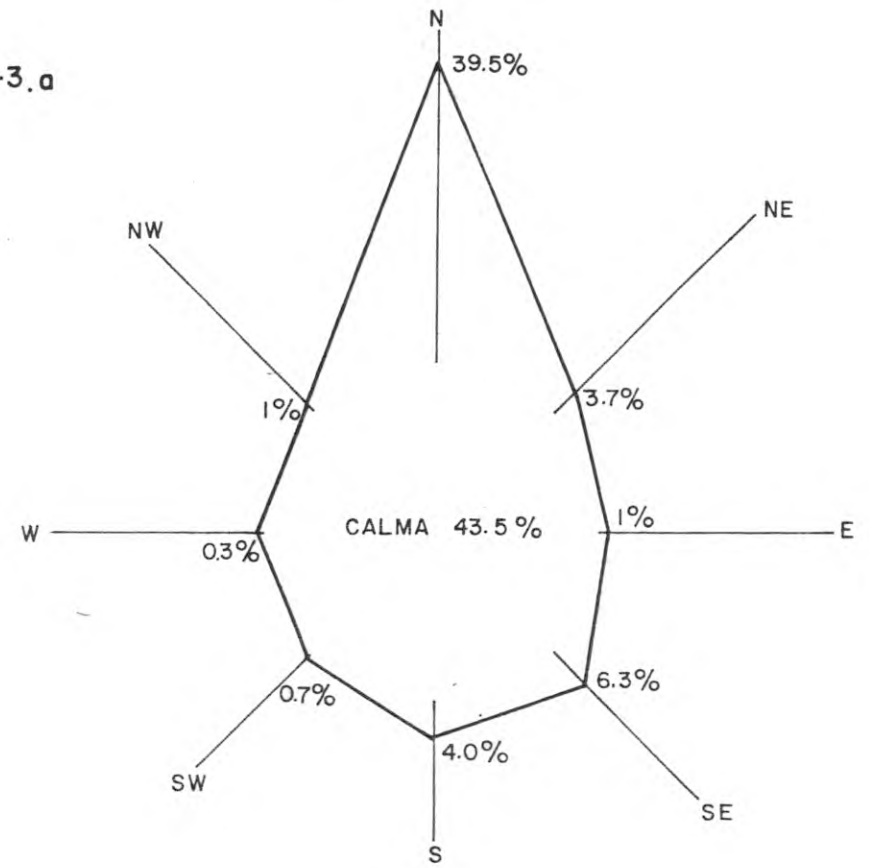
GRAFICA IV-V-3



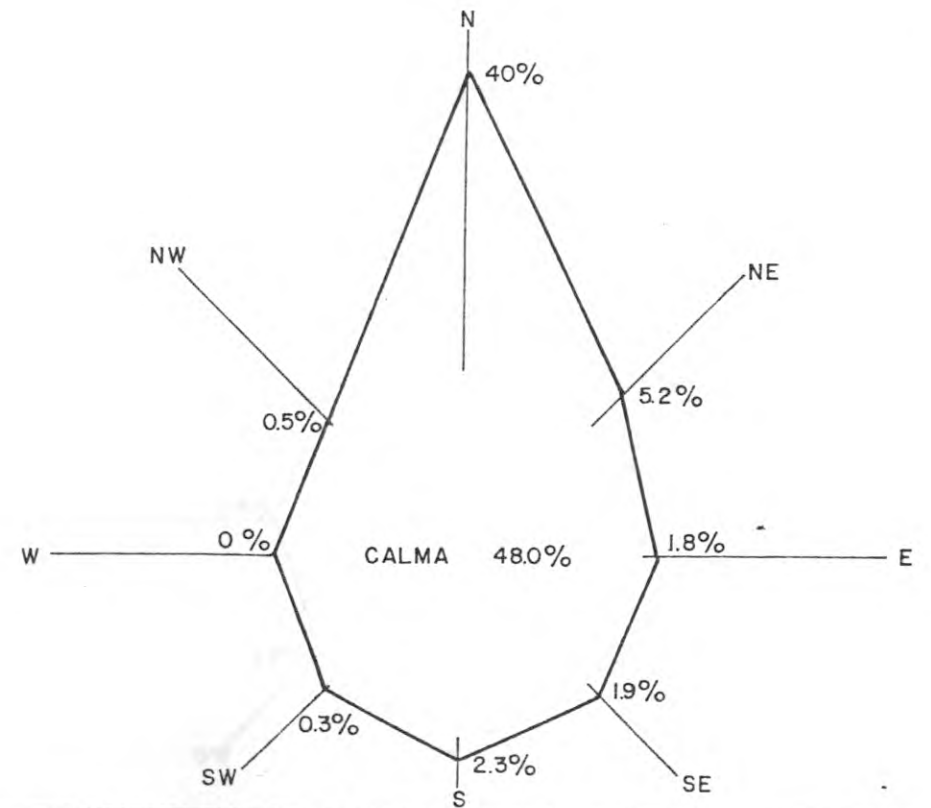
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Aeropuerto Camilo Daza

GRAFICA IV-V-3.a

ENERO



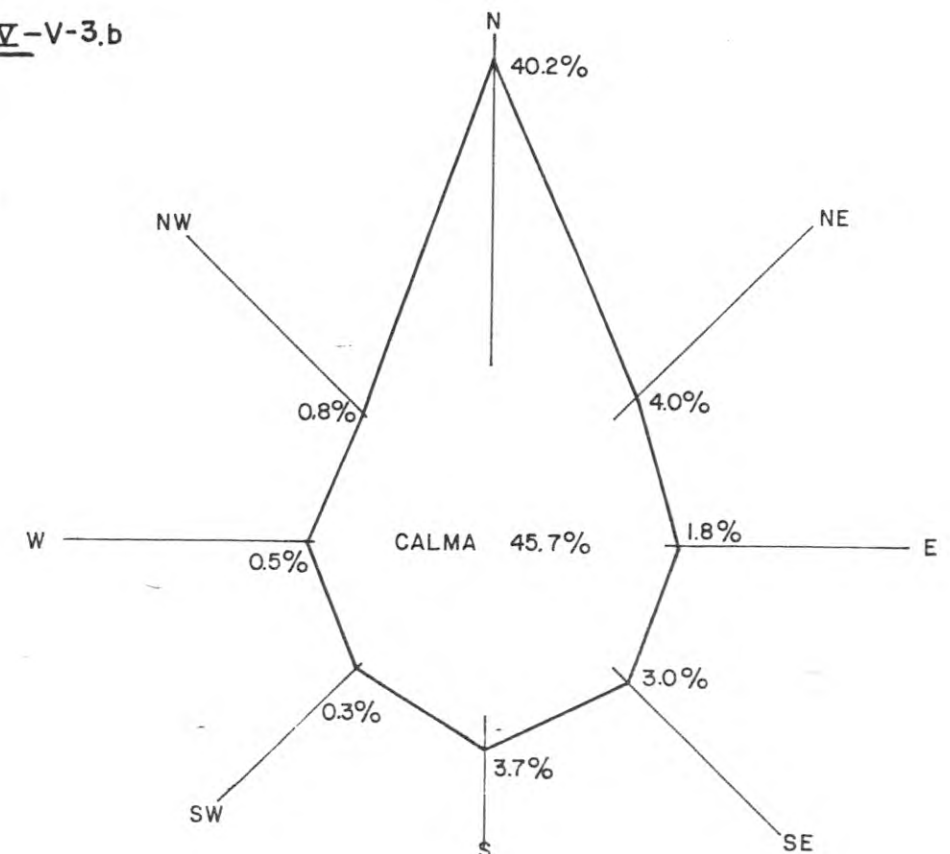
FEBRERO



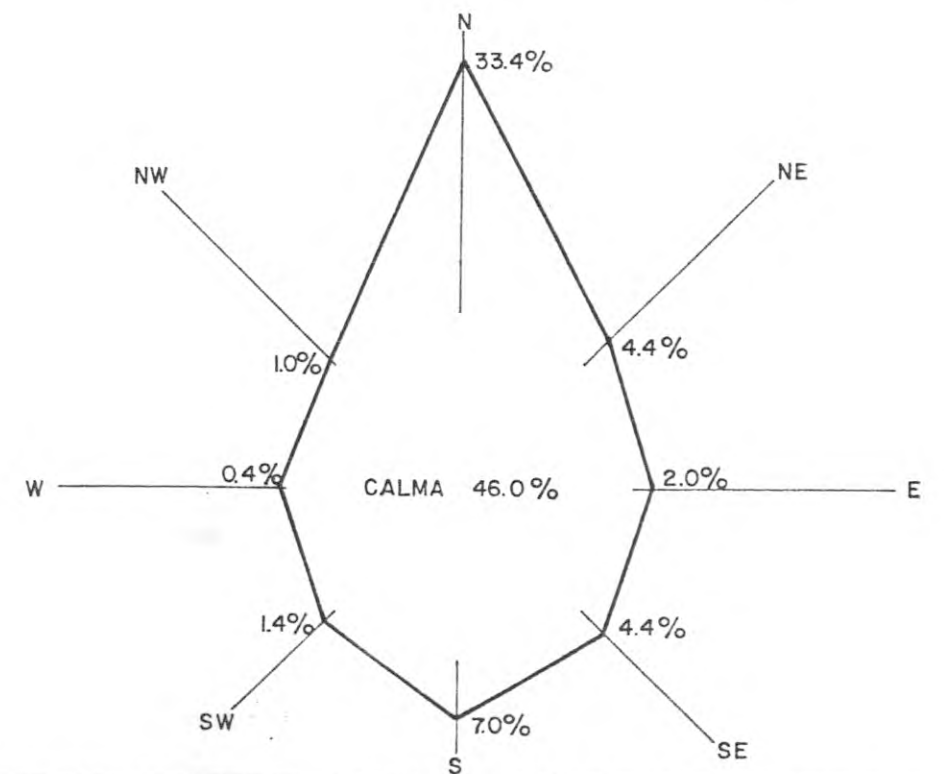
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Aeropuerto Camilo Daza

GRAFICA IV-V-3.b

MARZO



ABRIL





ESTADÍSTICA DE VIENTOS  
FRECUENCIA DE DIRECCION  
Est: Aeropuerto Camilo Doza

038AM



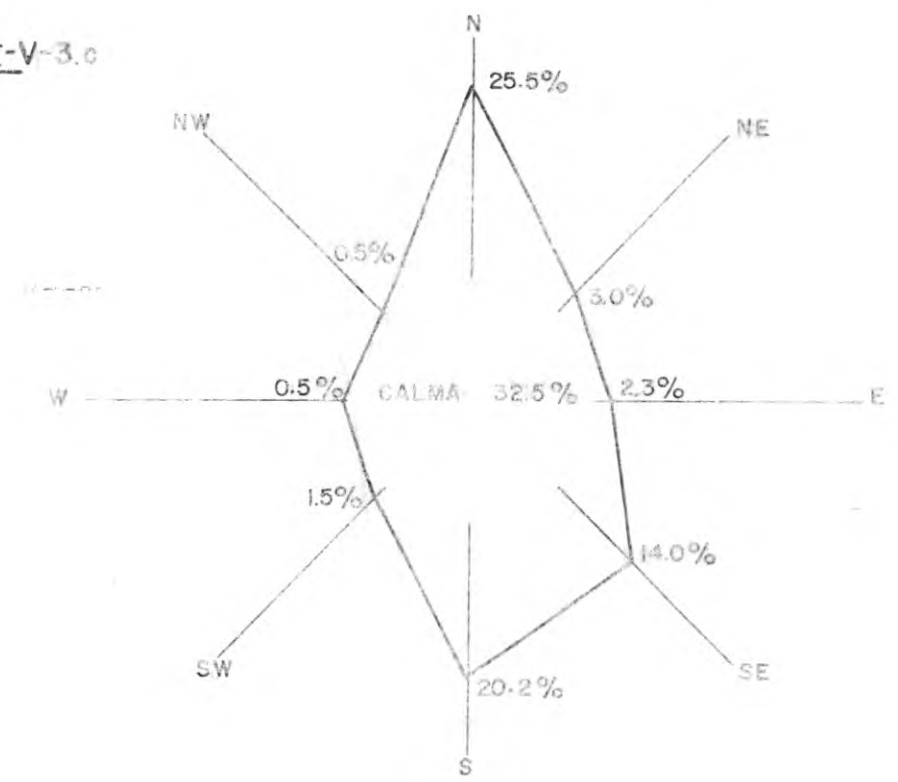
64-V-1000

038AM

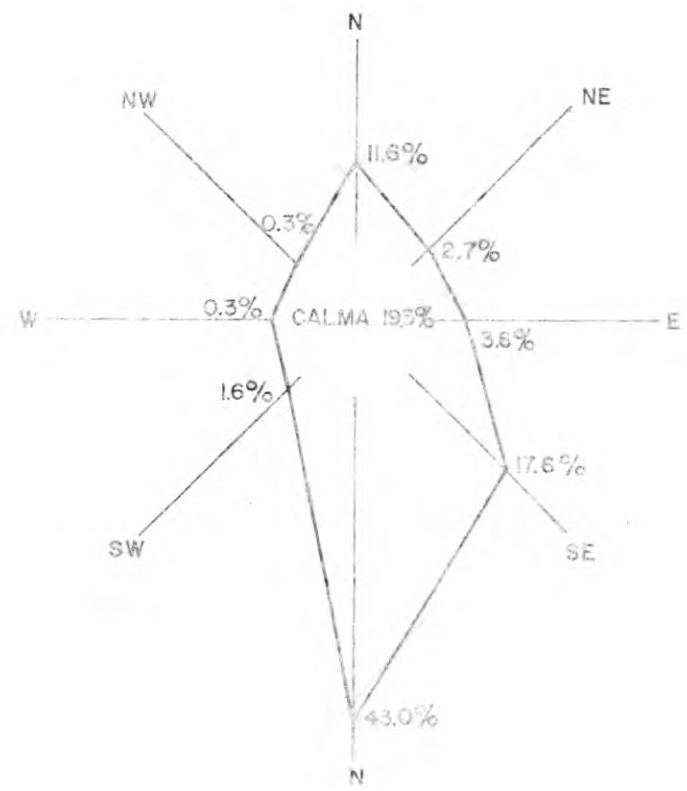


# ROSA DE LOS VIENTOS FRECUENCIA DE DIRECCION Est: Aeropuerto Camilo Doza

64-V-3.0



038AM

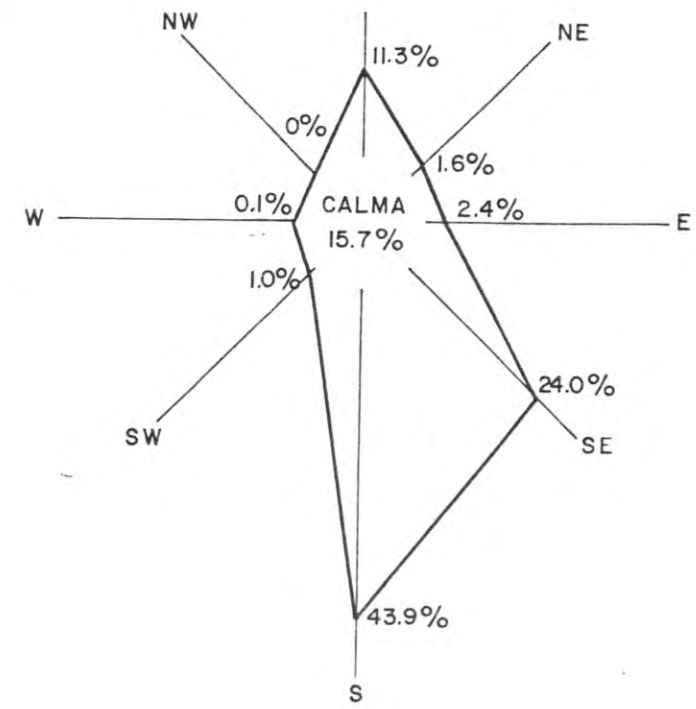


038AM

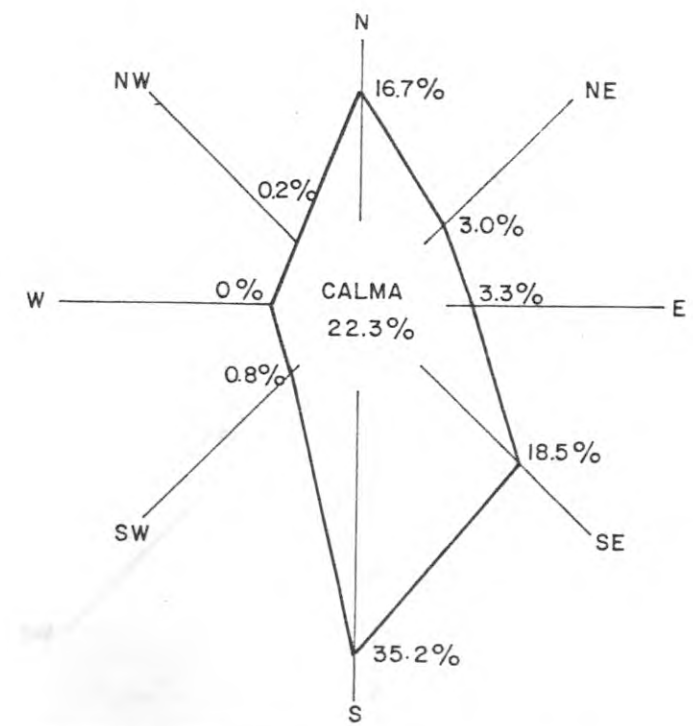
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Aeropuerto Camilo Daza

