

0/X.12

T18

2ª Etapa

Inf. Final

I

MEN-227

39344

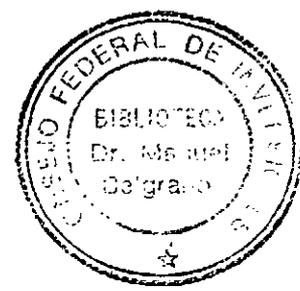
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Subsecretaría de Obras, Servicios Públicos y Viviendas

Convenio Consejo Federal de Inversiones - Universidad Nacional del Litoral

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
SUBSISTEMA HIDRICO LEYES - SETUBAL**
(segunda etapa)

TOMO I: Estudios Básicos



ORGANISMOS EJECUTORES DEL ESTUDIO:

- Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Universidad Nacional del Litoral
- Centro Regional Litoral
Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas



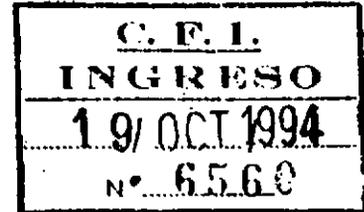
Ministerio de Cultura y Educación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA
Y CIENCIAS HIDRICAS
Ciudad Universitaria

Nota N°

Expte. N°

Santa Fe, 18 de octubre de 1994

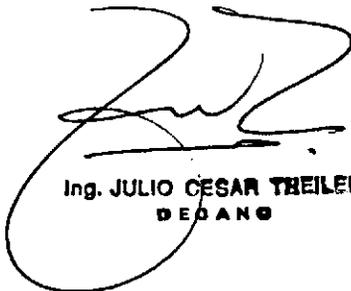
Sr. Representante Técnico
Consejo Federal de Inversiones
Ing. Oscar GONZALEZ ARZAC
S _____ / _____ D



Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a efecto de elevar a su consideración cuatro ejemplares del Informe Final del Estudio de Prefactibilidad del Subsistema Leyes - Setúbal (Segunda etapa) del convenio Consejo Federal de Inversiones - Universidad Nacional del Litoral desarrollado por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas y el Centro Regional Litoral del INCyTH.

Los Informes contienen los Estudios Básicos llevados a cabo (Tomos I y II) y los Diseños de Ingeniería y Evaluación Económica correspondientes (Tomo III).

Sin otro particular lo saludo atentamente.



Ing. JULIO CESAR TREILER
DED ANO

EQUIPO DE TRABAJO

Director: Ing. Julio C. THEILER

Coordinación General: Prof. Luis TANARDI

Area Mecánica de Suelos:

Ing. María PARDINI (Coordinador Técnico)

Ing. Eduardo DIAZ

Ing. Luis VERGA

Tco. Roberto WEISS

Tco. Miguel KUZNIER

Area Relevamientos Hidrográficos - Topografía

Ing. Roberto ADOBATO (Coordinador Técnico)

PTC. Alberto FURLANO

Tco Alfonso REARTE

Tco Héctor DEMARTINI

Ing. José HUESPE (Coordinador Técnico)

Sr. Horacio SUPPO

Ing. Felipe FRANCO

Ing. Horacio TONIOLO

PTC. Mario GARDIOL

Sr. Eduardo FIGUEREDO

Ing. Héctor PICATTO (Coordinador Técnico)

Ing. Ricardo GIACOSA

Ing. Mario LENZI

PTC. Dardo SIMON (Coordinador Técnico)

Tco. Jorge FLORES

Ayte: Miguel DUARTE

Tco Manuel MARIN

Tco Pedro ROBLEDO

Ayte Eduardo DUARTE

Ayte. Carlos PEREZ

Area Hidrología y Simulación:

Lic. Eduardo CEIRANO (Coordinador Técnico)
Ing. Roberto GIORIA
Ing. Raúl PEDRAZA
Ing. Jorge COLLINS
Ing. Adriana PONGOLINI
Ing. Pablo CACIK
Ing. Viviana ZUCARELLI
Tco. Carlos ZAPATA

Area Geomorfología - Erosiones

Ing. Mario AMSLER (Coordinador Técnico)
Ing. Mario SCHREIDER
Ing. Horacio TONIOLO

Area Ingeniería

Ing. Silvia WOLANSKY (Coordinador Técnico)
Ing. Norberto MORBIDONI
Ing. Roberto MASOLA
Ing. Jorge GIRAL
Ing. Felipe WAISMAN
Ing. Hugo RAMB

Area Planeamiento y Evaluación:

Ing. Carlos PAOLI (Coordinador Técnico)
Ing. Gabriel SANTARELLI

Compaginación: Ing. Felipe FRANCO

Personal de organismos de la provincia de Santa Fe que han colaborado en este trabajo:

Ing. Aquiles FARIAS (Dirección Provincial de Vialidad)
Ing. Edgardo MURILLO (Dirección Provincial de Obras Hidráulicas)

INDICE GENERAL

TOMO I

I. INTRODUCCION

II. ESTUDIOS BASICOS

II.1 RELEVAMIENTOS HIDROGRAFICOS - TOPOGRAFIA

II.2 GEOTECNIA ZONA ARROYO LEYES

II.3 ESTUDIO GEOMORFOLOGICO

TOMO II

II.4 ESTUDIO HIDROLOGICO Y MODELACION

II.5 CALCULO DE EROSIONES GENERALES

II.6 CONCLUSIONES GENERALES

TOMO III

III. DISEÑOS DE INGENIERIA

III.1 CRITERIOS DE DISEÑO

III.2 OBRAS EN EL INGRESO AL SUBSISTEMA

III.2.1 ESTUDIOS DE SUELOS PARA FUNDACIONES Y YACIMIENTOS

III.2.2 RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA NUEVA TRAZA

III.2.3 PUENTES SOBRE LOS ARROYOS LEYES Y POTREROS

III.2.3.1 PREDISEÑOS HIDRAULICOS Y ESTRUCTURALES

III.2.3.2 COMPUTOS Y PRESUPUESTOS - CRONOGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES

III.2.3.3 CALCULOS DE EROSION LOCALIZADA

III.2.4 TERRAPLEN DE ACCESO

III.2.4.1 DISEÑO GEOMETRICO. TECNICA CONSTRUCTIVA

III.2.4.2 CALCULO DE ESTABILIDAD

III.2.4.3 COMPUTOS Y PRESUPUESTO - CRONOGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES

III.3 OBRAS EN LA DESCARGA DEL SISTEMA

III.4 RECRECIMIENTO DE LOS TERRAPLENES DE DEFENSA R.P.N° 1

III.4.1 DISEÑOS GEOMETRICOS

III.4.2 COMPUTOS Y PRESUPUESTOS - CRONOGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES

III.4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. EVALUACION ECONOMICA

IV.1 ANTECEDENTES Y ASPECTOS METODOLOGICOS

IV.2 MODIFICACIONES EN EL AREA DE IMPLANTACION DEL PROYECTO

IV.3 ESQUEMAS DE EVALUACION

IV.4 ESTIMACION DE BENEFICIOS

IV.5 ANALISIS COSTO - BENEFICIOS

IV.6 CONCLUSIONES

I. INTRODUCCION:

El presente constituye el Informe Final del "Estudio de Prefactibilidad del Subsistema Leyes-Setúbal" (Segunda Etapa) enmarcado en el Convenio Universidad Nacional del Litoral - Consejo Federal de Inversiones y llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas y el Centro Regional Litoral del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas.

Este trabajo reconoce como antecedente inmediato y debe considerarse continuación de un estudio similar (Primera Etapa), cuyo Informe Final fue concluido en Febrero de 1993.

Ambos estudios tuvieron por finalidad lograr un conocimiento preciso del funcionamiento hidráulico del Subsistema y, logrado este objetivo, analizar a nivel de prefactibilidad distintas alternativas de obras tendientes a mejorar el mismo, dotando de mayores condiciones de seguridad a las obras ya existentes en el área.

En el estudio de 1993 se analizaron distintas soluciones, las cuales en esencia planteaban la posibilidad de limitar el ingreso de caudales al sistema lagunar (10.000 m³/seg) mediante la fijación con protecciones flexibles del lecho de los arroyos Leyes y Potrero. Además se recomendaban canalizaciones en correspondencia con los Aliviadores 3, 5 y 6 de la Ruta Nacional N° 168, a fin de facilitar la descarga de la masa líquida.

En las conclusiones de este estudio se señalaba la necesidad de que el grupo de trabajo continuara en el análisis del problema, ya que se requerían nuevos y/o más profundos estudios y elementos de juicio que permitieran ajustar las alternativas de obras y la evaluación integral del sistema.

Con posterioridad a esa fecha, y en el marco del Programa de Rehabilitación para la Emergencia de las Inundaciones (PREI), diversos organismos han encarado la construcción de distintas obras de defensa en el sector adoptándose para las mismas como crecida de diseño un caudal de 15.000 m³/seg (recurrencia centenaria).