GRAFICA IV-V-3.d

JULIO



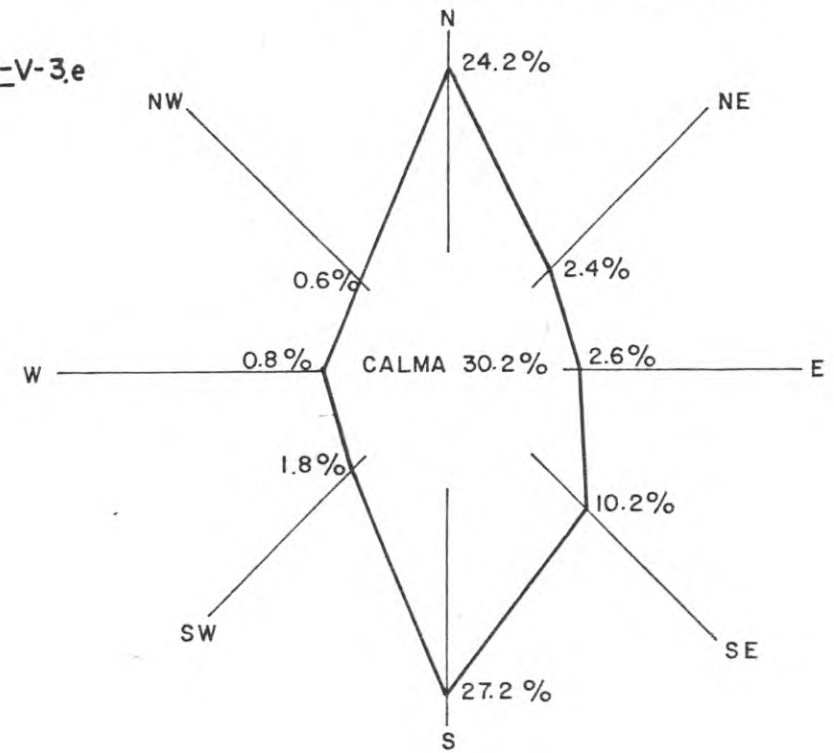
AGOSTO



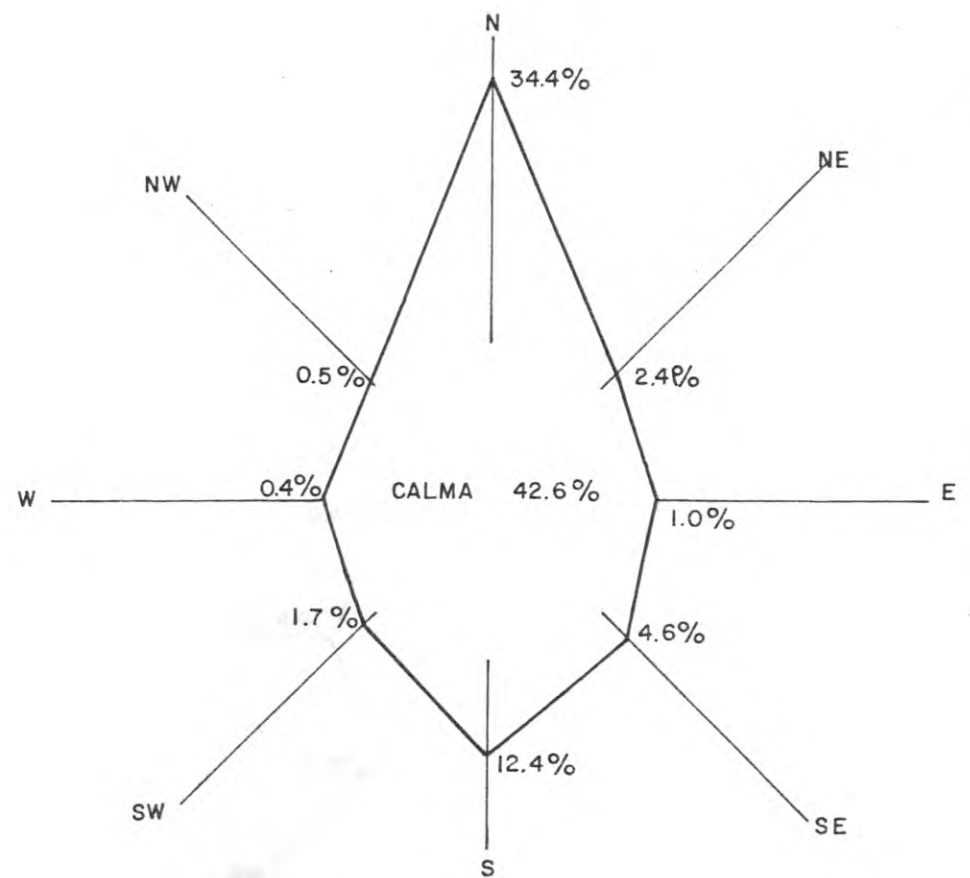
ROSA DE LOS VIENTOS  
FRECUECIA DE DIRECCION  
Est: Aeropuerto Camilo Daza

GRAFICA IV-V-3,e

SEPTIEMBRE



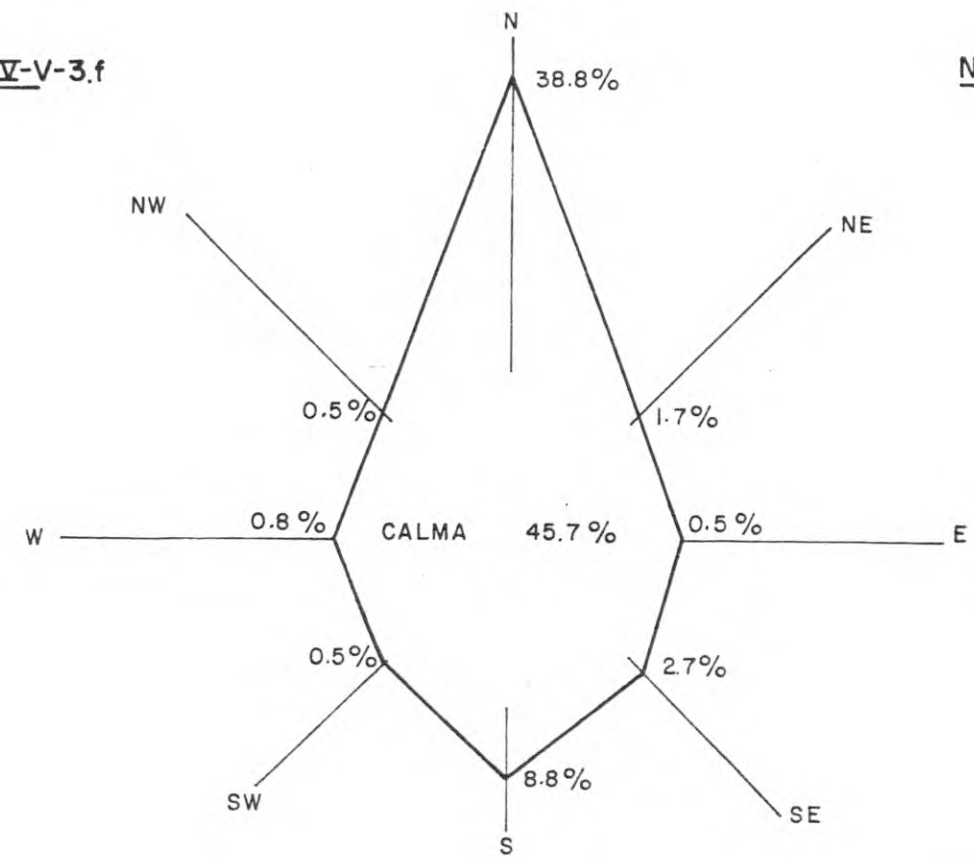
OCTUBRE



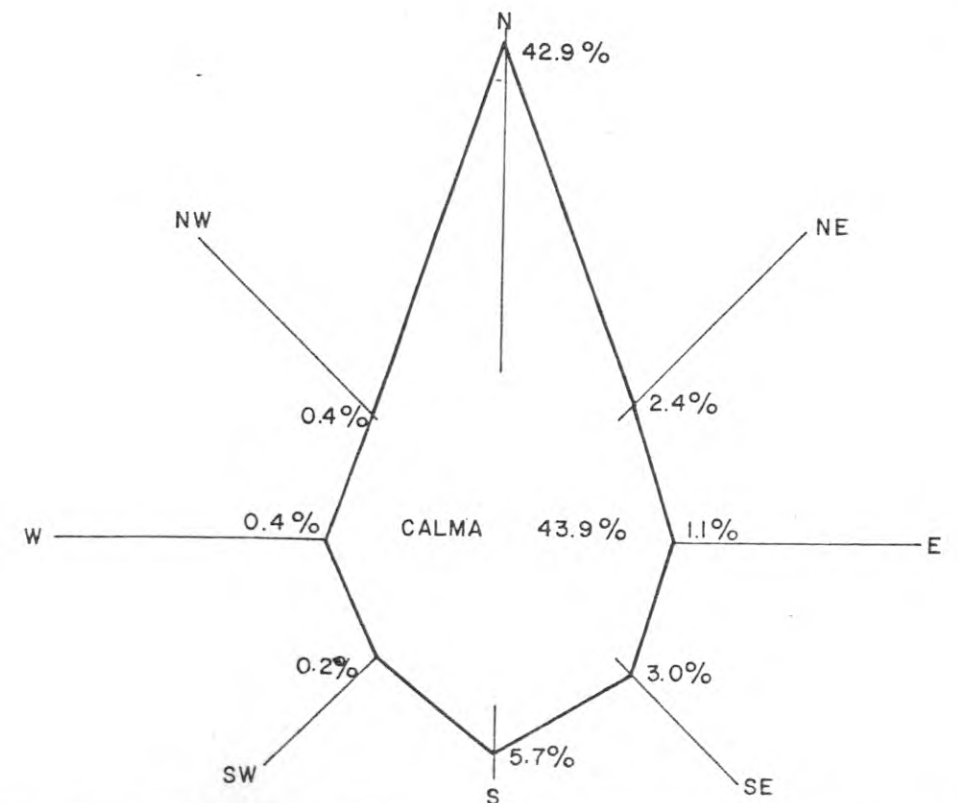
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Aeropuerto Camilo Daza

GRAFICA IV-V-3.f

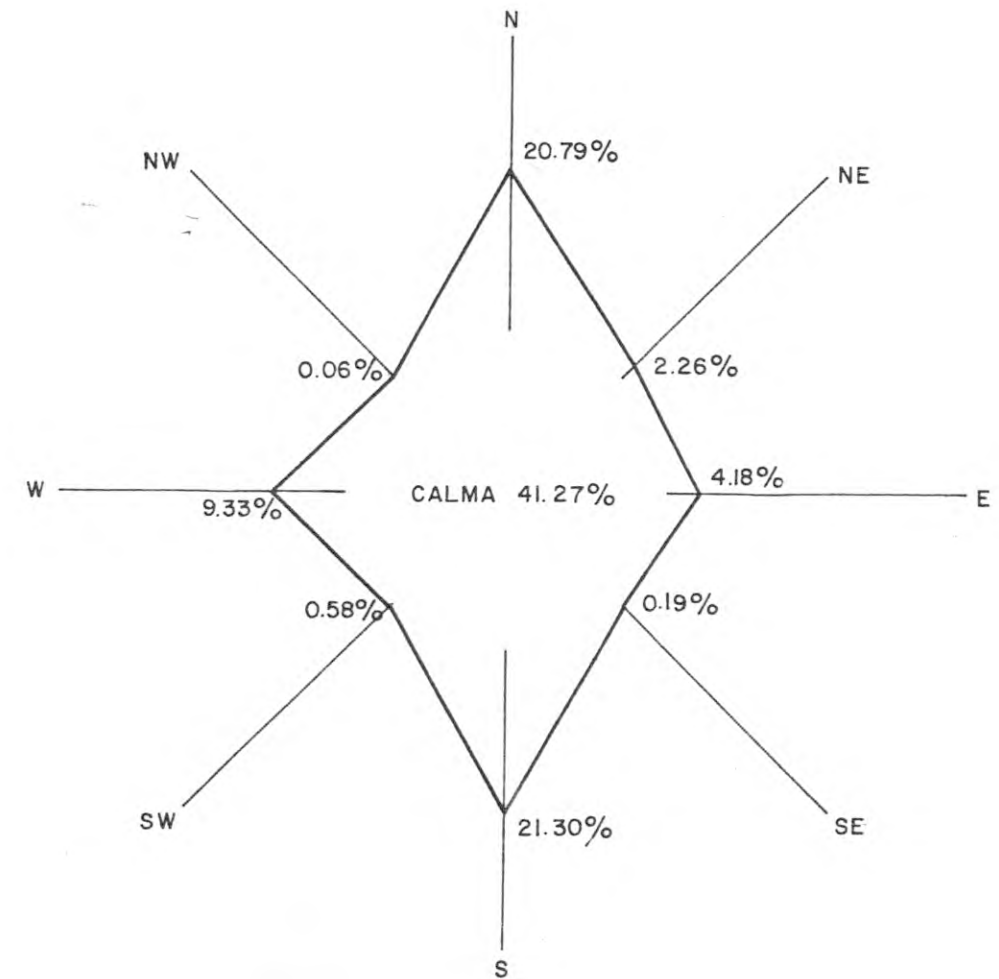
NOVIEMBRE



DICIEMBRE



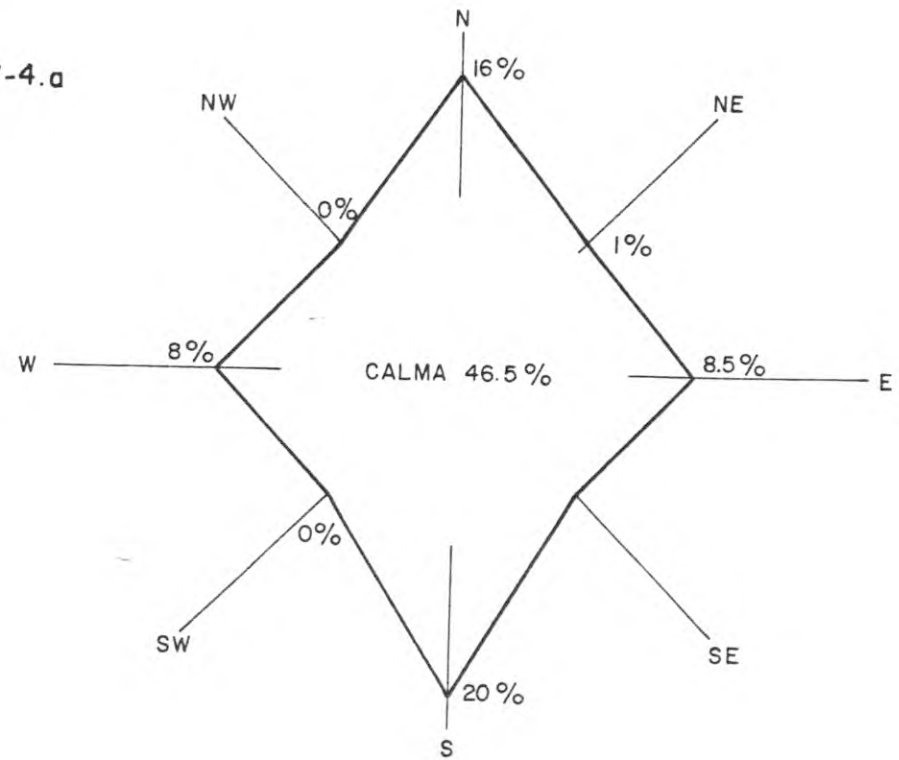
GRAFICA IV.-V-4  
 ROSA ANUAL DE VIENTOS  
 FRECUENCIA PROMEDIO DE DIRECCION  
 Est. Carmen de Tonchalá



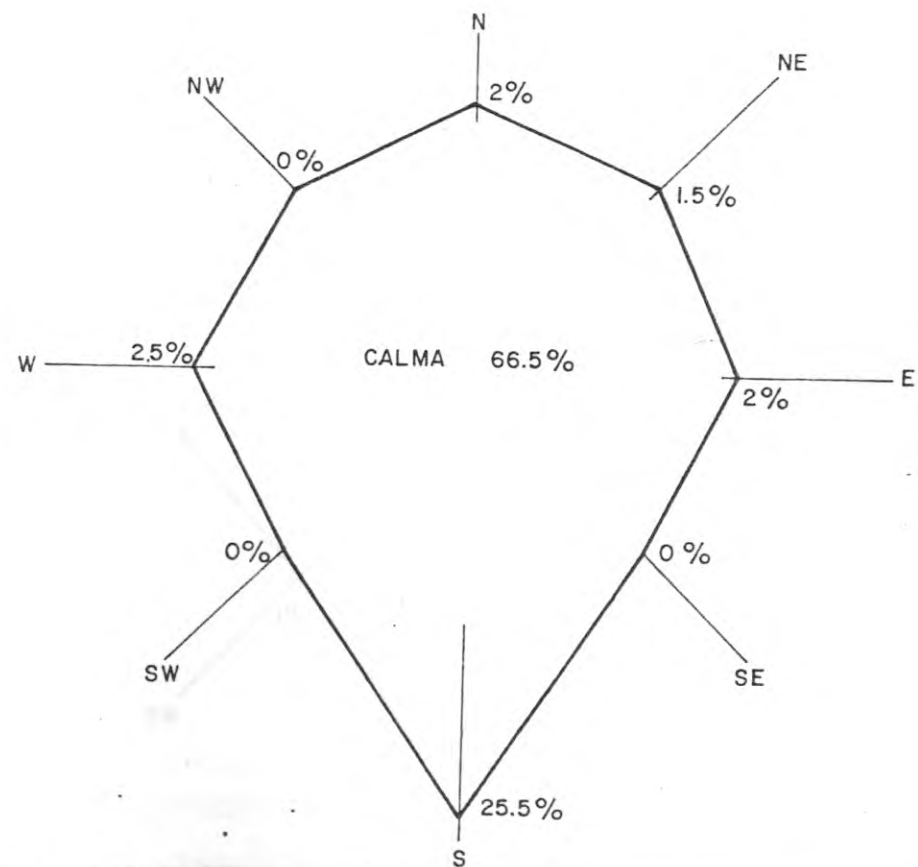
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Carmen de Tonchalá

GRAFICA IV - V - 4. a

ENERO



FEBRERO

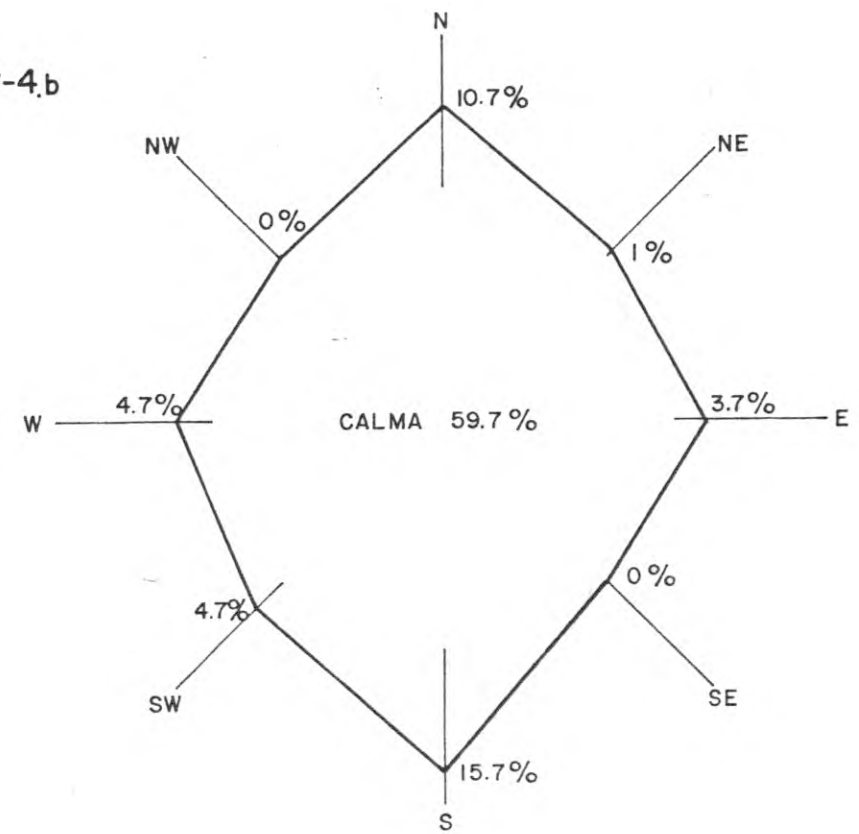


 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA centrales eléctricas del norte de santander	C E N S	 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA	PROYECTO TERMOTASAJERO	APROBO A. B. M.
				FECHA SEPT./79

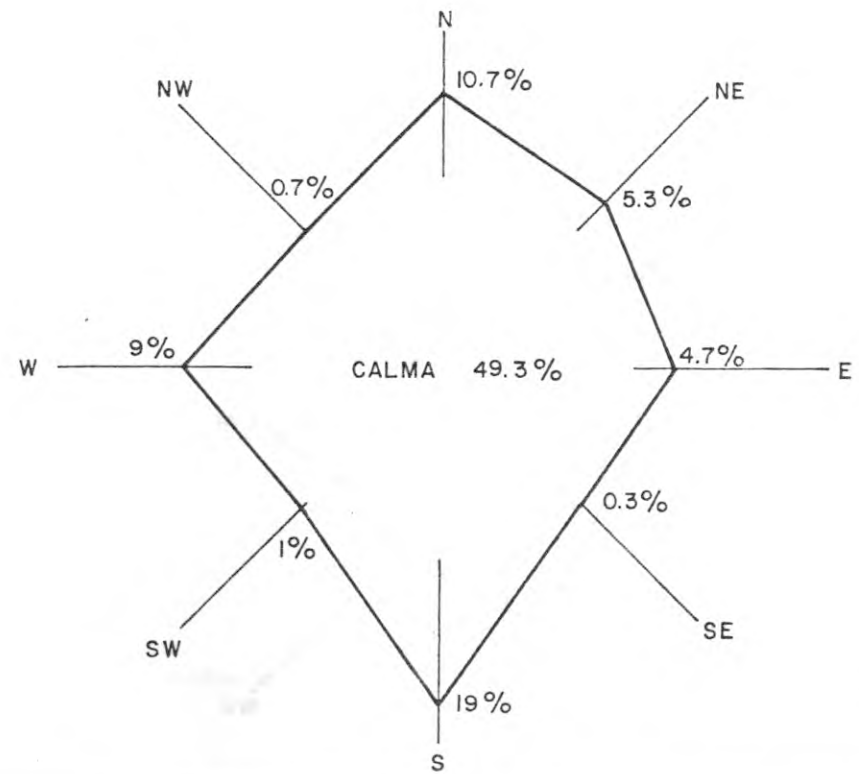
ROSA DE LOS VIENTOS  
FRECUENCIA DE DIRECCION  
Est: Carmen de Tonchalá

GRAFICA IV.-V-4.b

MARZO



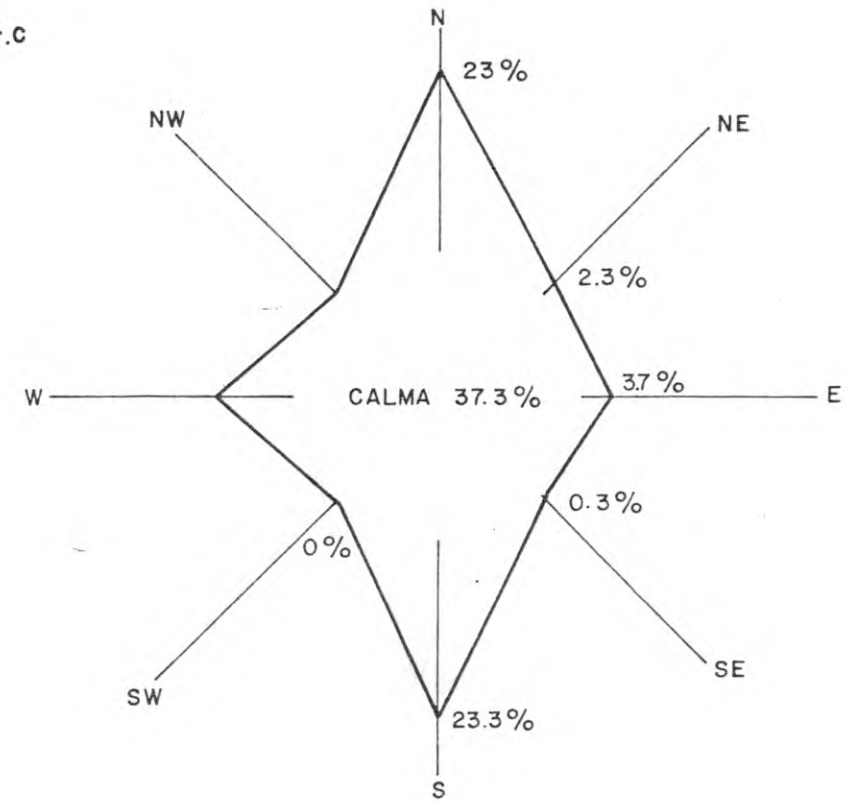
ABRIL



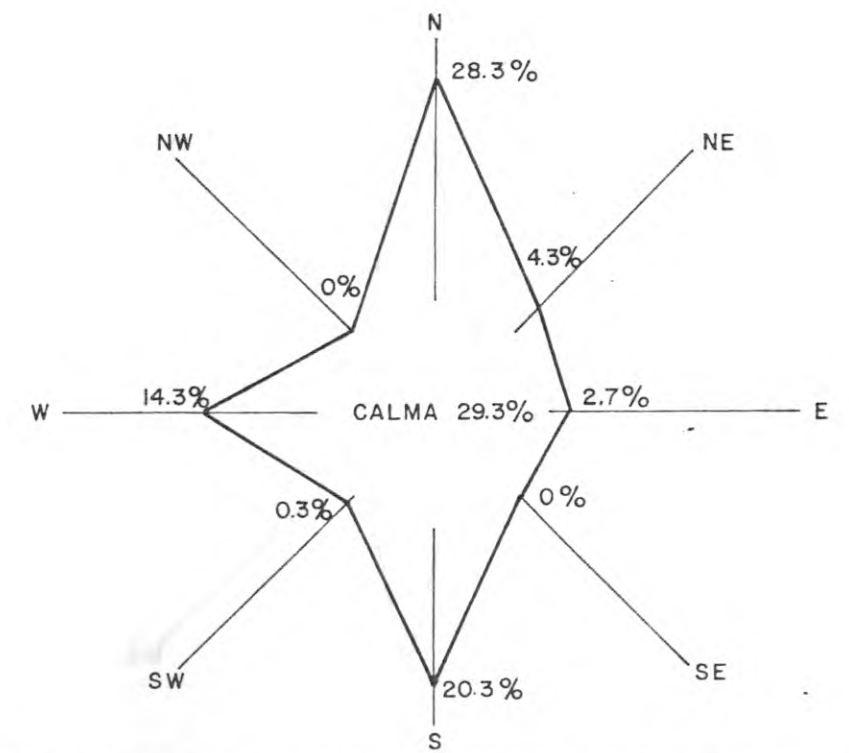
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Carmen de Tonchalá

GRAFICA IV-V-4.c

MAYO



JUNIO

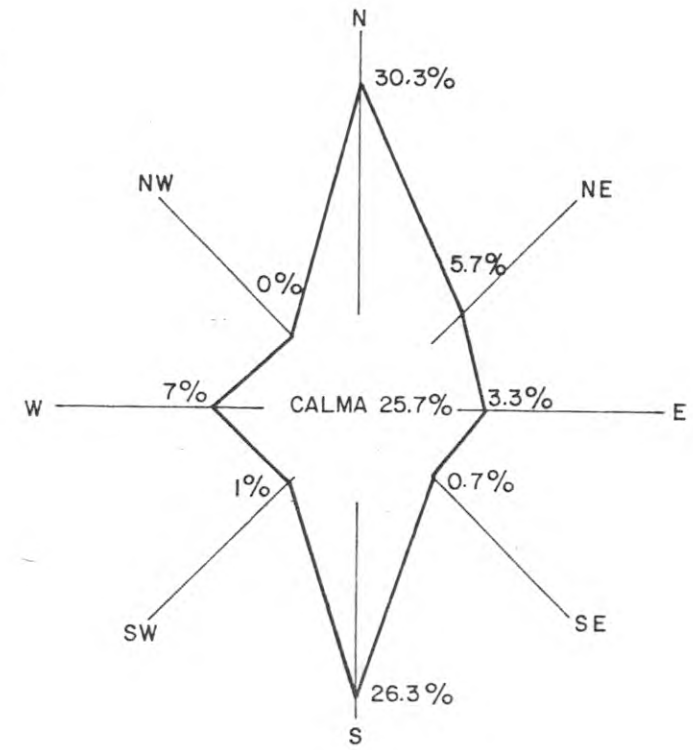




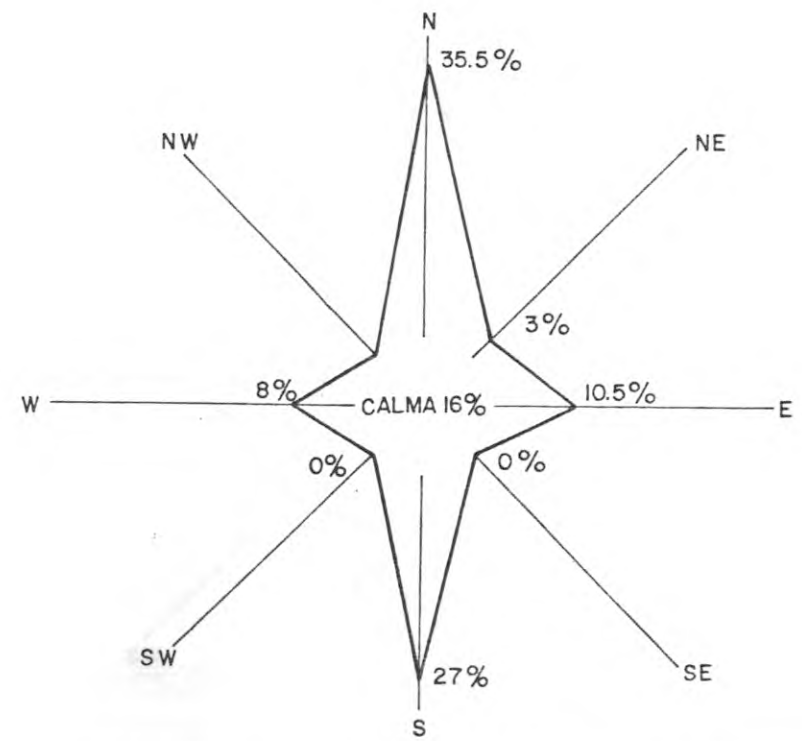
ROSA DE LOS VIENTOS  
 FRECUENCIA DE DIRECCION  
 Est: Carmen de Tonchalá