Para el desarrollo de esta Segunda Etapa de los estudios el primer paso consistió en completar la información morfológica existente, a fin de lograr una modelación matemática más precisa del Subsistema, fundamentalmente al Este de la Ruta Provincial Nro 1 y al Sur de la Ruta Nacional Nro 168. En el Capítulo II.1. "Relevamientos hidrográficos. Topografía" se describen los trabajos de campo realizados a tal fin.

Las tareas descriptas en los Capítulos II.2. "Geotecnia del Arroyo Leyes" y II.3. "Estudio Geomorfológico" tuvieron por finalidad seleccionar los sectores más estables para un futuro emplazamiento de los puentes sobre los arroyos Leyes y Potrero. Además, aportan nuevos conocimientos sobre la evolución geomorfológica de los cauces de los ríos Colastiné, Colorado, Leyes y San Javier, y la importancia relativa de éstos en el ingreso de caudales al sistema lagunar.

En el Capítulo II.4. "Estudio Hidrológico y Modelación" se describe la implementación y características del Modelo Hidrodinámico en Ramas, su calibración para las crecidas 1.982-83 y 1.992 y su explotación para la crecida de diseño adoptada (15.000 m³/seg). Además se analiza el funcionamiento hidráulico del Subsistema a la salida para la hipótesis de ejecución de obras en el área.

Las conclusiones de este Capítulo, conjuntamente con las del II.5. "Cálculo de erosiones generales" permitieron, mediante un proceso de retroalimentación, estimar las secciones de equilibrio, es decir las secciones finales erosionadas ante la ocurrencia de la crecida de diseño tanto en el ingreso como en la descarga del Subsistema. Teniendo en cuenta que esta crecida se corresponde con las adoptadas para la mayoría de las obras en ejecución en el sector, se decidió dejar las secciones de ingreso de caudales al subsistema en "condiciones de máxima transparencia", eliminando como proyecto de obra la fijación del lecho de los arroyos Leyes y Potrero. Por otra parte, esta decisión aumenta las condiciones de seguridad de las obras situadas al Este de la Ruta Provincial Nro 1, puesto que se evitan sobreellevaciones del pelo de agua y derivaciones de caudales indeseables, hacia otros cursos de agua.

Por último, en el Capítulo II.6. se presentan, a modo de resumen, las "Conclusiones Generales", obtenidas de los Estudios Básicos llevados a cabo.

En base a los resultados obtenidos de los estudios precedentemente mencionados se realizaron los Diseños de Ingeniería, indicando los criterios adoptados para el desarrollo de los mismos (Capítulo III.1 "Criterios de Diseño").

El análisis y la descripción de las obras a incorporar en el Subsistema se realizan por separado en dos capítulos:

a) Capítulo III.2 "Obras en el Ingreso al Subsistema": Incluye los trabajos de campo complementarios llevados a cabo (Topografía y Geotécnia), el diseño, cómputo y presupuesto de los nuevos puentes sobre los arroyos Leyes y Potrero y una estimación de erosiones en el emplazamiento de estas obras. Contiene además el diseño geométrico, cálculo de estabilidad y el cómputo y presupuesto del terraplen que vincula estos puentes con la ruta actual.

b) Capítulo III.3 "Obras en la Descarga del Subsistema": Teniendo en cuenta las conclusiones de los capítulos II.4 y II.5 se efectua una revisión de los proyectos de canalizaciones de los aliviaderos presentados en el informe final de la primera etapa de los estudios, planteando además nuevas alternativas de obra a fin de mejorar la capacidad de conducción del Subsistema aguas abajo de la Ruta Nacional N° 168.

En el Capítulo III.4 se comparan los niveles de inundación a lo largo de la Ruta Provincial N° 1 con las cotas de rasante de las defensas existentes y/o proyectadas al este de la misma. Se concluye en la necesidad de efectuar un rediseño de varios sectores cuyo proyecto se desarrolla en los ítems III.4.1 "Diseños Geométricos", III.4.2 "Cómputos y Presupuestos" y III.4.3 "Conclusiones y Recomendaciones".

Por último, en el Capítulo IV "Evaluación Económica" se realiza un análisis de los elementos conducentes a determinar la relación costo - beneficios y se analizan los resultados obtenidos.