GRAFICA IV.-V-4.d

JULIO



AGOSTO

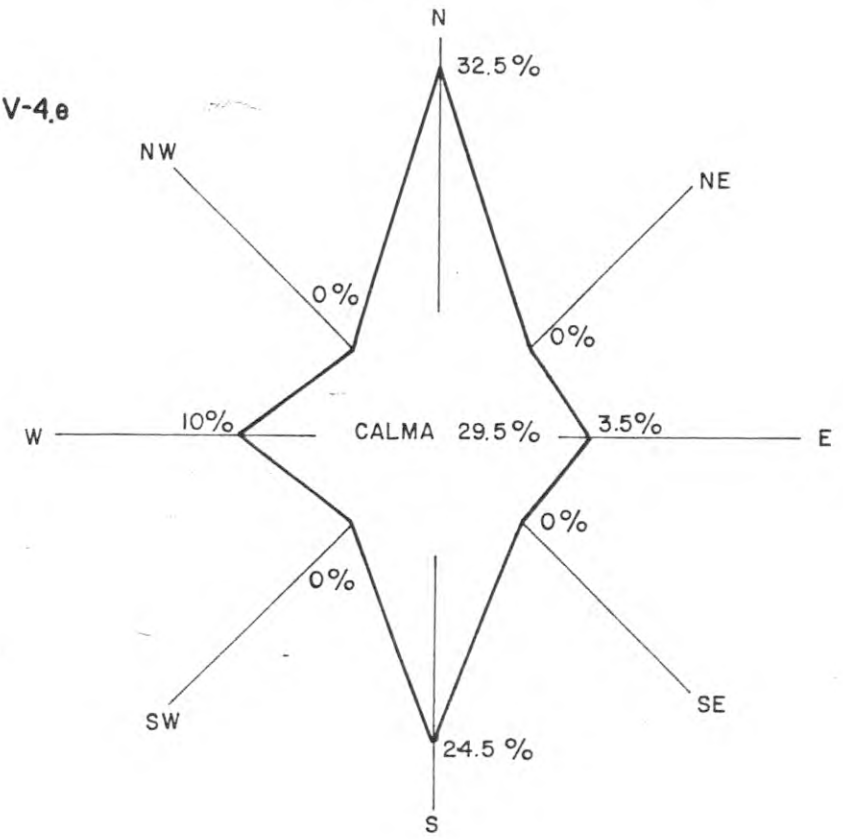


 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA centrales eléctricas del norte de santander	C E N S	 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA	PROYECTO TERMOTASAJERO	A PROBO: A. B. M.
				FECHA: SEPT./79

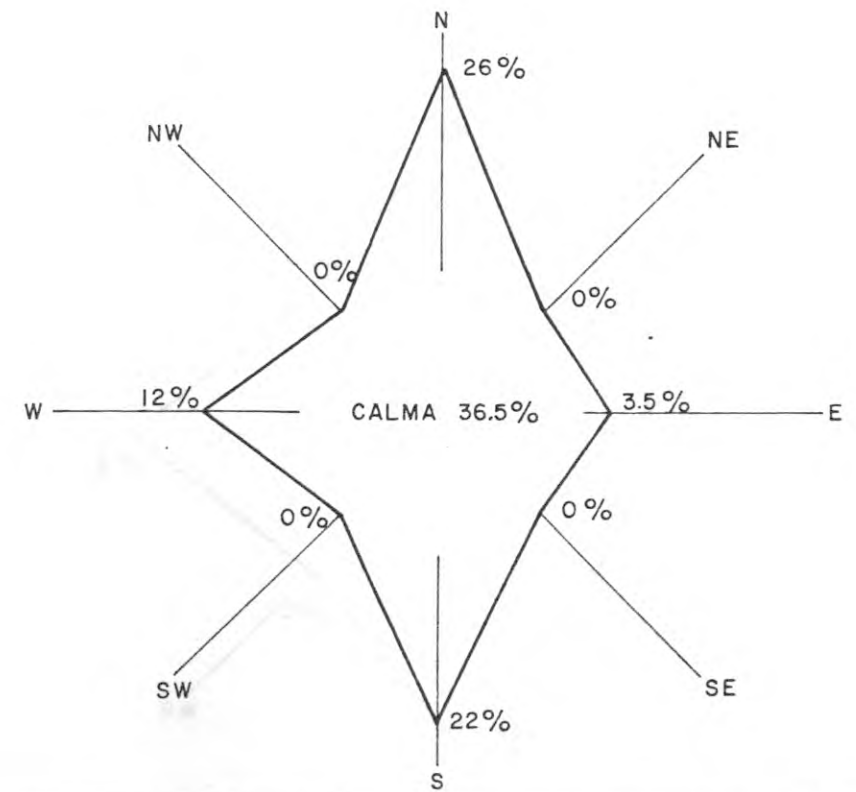
ROSA DE LOS VIENTOS  
FRECUENCIA DE DIRECCION  
Est: Carmen de Tonchalá

GRAFICA IV.-V-4.e

SEPTIEMBRE



OCTUBRE



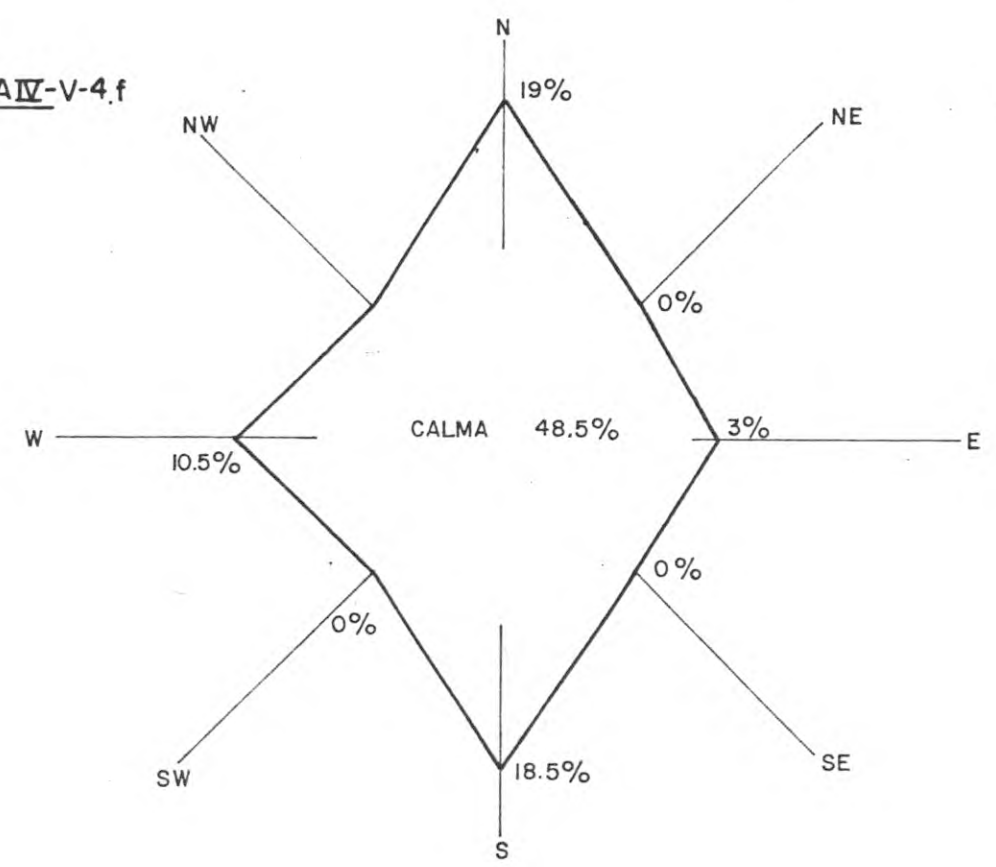
SEPTIEMBRE

DICIEMBRE

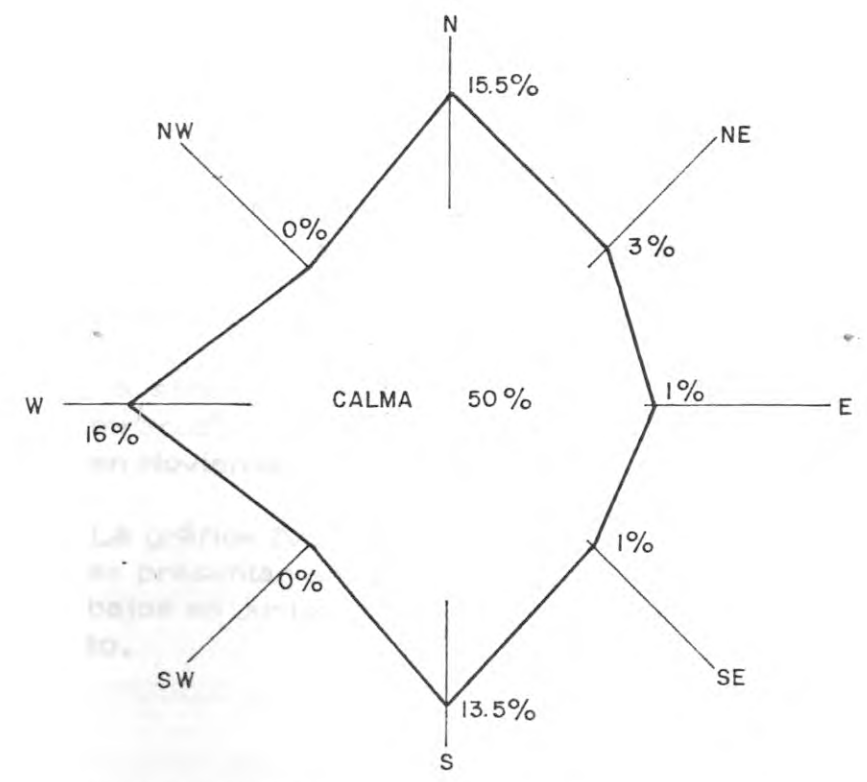
# ROSA DE LOS VIENTOS FRECUENCIA DE DIRECCION Est: Carmen de Tonchalá

GRAFICA IV-V-4.f

NOVIEMBRE



DICIEMBRE



## 1.5 LLUVIA

Se efectúa un análisis de lluvia total mensual, total - anual, mínima intranual de los totales mensuales, máxima intramensual en 24 horas y lluvias máximas para duraciones menores de una hora, para las dos estaciones más cercanas al proyecto, Carmen de Tonchalá y Aeropuerto Camilo Daza, las cuales presentan alguna similitud en sus condiciones de pluviosidad, teniendo la primera valores que en general son algo mayores - que la segunda.

### 1.5.1 Lluvia Mensual

#### 1.5.1.1 Total mensual

##### 1.5.1.1.1 Aeropuerto Camilo Daza

La secuencia utilizada, fue extraída del archivo de - HIMAT; los promedios interanuales de los valores mensuales, varían desde 21.3 mm. en Agosto hasta 83.7 mm en Octubre. La gráfica IV.L-1 muestra que los valores más altos se presentan en Octubre, Noviembre y Abril, y los más bajos en Junio, Julio y Agosto.

##### 1.5.1.1.2 Carmen de Tonchalá

La secuencia utilizada consta de registros históricos de 1968 a 1977 y de una extensión por regresión de 1945 a 1967, con base en la estación aeropuerto Camilo Daza, dando como resultado,  $y = 19.59 + 0.85 x$ ; con  $r^2 = 0.56$ , altamente significativo.

La secuencia presenta valores promedios mensuales interanuales que varían desde 34.21 en Julio hasta 95.49 en Noviembre.

La gráfica IV.L-1 muestra que los valores más altos - se presentan en Abril, Octubre y Noviembre y los más bajos en Junio, Julio y Agosto, igual que en el aeropuerto.

1.5.1.1.3 Comparación Aeropuerto Camilo Daza y Carmen de Tonchalá.

Las dos estaciones presentan un patrón de variación en los promedios interanuales de los totales mensuales - (gráfica IV.L-1) esquemáticamente muy similares; sin embargo, los valores son algo mayores en la estación Carmen de Tonchalá.

1.5.1.2 Mínimo interanual de los totales mensuales.

1.5.1.2.1 Aeropuerto Camilo Daza

La secuencia utilizada fué extraída de los valores totales mensuales de lluvia, la cual se estudió mediante el método de Gumbel, pero éste no resultó adecuado, lo que hizo necesario el empleo de la distribución de probabilidad logarítmica normal que dió como resultado la gráfica IV.L-2; en ella se aprecia que para un lapso medio de retorno de 2 años o sea con una probabilidad de 0.5 presenta un valor de 1.4 mm de mínimo intra-anual de lluvia, que es un valor muy pequeño, explicable si se observa la gráfica IV.L-3 donde se ve una frecuencia del 60% (bastante alta) para valores entre 0 y 5 mm.

1.5.1.2.2 Carmen de Tonchalá

La secuencia utilizada fue extraída de la de los valores totales mensuales de lluvia.

Usando la distribución de Gumbel se hizo una estimación estadística de los valores mínimos de lluvia según lo ilustra la gráfica IV.L-4. Para un lapso medio de retorno de 20 años, o sea con una probabilidad de excedencia de 0.95 se encuentra un valor de 4.33 mm.

1.5.1.2.3 Comparación entre el Aeropuerto Camilo Daza y Carmen de Tonchalá

Los valores mínimos presentan un mayor promedio en Carmen de Tonchalá, 19.93 mm. contra 5.42 mm. en

Aeropuerto Camilo Daza. La desviación típica es un poco más alta en el Aeropuerto y el coeficiente de variación bastante más alto.

#### 1.5.2 Lluvia máxima intramensual en 24 horas.

##### 1.5.2.1 Aeropuerto Camilo Daza

La secuencia histórica extraída de HIMAT consta de valores mensuales desde 1945 hasta 1977. Los promedios mensuales presentan variación desde 8.8 en Junio hasta 30.9 en Octubre; los valores más altos ocurren en Abril, Mayo, Octubre y Noviembre y los más bajos en Junio, Julio y Agosto, siguiendo un comportamiento similar al de los valores mensuales (gráfica IV.L-1). Los valores máximos intranuales muestran un promedio de 55.89 y una desviación típica de 30.9

##### 1.5.2.2 Carmen de Tonchalá

La secuencia utilizada consta de registros históricos de 1968 a 1977 y una extensión por regresión de 1945 a 1967, la cual se hizo con base en los datos totales mensuales de la misma estación, dando como resultado :

$$y = 0.77 \times 0.83; \text{ con } r^2 = 0.80, \text{ altamente significativo.}$$

Los valores anuales fluctúan entre 12 y 112 con un promedio de 48.1 mm. Los promedios mensuales presentan variación entre 15.36 en Julio y 32.50 en Abril; los valores máximos ocurren en Abril, Octubre y Noviembre y los mínimos en Junio, Julio y Agosto, siguiendo un comportamiento similar al de los totales mensuales. (gráfica IV.L-4).

##### 1.5.3 Aguaceros máximos

Usando la distribución de Gumbel se hizo una estimación estadística de los valores máximos de lluvia en 10 minutos en la estación Carmen de Tonchalá, dando como resultado la ecuación.

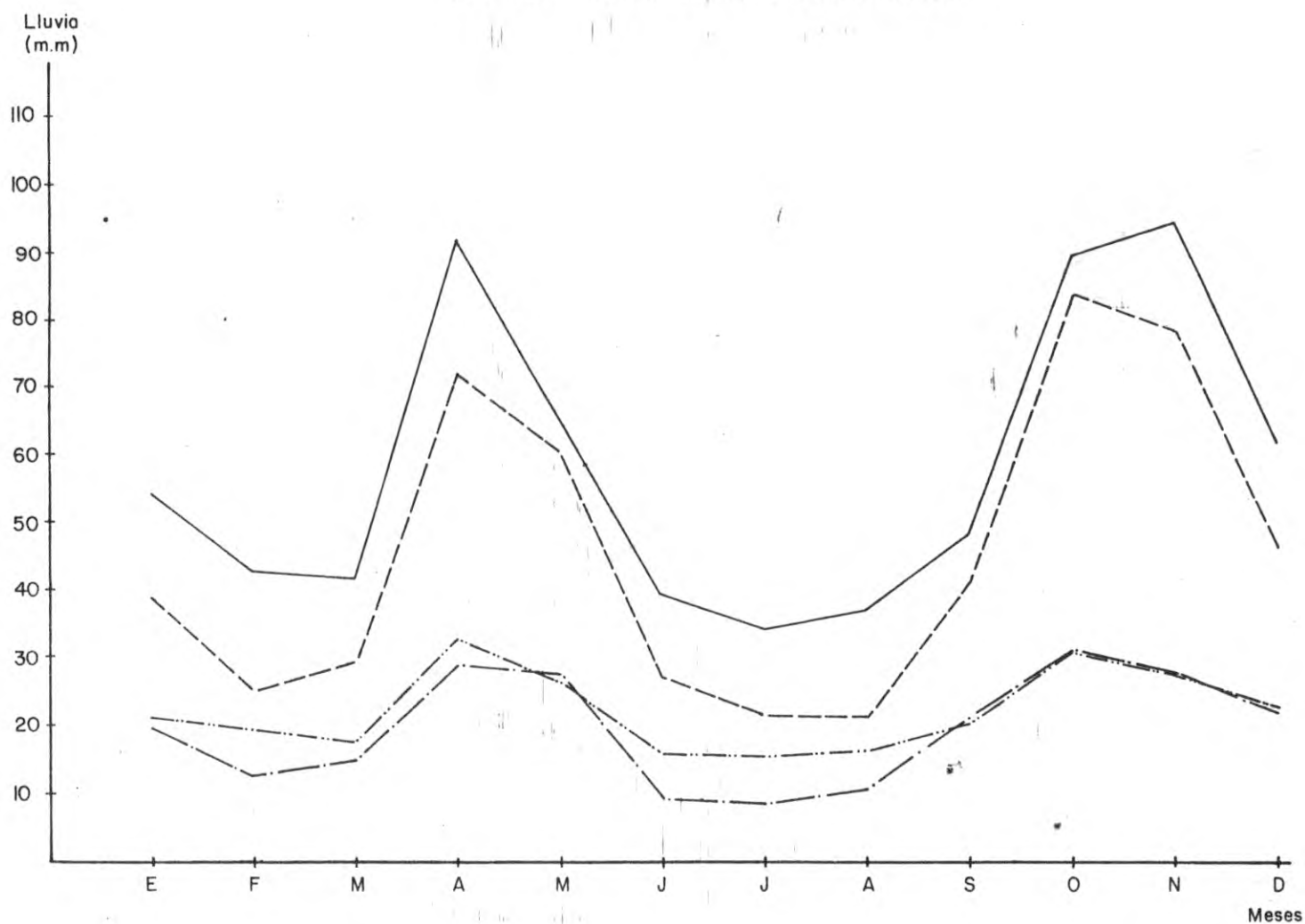
$$X_{Tr} = 10.973 - 6.133 \ln(-\ln P)$$

donde  $X_{Tr}$  es el valor para un lapso medio de retorno -  $T_r$  y  $P$  es la probabilidad  $P(X - x)$ .

Con ésta se puede elaborar la gráfica IV.L-5. Para una duración de 30 minutos la lluvia máxima es igual a la de 10 minutos multiplicada por un factor de 1.77; para una hora el factor es de 2.1. La lluvia máxima en 10 minutos correspondiente a un lapso medio de retorno de 20 años es de 29.2 mm; para 30 minutos es de 51.7 mm. y para una hora es de 61.3 mm.

La intensidad de lluvia correspondiente a estos lapsos, expresada en mm./hora es 175.2; 103 y 61.3, respectivamente, valores que se recomiendan para el diseño de los drenajes de la Central.

GRAFICA IV. L-1  
LLUVIA: PROMEDIOS INTERANUALES



- - - - - Total mensual Carmen de Tonchalá  
 ——— Total mensual Aeropuerto Camilo Daza  
 - · - · - Máxima intramensual en 24 horas, Aeropuerto Camilo Daza  
 - · - · - Máxima intramensual en 24 horas, Carmen de Tonchalá



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
centros eléctricos  
del norte de Santander

C E N S



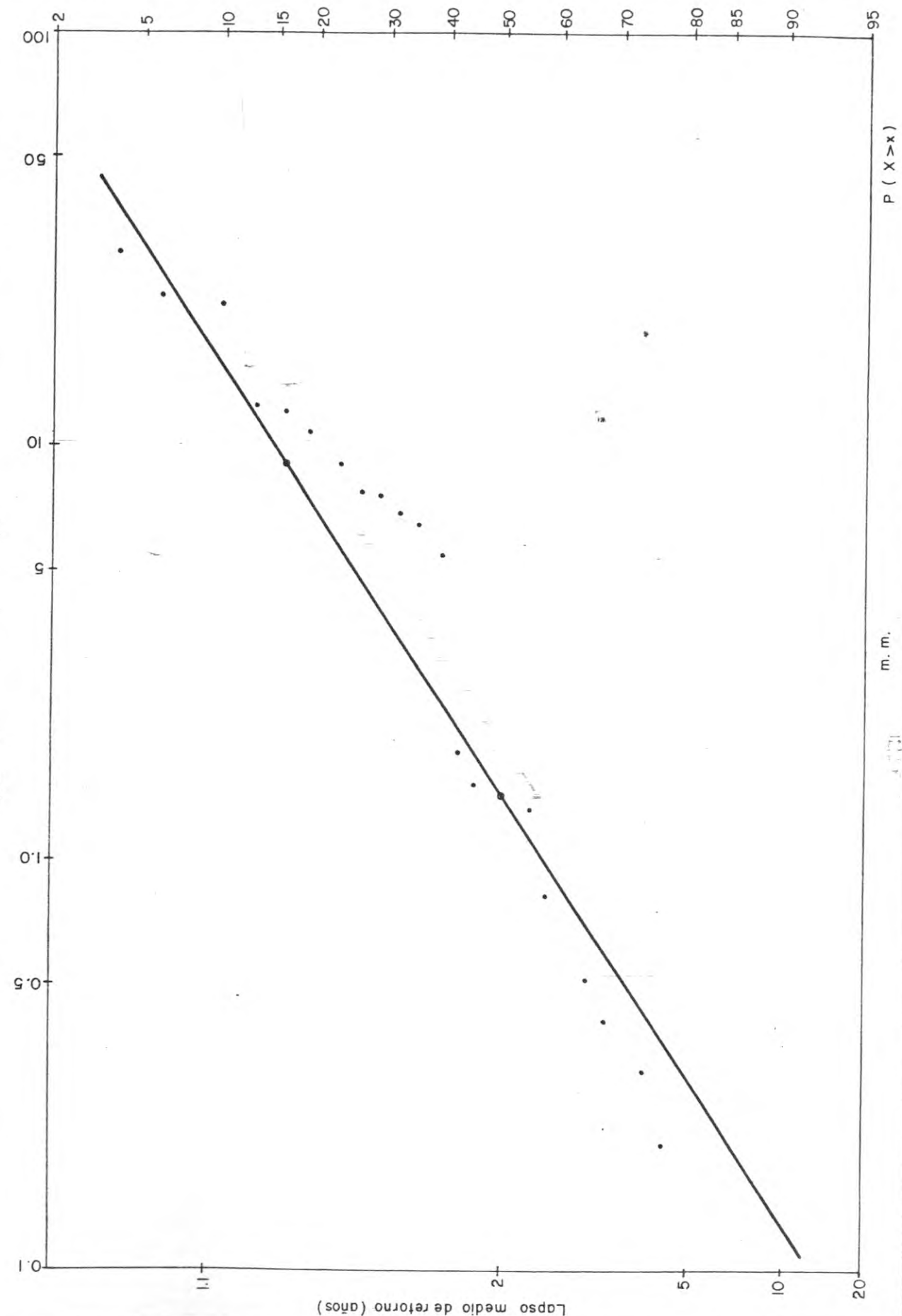
SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA



PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO  
A. B. M.  
FECHA:  
SEPT./79

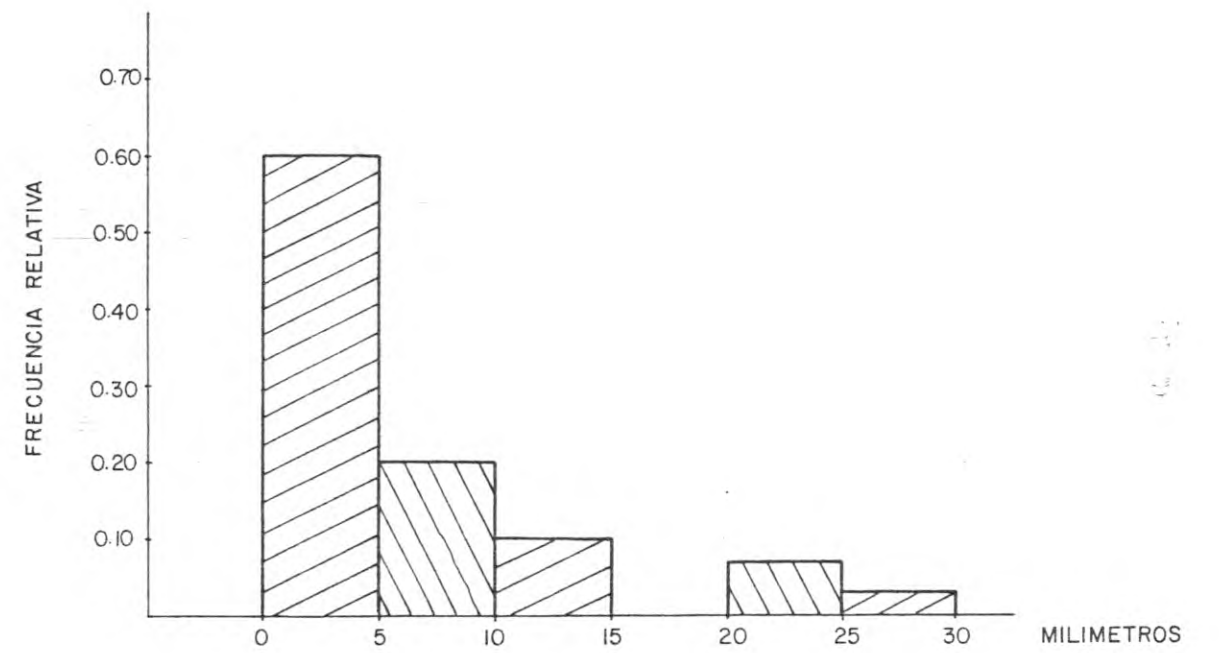


GRAFICA IV. L-2 FUNCION PROBABILISTICA DEL MINIMO INTRANUAL DE LLUVIA MENSUAL, AEROPUERTO CAMILO DAZA



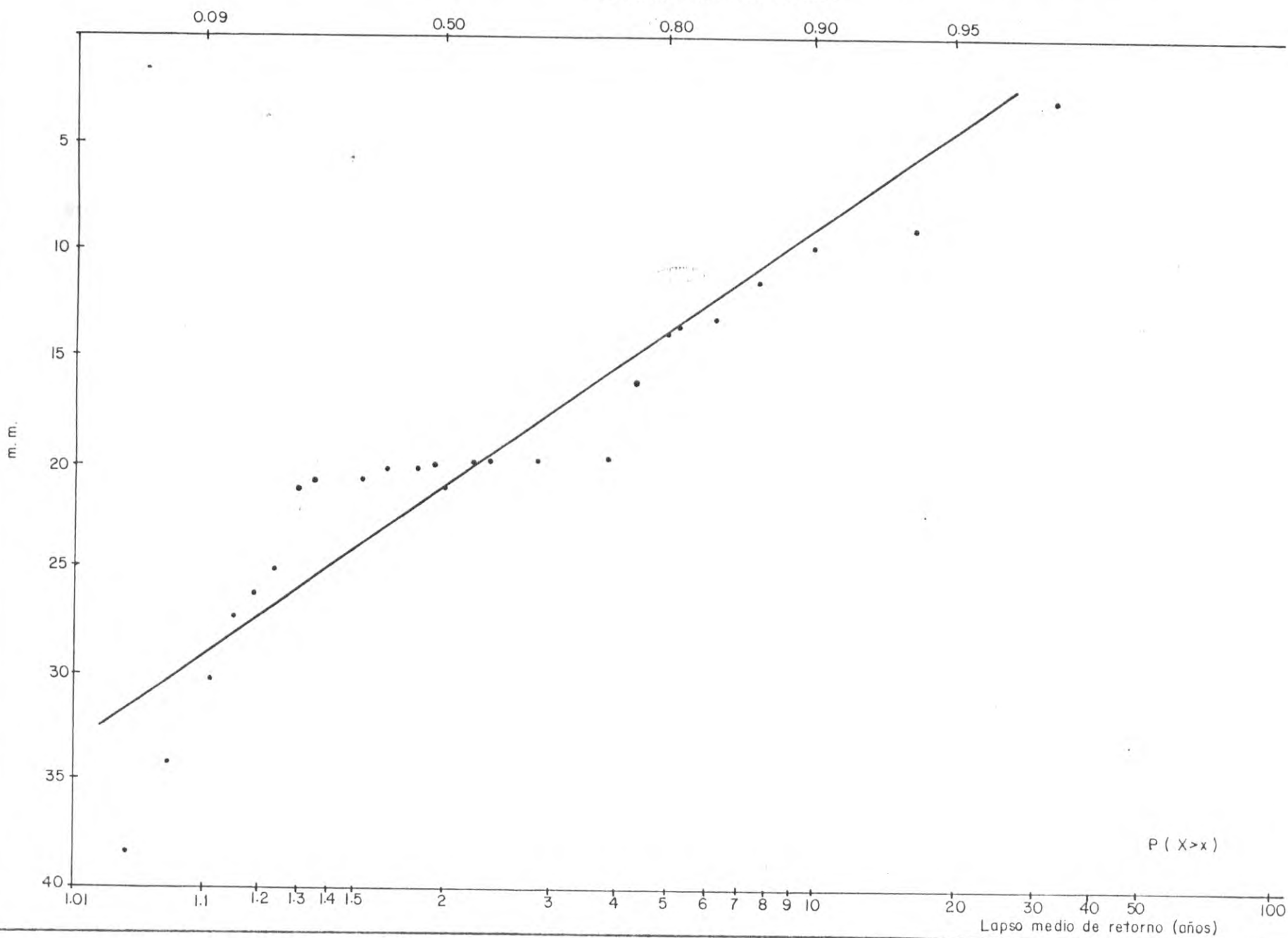
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA centrales eléctricas del norte de santander	C E N S	 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA	PROYECTO TERMOTASAJERO	APROBO A. B. M.
			FECHA SEPT/79	

GRAFICA IV. L-3  
 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA RELATIVA DEL  
 MINIMO INTRANUAL DE LOS TOTALES MENSUALES DE LLUVIA  
 Estación: Aeropuerto Camilo Daza



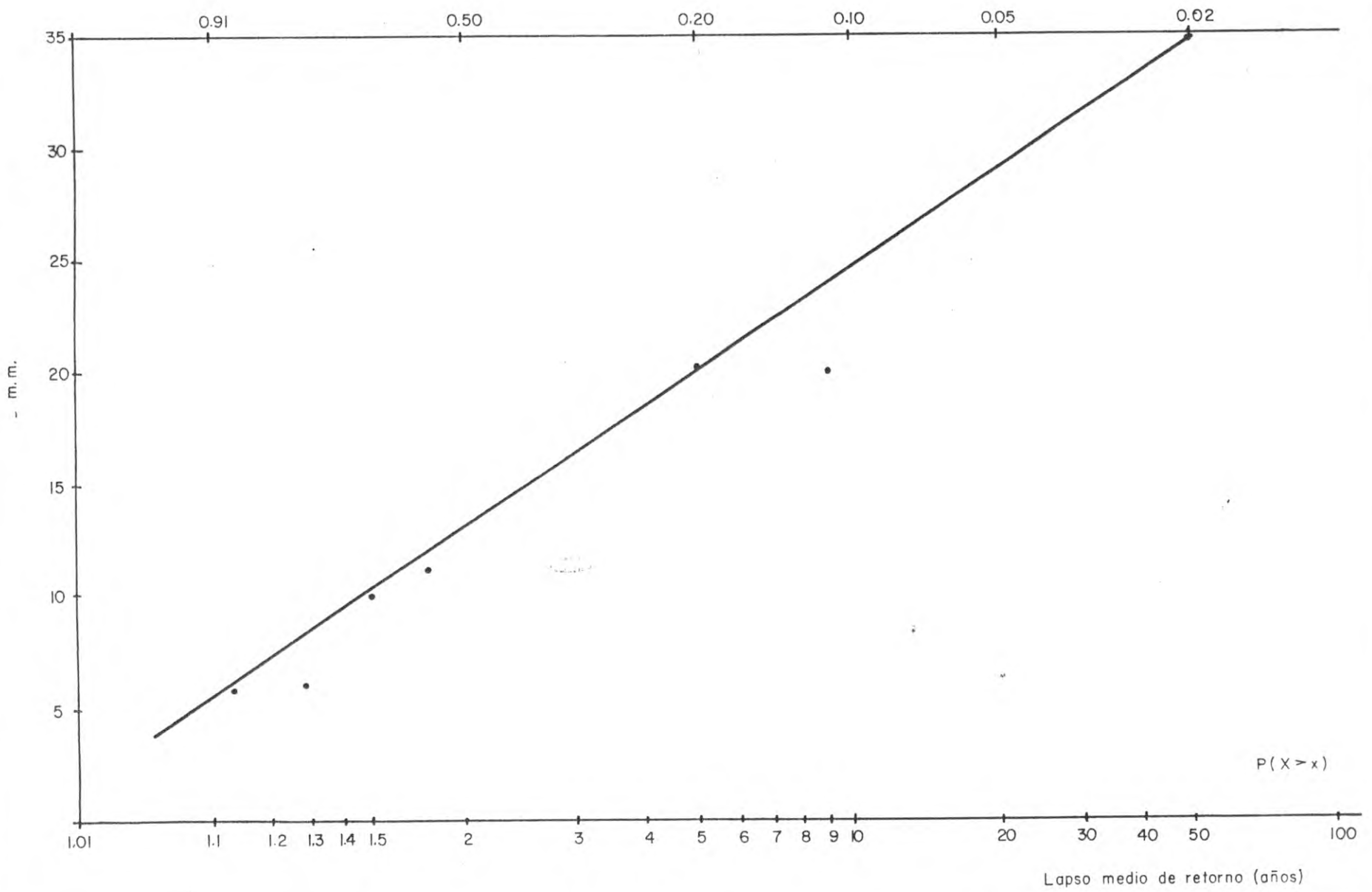
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
 CENTROS ELECTRICOS DE NUESTRO SANTANDER  
 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA  
 PROYECTO TERMOTASAJERO  
 APROBADO A. B. M.  
 FECHA SEPT / 79

GRAFICA IV. L- 4 FUNCION PROBABILISTICA DEL MNIMO INTRANUAL DE LOS TOTALES MENSUALES DE LLUVIA CARMEN DE TONCHALA



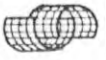
ICB  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
 Centros electricos de nuestro Santander  
 S E N C  
 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA  
 PROYECTO TERMOTASAJERO  
 APROBADO A. B. M.  
 FECHA SEPT / 79

GRAFICA IV. L-5 FUNCION PROBABILISTICA DE LA MAXIMA LLUVIA EN 10 MINUTOS, CARMEN DE TONCHALA



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centros electricos  
del norte de Santander

C E N S



SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO:  
A. B. M.  
FECHA:  
SEPT. / 79

1.6

RECOMENDACIONES SOBRE INSTRUMENTACION METEOROLOGICA.