II. ESTUDIOS BASICOS

II.1 RELEVAMIENTOS HIDROGRAFICOS - TOPOGRAFIA

II.1.1 VALLE ALUVIAL MUNICIPIO SANTAFESINO

II.1.2 ZONA ARROYO UBAJAY - RIO COLASTINE

II.1.3 RIO CORONDA

II.1.4 ARROYOS LEYES Y POTRERO

II.1 RELEVAMIENTOS HIDROGRAFICOS - TOPOGRAFIA

Los relevamientos hidrográficos y topográficos realizados tuvieron por finalidad completar la información morfológica existente del Subsistema Leyes-Setubal necesaria para la implementación del Modelo Matemático Hidrodinámico en Ramas, fundamentalmente al este de la Ruta Provincial N° 1 y al sur de la Ruta Nacional N° 168.

Por otra parte esta información fue utilizada en el estudio geomorfológico y para el ajuste de los estimadores de erosión.

II.1.1 VALLE ALUVIAL MUNICIPIO SANTAFESINO (Distrito La Guardia y Alto Verde)

Los perfiles topobatimétricos se realizaron entre los días 3 y 12 de noviembre de 1993 para un estado de aguas altas, con alturas hidrométricas en Puerto Santa Fe de 5.22-5.06 metros.

El sistema de ejes coordenados utilizado es el correspondiente a IGM con punto origen en $X=6.492000$, $Y= 5.432.000$.

Los perfiles realizados aguas arriba y aguas abajo de la Ruta Nacional N° 168 fueron ubicados planimétricamente desde la ruta y los sondeos realizados con escandallo graduado, en razón de la densa vegetación existente en el lugar.

Los perfiles correspondientes a Canal de Acceso ,Canal de Derivación, Puente Oroño y Riacho Santa Fe, fueron realizados con ecógrafa y apoyo topográfico desde costa.

La ubicación planimétrica de cada uno de los perfiles se observa en el plano adjunto. Las coordenadas x,y,z correspondiente a cada perfil se presentan en planillas con sus respectivos gráficos, y además grabados en diskettes en código ASCII.

Segun consta en el plan de trabajo se realizaron los siguientes perfiles transversales:

1. Aguas arriba Ruta Nacional N° 168
2. Aguas abajo Ruta Nacional N° 168
3. Eje Ruta Nacional N° 168 (sobre pavimento)
4. Puente Nicasio Oroño
5. Perfil traza línea Alta Tensión
6. Perfil canal de acceso al Puerto de Santa Fe
7. Perfil canal de derivación Sur

8. Perfil canal de derivacion Norte
9. Perfil Alto Verde
10. Perfil Boca exterior canal acceso
11. Cuatro (4) perfiles en Riacho Santa Fe