Se recomienda solicitar a HIMAT la incorporación a la red meteorológica de una estación climatológica principal localizada en la vecindad del sitio del proyecto.

## 2. HIDROLOGIA DEL RIO ZULIA

### 2.1 CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO ZULIA

El Río Zulia nace en cercanías del Cornal, Municipio de Silos, a unos 3.800 mts., s.n.d.m. en jurisdicción de Mutiscua; sigue rumbo al norte bajo el nombre de Río de la Plata; más adelante toma la denominación de Río Cucutilla, luego de recibir el afluente del mismo nombre. En su confluencia con el Río Arboledas recibe el nombre de Zulia hasta su desembocadura en el Río Catatumbo, en el territorio venezolano, a unos 40 m.s.n.d.m.

El área de la cuenca hasta la estación San Javier es de 1.470 Km<sup>2</sup>, siendo la longitud del río de 79.9 Km con una pendiente promedio de 4.4%.

El plano IV-1 muestra el límite de la cuenca hidrográfica del Alto Río Zulia. Las formaciones vegetales de la cuenca son: en su parte más alta bosque muy húmedo montano bajo, seguido inmediatamente hacia abajo por bosque muy húmedo sub-tropical, bosque húmedo tropical y bosque húmedo sub-tropical. En consecuencia, la cobertura vegetal de la cuenca presenta un estado favorable a su rendimiento hídrico, característica que es indispensable conservar mediante un programa de manejo de la cuenca que garantice que por lo menos se mantenga el caudal mínimo estimado en este estudio.

## 2.2

## ESTACIONES HIDROMETRICAS

Estación de San Javier : Esta estación se instaló en Julio de 1958 con el objeto de medir el caudal del río para su aprovechamiento en el sistema de riego del Valle del Zulia. Está localizada en el departamento de Norte de Santander, Municipio de Durania, a los  $7^{\circ}51'$  Norte y  $72^{\circ}38'$  al Oeste de Greenwich, sobre el río Zulia, unos 500 metros agua arriba del puente Zulia o puente Pedro Nel Ospina en las ruinas de un puente colgante antiguo. La estación está dotada de limnígrafo, mira y una tarabita con vagoneta. Los aforos se efectúan con moliente.

El plano IV-1 muestra su localización geográfica con respecto al sitio del proyecto.

## 2.3 CAUDAL EN SAN JAVIER

### 2.3.1 Caudal Máximo.

La función probabilística de Gumbel del máximo intranual de los caudales promedios diarios está representada por la gráfica IV.h-1. Para un lapso medio de retorno de 100 años el caudal es de 2.000 M<sup>3</sup>/s.

Niveles máximos.

El caudal máximo a través de una sección puede relacionarse con el área de la sección por medio de la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2},$$

donde Q es el caudal que pasa por la sección de área A y R es el radio hidráulico de dicha sección.

Para el cálculo se tomó la sección localizada 640 metros aguas abajo del Puente Zulia y con un nivel máximo que corresponde a la cota 256 de la topografía, con lo cual se protege el sitio del proyecto.

Los parámetros se estimaron como :  
 $n = 0.100$ ,  $A = 1.262 \text{ mts}^2$ ,  $R = 2.904$ ,  $S = 9.3 \times 10$

La probabilidad de excedencia en un año cualquiera de este caudal es de 0,002417 que corresponde a un lapso medio de retorno de 413,7 años. Para este caudal la sección 440 mts. aguas abajo del Puente Zulia presentará un nivel correspondiente aproximadamente a una cota - 257.6 m.

La probabilidad de excedencia en 50 años es :

$$1 - (1 - 0.002417)^{50} = 0.1139 = 11.4 \%$$

### 2.3.2 Caudal Mínimo

La función probabilística de Gumbel del mínimo intra-



nual de los caudales promedios diarios está representada por la gráfica IV.h-2. La función probabilística de Weibull de la misma variable está representada por la gráfica IV.h-3. Esta última muestra un mejor ajuste en el rango de valores más bajos y por lo tanto se prefiere a la primera. El caudal correspondiente a un lapso medio de retorno de 20 años es de  $8.72 \text{ M}^3/\text{s}$ .

#### Profundidad Mínima

La profundidad del río en una sección puede relacionarse con el caudal a través de ella, usando la ecuación de Manning, con la cual puede llegarse al siguiente resultado aproximado:

$$y = \phi Q^{3/5}$$

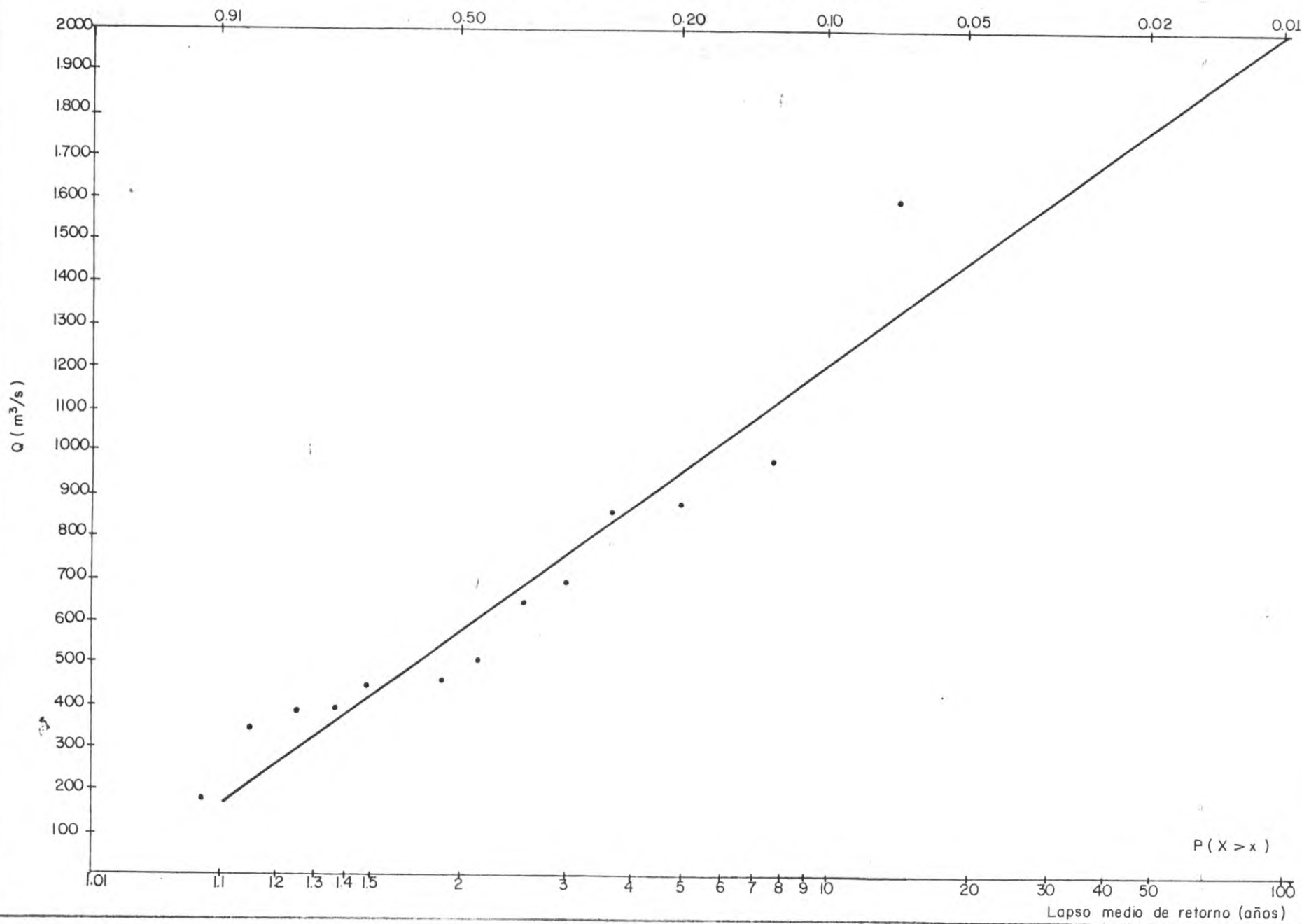
donde  $y$  es la profundidad media del agua en la sección;  $Q$  es el caudal en  $\text{M}^3/\text{s}$ ., y

$$\phi = (n/(bS^{1/2}))^{3/5},$$

siendo  $b$  el ancho promedio de la sección del agua,  $S$  la pendiente (del lecho del río que se supone igual a la del nivel superficial del agua) y  $n$  el coeficiente de rugosidad de Manning.

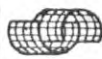
Para el cálculo se han estimado los siguientes parámetros:  $n = 0.035$ ,  $b = 35 \text{ mts.}$ ,  $s = 9.3 \times 10^{-3}$  y  $Q = 8.72 \text{ M}^3/\text{s}$ ; con estos valores la profundidad mínima para un lapso medio de retorno de 20 años se ha calculado aproximadamente en  $0.24 \text{ mts.}$

GRAFICA IV .h -1 FUNCION PROBABILISTICA DEL MAXIMO INTRANUAL DE LOS CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS DEL RIO ZULIA EN SAN JAVIER



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
centrales eléctricas del norte de Santander

CENSA



SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO:  
FECHA: A. B. M.  
SEPT. / 79

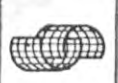
$P(X > x)$

Lapso medio de retorno (años)



INSTITUTO COLOMBIANO  
DE ENERGIA ELECTRICA  
centros eléctricos  
del norte de Santander

C  
E  
N  
S

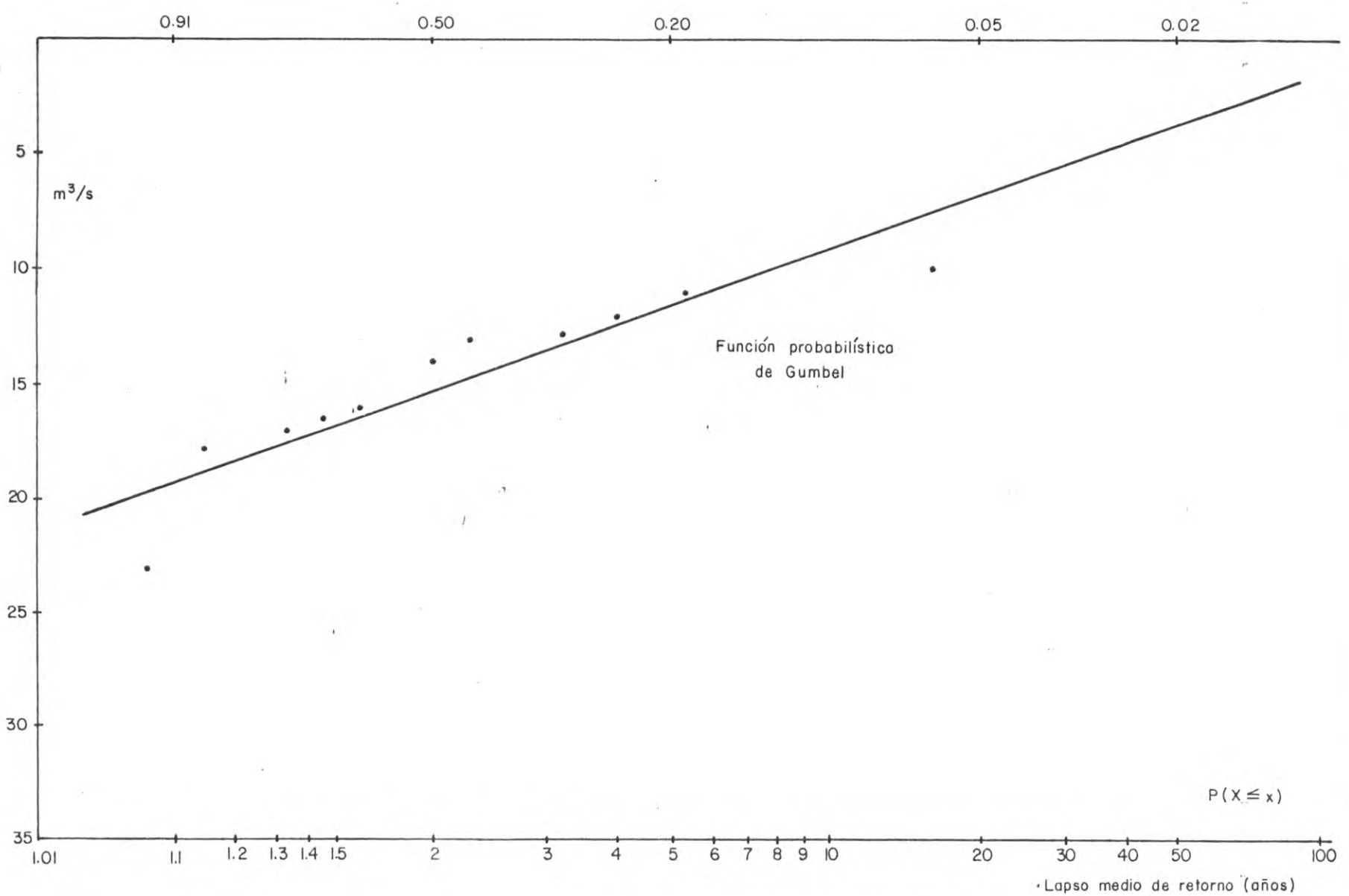


SOCIEDAD GENERAL  
DE CONSULTORIA LTDA

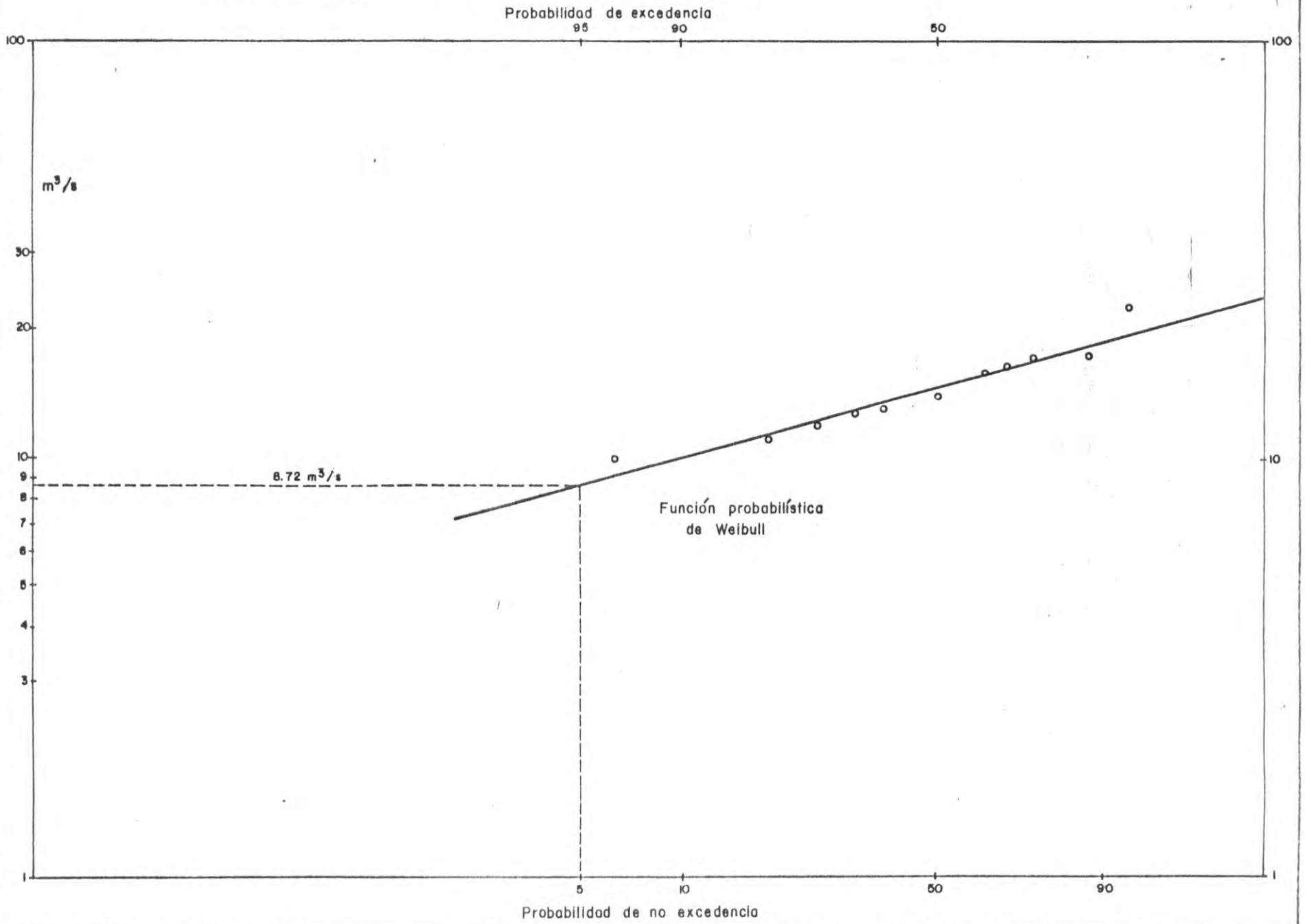
PROYECTO TERMOTASAJERO

A PROBO  
A. B. M.  
FECHA:  
SEPT. / 79

GRAFICA IV. h-2 FUNCION PROBABILISTICA DEL MINIMO INTRANUAL DE LOS CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS RIO ZULIA - ESTACION SAN JAVIER



GRAFICA IV. h-3 : CAUDAL MINIMO INTRANUAL



ICEL

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

Centros eléctricos

CEN

SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA

PROYECTO TERMOTASAJERO

APROBO: A. B. M.

FECHA: SEPT/72

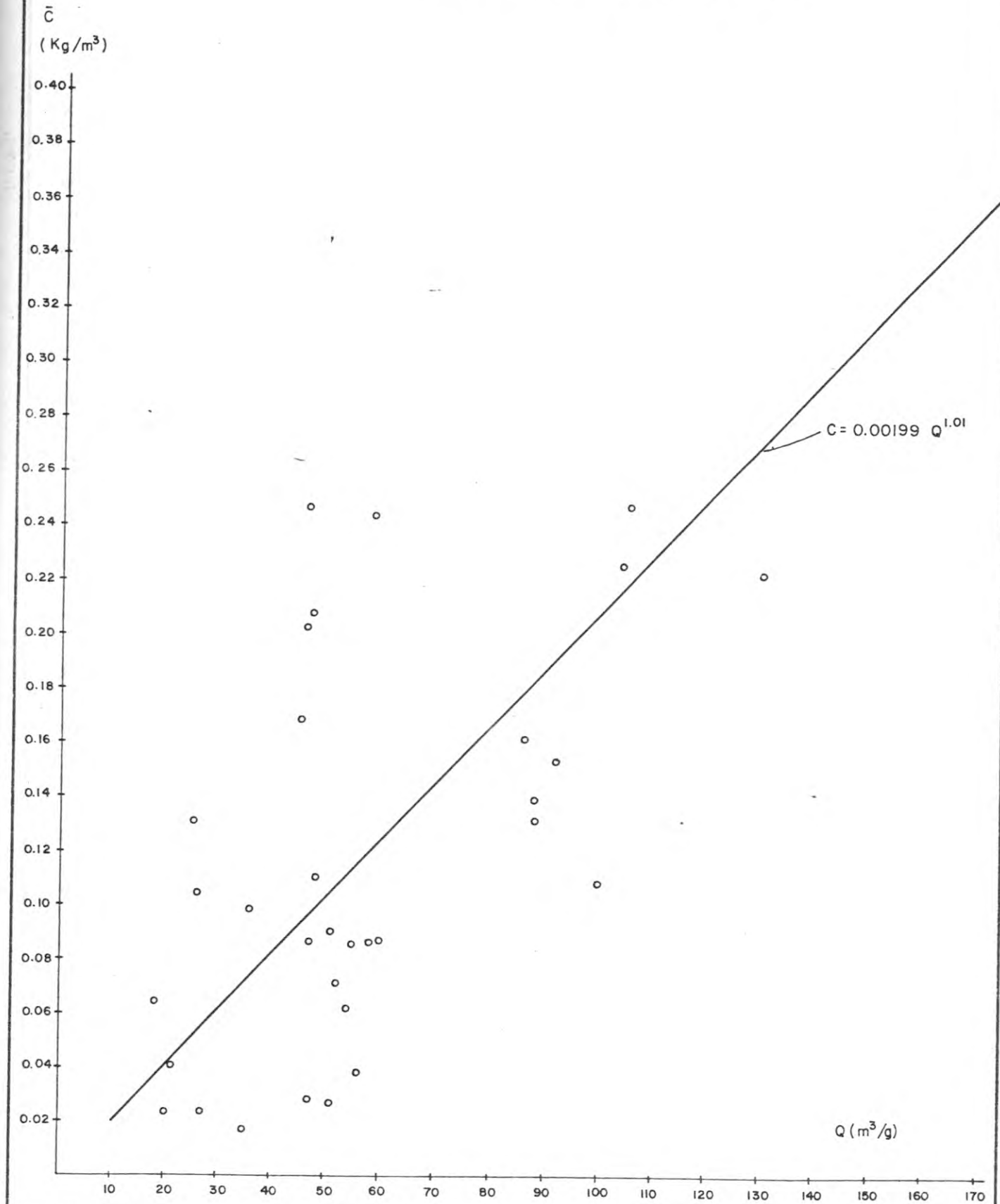
2.4

## SEDIMENTOS

Con base en la información histórica disponible en - HIMAT se ha estimado la función de concentración de sedimentos del Río Zulia en San Javier, la cual se - muestra en la gráfica IV.S-1. También se ha estimado la función de descarga de sedimentos, la cual se incluye en la gráfica IV.S-2.

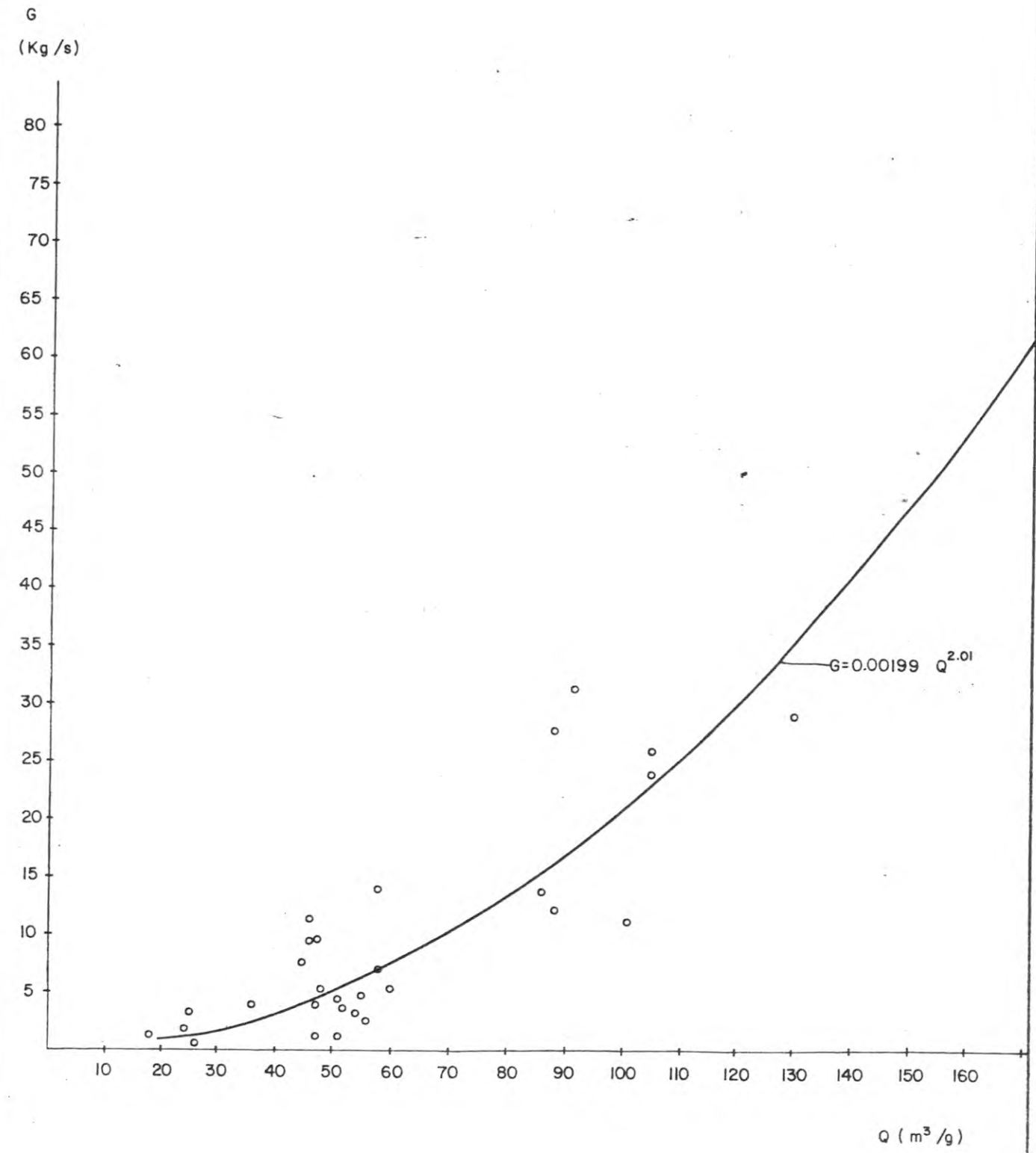
La concentración media integrada y la superficial están correlacionadas en tal manera que la primera es 1.34 veces la segunda. La regresión se muestra en la gráfica IV.S-3; usando esta regresión se encuentra una concentración extrema de  $3.13 \text{ Kg/M}^3$  para un lapso medio de retorno de 20 años.



GRAFICA IV. S - 1  
 FUNCION DE CONCENTRACION DE SEDIMENTOS  
 RIO ZULIA - ESTACION SAN JAVIER



GRAFICA IV. S-2

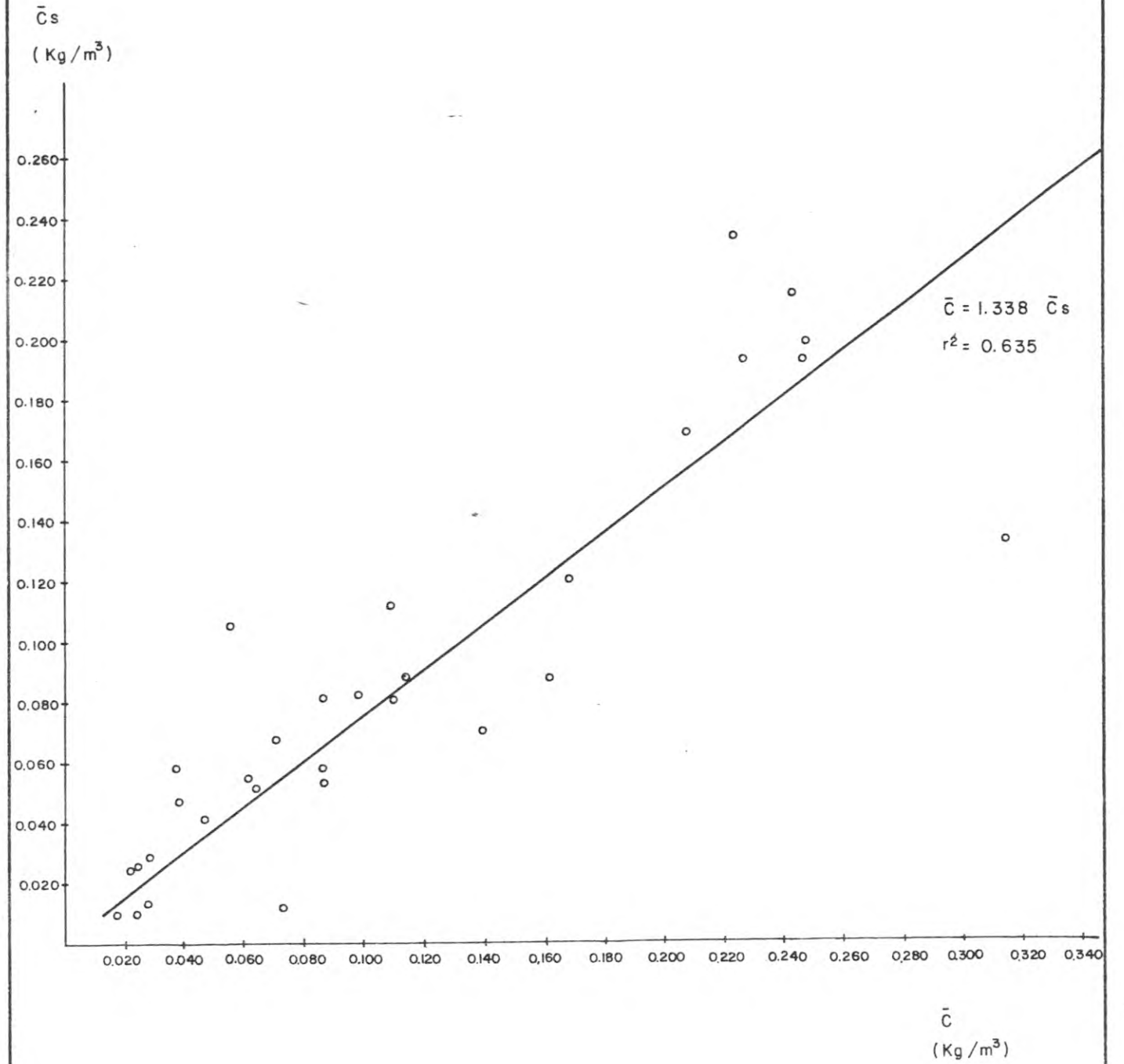
FUNCION DE DESCARGA DE SEDIMENTOS  
RIO ZULIA - ESTACION SAN JAVIER



 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA centrales eléctricas del norte de santander	C E N S	 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA	PROYECTO TERMOTASAJERO	APROBO: A. B. M.
				FECHA: SEPT. /79

GRAFICA IV. S-3

RELACION ENTRE CONCENTRACION MEDIA ( $\bar{c}$ )  
Y CONCENTRACION MEDIA SUPERFICIAL ( $\bar{c}_s$ )