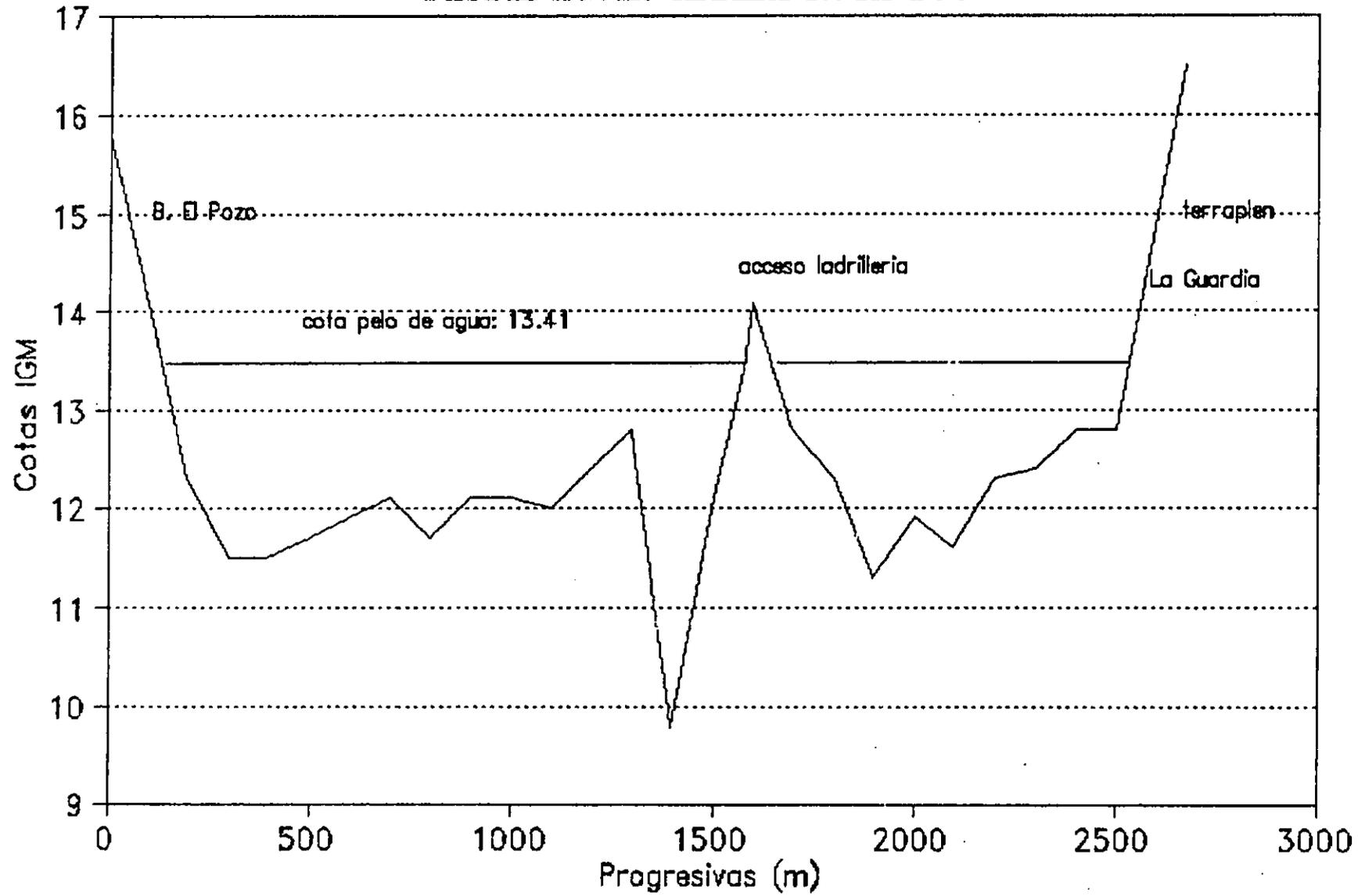
PERFIL: AGUAS ARRIBA RUTA NAC. 168 (70 metros)

FECHA: 3-11-1993

COTA P.AGUA: 13.41 m.

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	8150.2	5736.1	15.8	Barrlo El Pozo
2	8154.7	5836	14.1	
3	8156.5	5875.9	13.4	P.agua Este El Pozo
4	8159.2	5935.9	12.3	
5	8136.8	6035.8	11.5	Allvador 3
6	8168.3	6135.7	11.5	Allvador 3
7	8172.8	6235.6	11.7	
8	8177.4	6335.5	11.9	Allvador 4
9	8181.9	6435.4	12.1	
10	8186.4	6535.3	11.7	
11	8190.9	6635.2	12.1	
12	9195.5	6735.1	12.1	
13	8199.9	6835	12	
14	8204.5	6934.9	12.4	
15	8209	7034.8	12.8	Allvador 5
16	8213.6	7134.7	9.8	Allvador 5
17	8218.1	7234.6	12.1	Allvador 5
18	8221.7	7314.5	13.4	P.agua Oeste ladrilleria
19	8222.6	7334.4	14.1	Allvador 5
20	8224.9	7384.4	13.4	P.agua Este ladrilleria
21	8227.2	7434.4	12.8	
22	8231.7	7534.3	12.3	Allvador 6
23	8236.2	7634.2	11.3	Allvador 6
24	8240.7	7734.1	11.9	Allvador 6
25	8245.3	7834	11.6	
26	8249.8	7933.8	12.3	D.Munic.La Guardia
27	8254.3	8033.8	12.4	
28	8258.9	8133.7	12.8	
29	8263.4	8233.5	12.8	
30	8271.1	8403.4	16.5	Terraplen