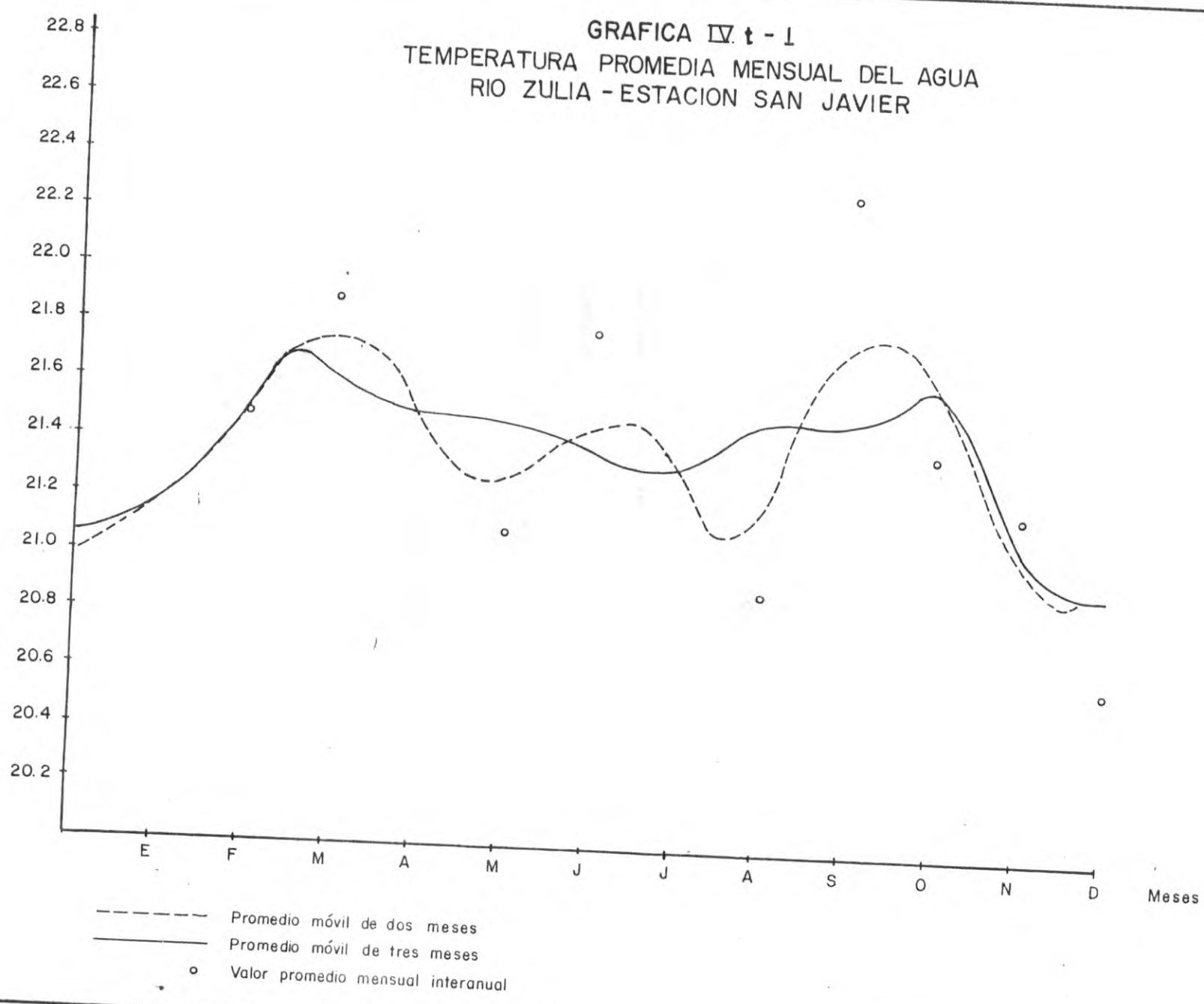
2.5

## TEMPERATURA DEL AGUA

La gráfica IV.t-1 muestra las variaciones de la temperatura promedio mensual del agua del río Zulia en San Javier. El rango observado de variación va de un mínimo de 20.6°C en Diciembre a un máximo de 22.3°C en Septiembre, para temperaturas tomadas entre las 10:00 a.m. y las 3:00 p.m. Los promedios móviles de dos y tres meses indican un pico en Marzo y otro en Septiembre y un mínimo en Diciembre.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
 centrales eléctricas del norte de Santander  
 CENSA  
 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA  
 PROYECTO TERMOTASAJERO  
 A PROBO A. B. M.  
 FECHA: SEPT. /79

GRAFICA IV t - 1  
 TEMPERATURA PROMEDIA MENSUAL DEL AGUA  
 RIO ZULIA - ESTACION SAN JAVIER



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA  
 centrales eléctricas del norte de Santander  
 CENSA  
 SOCIEDAD GENERAL DE CONSULTORIA LTDA  
 PROYECTO TERMOTASAJERO  
 A PROBO A. B. M.  
 FECHA: SEPT. /79

## 2.6

## PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DEL AGUA

Para el estudio de los análisis físico-químicos del agua, se tuvieron en cuenta dos muestreos. El primero, se hizo el 28 de noviembre de 1978, y el segundo se efectuó el 15 de enero de 1979, para las mismas cinco secciones.

Las secciones en las cuales se tomaron muestras, corresponden a: Puente Zulia sobre el Río Zulia, una muestra en Noviembre y una muestra en Enero; San Cayetano, puente "La Hamaca" sobre el Río Zulia, una en Noviembre y una en Enero; Las Tortugas, puente sobre el Río Peralonso, una en Noviembre y dos en Enero; represa del Incora, antes del vertedero, una en Noviembre y una en Enero; aguas abajo del vertedero, una en Noviembre y tres en Enero.

Los análisis físico-químicos, llevados a cabo por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras "INGEOMINAS" se presentan en los cuadros IV.C.1 y IV.C.2. Se observan valores que oscilan, para las diferentes características, entre el 2% y el 13% del valor límite máximo de las especificaciones de la ASTM, lo cual da un margen bastante amplio.

Las diferencias que se presentan entre las muestras tomadas en Noviembre y las tomadas en Enero, pueden explicarse por la diferencia del caudal del río entre un momento y el otro.

Por otra parte, el cálculo del Índice de Langelier, nos indica que se trata de un agua que se puede clasificar aproximadamente como químicamente balanceada para efectos de enfriamiento, que no presenta una tendencia marcada a la formación de incrustaciones, ni a la corrosión.

De otra parte, la concentración de sedimentos en suspensión para un lapso medio de retorno de 20 años es de 3.134 mg/lt.; por lo tanto, estaría dentro de las especificaciones, que permiten una concentración hasta de 5.000 mg/lt; sin embargo, cuando el agua del río sea

tomada en época de caudales mínimos, se puede presentar arrastre de sedimentos de fondo; por consiguiente resulta conveniente la utilización de una estructura de sedimentación.

PROYECTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERARIAS

"I N G E N I E R O S"

Industria Inver. El Estero Guadalupe

Octubre 1970

Boletín, noviembre II de 1970

Nuestros Nos. : 6311 al 6315 Agua  
 Procedencia : La hacienda  
 Hemisferio :  
 Dirección : COMPANIA GENERAL DE CONSOLIDADAS  
 Ati. Gonzalo Arango  
 Calle 7a # 12-77 Tel. 255305  
 Berolet. 260/76 Ingeominas  
 Nuestra referencia : Bolata 2098 noviembre 29/70

RESULTADO DEL ANALISIS

Nuestra Nos. : 6311 : No.1 Puente Zulia  
 : 6312 : No.2 Zulia  
 : 6313 : No.3 Represa del Incoira (arriba)  
 : 6314 : No.4 Represa del Incoira (abajo)  
 : 6315 : No.5 Rio Perajonso Las Tortugas

Unidad en $SiO_2$	2.50	7.50	12.50	17.50
PH potencial específico a 20°C	7.90	8.00	8.00	8.10
Conductividad específica a 25°C	117.80	51.89	131.23	130.09
Dureza Total R.D.T.A. en $CaCO_3$	54.25	51.89	54.25	63.68
Alcalinidad al $CaCO_3$	Regativa	5.00	5.00	5.00
Alcalinidad al Anaranjado de Metilo en $CaCO_3$	50.00	30.00	30.00	45.00
Carbonatos	Regativo	6.00	6.00	6.00
Alcalinidad en $HCO_3$	60.99	36.19	34.59	54.89
Cloruros en Cl	14.20	14.20	17.75	14.20
Sulfatos en $SO_4$	3.00	2.00	2.00	3.00
Nitritos en $NO_2$	2.80	2.00	1.50	1.50
Nitrosos en $NO$	0.60	0.30	0.30	0.72
Aluminio en solución en $Al$	0.10	0.14	0.14	0.60
Aluminio en suspensión en $Al$ (por diferencia)	0.50	0.34	0.14	0.12
Silicio en $SiO_2$	15.09	19.11	1.00	20.00
Carbono orgánico	3.96	2.00	1.00	1.85
Menor de 0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2.50	7.50	12.50	17.50	22.50

CUADRO No. IV.C.1 (cont)

- 2 -

Oficio No. 11111111

Muestras Nos.	Agua	6311	6312	6313	6314	6315	
Sólidos totales (evaporación a 105°C).....		67.00	58.00	102.00	100.00	53.00	mg/l
Sólidos en solución (evaporación a 105°C)....		55.00	45.00	97.00	62.00	58.00	"
Sólidos en suspensión (por diferencia) .....		12.00	12.00	5.00	38.00	25.00	"
Relación de Adsorción de Sodio R.A.S. ....		0.30	0.30	0.31	0.27	0.21	
Clasificación para irrigación .....		C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	

BALANCE CATIONICO-ANIONICO

CATIONES MEQ/l.

Fe .....	0.0036	0.0039	0.0050	0.0050	0.0000
Ca .....	0.7530	0.7879	0.7530	0.9451	0.9980
Mg .....	0.3257	0.2451	0.2393	0.3224	0.3166
Mn .....	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
K .....	0.0259	0.0259	0.0259	0.0259	0.0259
Na .....	0.2174	0.2174	0.2174	0.2174	0.1739
<b>T O T A L . . . .</b>	<b>1.3292</b>	<b>1.2638</b>	<b>1.2442</b>	<b>1.5194</b>	<b>1.5180</b>

ANIONES MEQ/l.

HCO <sub>3</sub> .....	0.9997	0.047	0.5997	0.8997	0.8997
CO <sub>3</sub> .....	0.0000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
Cl .....	0.4004	0.4004	0.5006	0.4004	0.4004
SO <sub>4</sub> .....	0.0625	0.0416	0.0416	0.0625	0.0625
NO <sub>3</sub> .....	0.0452	0.0371	0.0242	0.0323	0.0565
<b>T O T A L . . . .</b>	<b>1.5078</b>	<b>1.2638</b>	<b>1.3651</b>	<b>1.5949</b>	<b>1.6191</b>

CUADRO No. IV.C.1 (cont)

- 3 -

Oficio No. (100-33)

NOTAS.-

Las muestras analizadas son químicamente impotables ya sea por su turbiedad (límite 5 mg/l), o por su contenido de hierro (límite 0.30 mg/l).

En cuanto a su dureza se clasifican como aguas semiduras.

Para irrigación se clasifican en el grupo C<sub>1</sub> S<sub>1</sub>, de bajo peligro de salinización y bajo peligro de sodificación para los suelos.

Ejecutado por : Dra. Ma. Cristina Báez Hernández

*[Handwritten signature]*  
SECCION QUIMICA AGRICOLA  
JORGE J. VIVES ABELLO



/abb.-

Muestras Nos. : 04 al 011 Aguas  
Procedencia : Corrientes indicadas  
Remitente : JAIME SALDARRIAGA  
Dirección : Calle 78 # 9-57 Tel. 485641  
Trabajo solicitado : Resol. 260/78 Ingeominas  
Muestra referencia : Boleta 04 enero 16/79

RESULTADO DEL ANALISIS

Muestras Nos. Su referencia	No. 01 Zulia	No. 02 Zulia	No. 03 Zulia	No. 04 Zulia	No. 05 Peralonso	No. 06 Peralonso	No. 07 Zulia	No. 08 Zulia	No. 09 Zulia	No. 10 Zulia	No. 11 Zulia	
Turbiedad en SiO <sub>2</sub> .....	2.00	2.00	2.50	2.50	2.00	2.00	2.50	2.00	2.00	2.50	2.00	mg/l
pH potenciométrico a 20°C .....	8.20	8.20	8.20	8.20	8.10	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	
Conductividad específica a 25°C .....	222.42	203.04	188.50	178.22	231.24	183.05	178.90	174.10	174.10	174.10	174.10	micromhos/cm.
Dureza Total E.D.T.A. en CaCO <sub>3</sub> .....	97.08	87.37	77.75	74.99	99.50	80.54	75.23	72.81	72.81	72.81	72.81	mg/l
Alcalinidad a la Fenolftaleína .....	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	"
Alcalinidad al Amanrajado de Metilo en CaCO <sub>3</sub> .....	90.23	80.72	72.85	68.73	84.69	70.10	68.26	66.32	66.32	66.32	66.32	"
Carbonatos .....	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	"
Bicarbonatos en HCO <sub>3</sub> .....	110.08	98.48	88.88	83.86	103.32	85.52	83.28	80.91	80.91	80.91	80.91	"
Cloruros en Cl .....	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	"
Sulfatos en SO <sub>4</sub> .....	0.60	0.50	0.60	0.60	10.00	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	"
Nitratos en NO <sub>3</sub> .....	0.00	0.20	1.00	0.50	0.25	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	"
Hierro total en Fe .....	0.40	0.40	0.39	0.35	0.70	0.20	0.10	0.45	0.45	0.45	0.45	"
Hierro en solución en Fe .....	0.10	0.10	0.12	0.12	0.18	0.12	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12	"
Hierro en suspensión en Fe (por diferencia) .....	0.30	0.30	0.27	0.23	0.52	0.08	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	"
Calcio en Ca .....	22.22	26.66	31.10	30.00	34.44	32.22	23.32	22.22	22.22	22.22	22.22	"
Magnesio en Mg .....	9.96	4.97	0.00	0.00	3.21	0.00	4.05	4.14	4.14	4.14	4.14	"
Manganeso en Mn .....	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	"
Potasio en K .....	0.80	0.80	0.82	0.82	2.04	0.80	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	"
Sodio en Na .....	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	4.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	"
	Represa Incore (abajo) Orilla Izqu.	Represa Incore (abajo) Centro	Represa Incore (abajo) Orilla Der.	Represa Incore (arriba) derecho	brazo izquierdo	brazo izquierdo	La Hamaca	Pte Zulia Viejo				



CUADRO No. IV.C.2 (Continuación)

Oficio No. 111956

Muestras Nos. Su referencia	04 No.01 Zulia	05 No.02 Zulia	06 No.03 Zulia	07 No.04 Zulia	08 No.05 Peralonso	09 No.06 Peralonso	010 No.07 Zulia	011 No.08 Zulia
Sólidos totales (evaporación a 105°C)	169.00	152.00	155.00	137.00	167.00	160.00	136.00	129.00
Sólidos en solución (evaporación a 105°C)	163.00	150.00	143.00	136.00	166.00	138.00	131.00	127.00
Sólidos en suspensión (por diferencia)	6.00	2.00	12.00	1.00	1.00	22.00	5.00	2.00
Relación de adsorción de Sodio R.A.S.	0.26	0.28	0.34	0.30	0.26	0.21	0.30	0.30
Clasificación para irrigación	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>

B A L A N C E C A T I O N I C O - A N I O N I C O

CATIONES mg/lit.

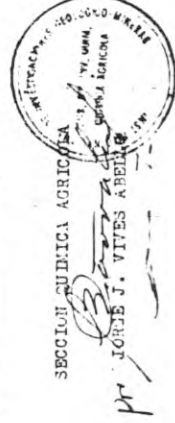
Fe	0.0036	0.0036	0.0043	0.0043	0.0064	0.0043	0.0036	0.0043
Ca	1.1087	1.3303	1.5518	1.4970	1.7185	1.6077	1.1636	1.1087
Mg	0.8191	0.4087	0.0000	0.0000	0.2639	0.0000	0.3330	0.3404
Mn	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
K	0.0204	0.0204	0.0209	0.0209	0.0521	0.0204	0.0184	0.0184
Na	0.2608	0.2608	0.3043	0.2608	0.2608	0.1939	0.2608	0.2608
T O T A L	2.2162	2.0274	1.8849	1.7866	2.3053	1.8299	1.7830	1.7362

ANIONES mg/lit.

HCO <sub>3</sub>	1.8040	1.6140	1.4566	1.3744	1.6933	1.4016	1.3648	1.3260
Cl	0.3998	0.3998	0.3998	0.3998	0.3998	0.3998	0.3998	0.3998
SO <sub>4</sub>	0.0124	0.0104	0.0124	0.0124	0.2082	0.0124	0.0104	0.0104
NO <sub>3</sub>	0.0000	0.0032	0.0161	0.0080	0.0040	0.0161	0.0090	0.0000
T O T A L	2.2162	2.0274	1.8849	1.7866	2.3053	1.8299	1.7830	1.7362

NOTAS: Las muestras son químicamente potables; en relación a su dureza clasifican como aguas semiduras. Para irrigación corresponden al Grupo C<sub>1</sub> S<sub>1</sub> de bajo riesgo de salinidad y bajo riesgo de sodificación.

Ejecutado por: Dr. Beliel Francisco Corrales.



Proyecto termotasajero/Informe final de  
facilidad, hidrología y meteorología, tomo IV/

333.7932 P969p v.4 Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO
-----------------	------------	-------------------