PERFIL AGUAS ARRIBA RUTA 168



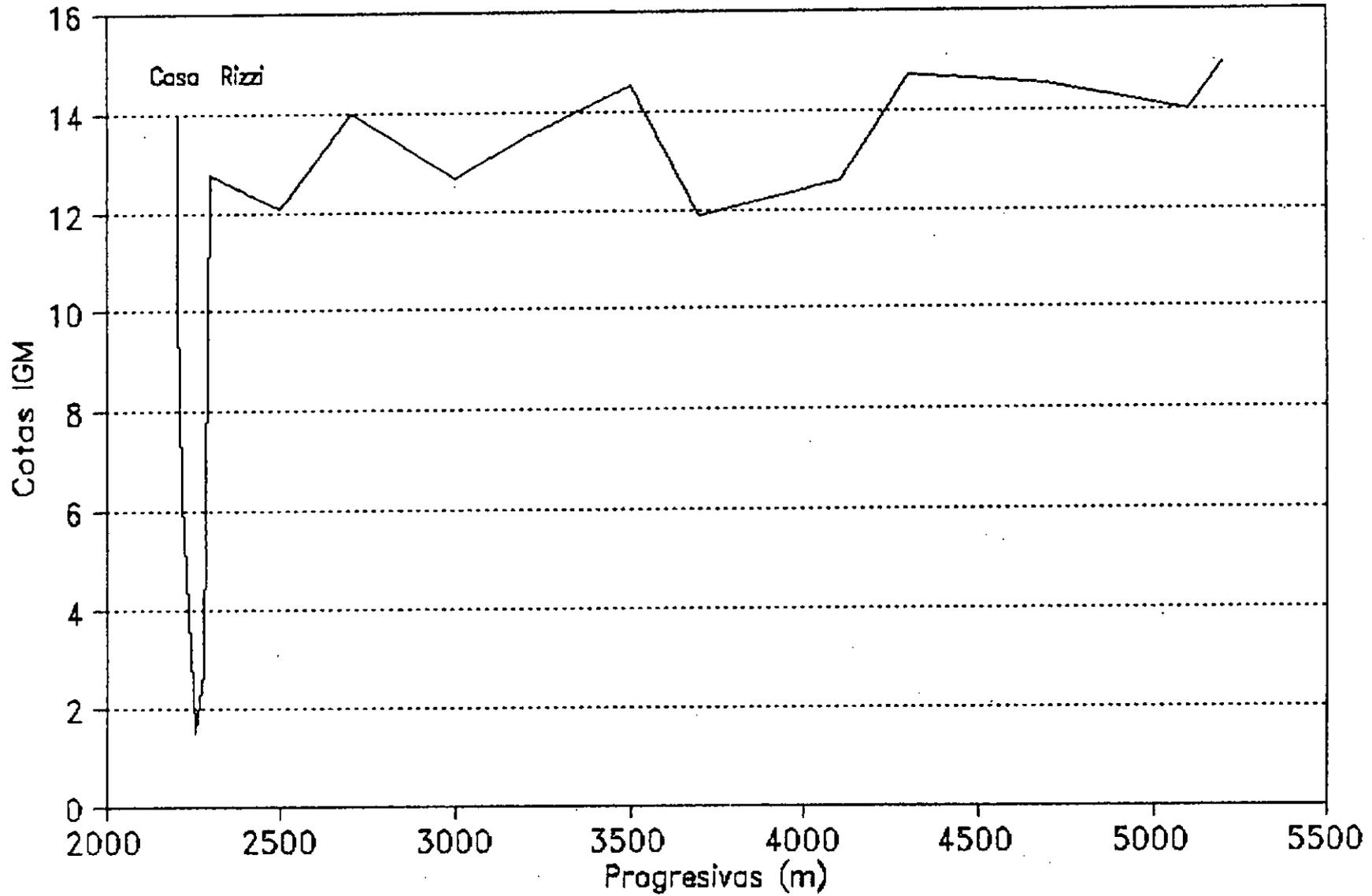
PERFIL: EJE RUTA NAC. 168

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	8000	5000	16.5	
2	8031	5198	16.4	
3	8042	5401	16.5	
4	8061	5699	17.1	
5	8174	5899	18.3	
6	8092	6199	18.6	
7	8105	6398	16.5	
8	8102	6795	17.1	
9	8059	6991	18.6	
10	8071	7370	18.2	
11	8103	7769	17.2	
12	8110	7868	17	

PERFIL: AGUAS ABAJO RUTA NAC. 168 (30 metros)

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	7986.5	4909	14	Casa Rizzi
2	7986	4909	10.3	
3	7957	4926	6.3	
4	7961	4944	3.2	
5	7963	4956	1.5	
6	7967	4985	2.8	
7	7970	5005	12.8	
8	8001	5202	12.1	
9	8012	5402	14	
10	8031	5701	12.7	
11	8045	5901	13.5	
12	8062	6201	14.5	
13	8075	6399	11.9	
14	8073	6789	12.6	
15	7030	6985	14.7	
16	8041	7372	14.5	
17	8073	7771	14	
18	8080	7870	14.9	

PERFIL AGUAS ABAJO RUTA 168

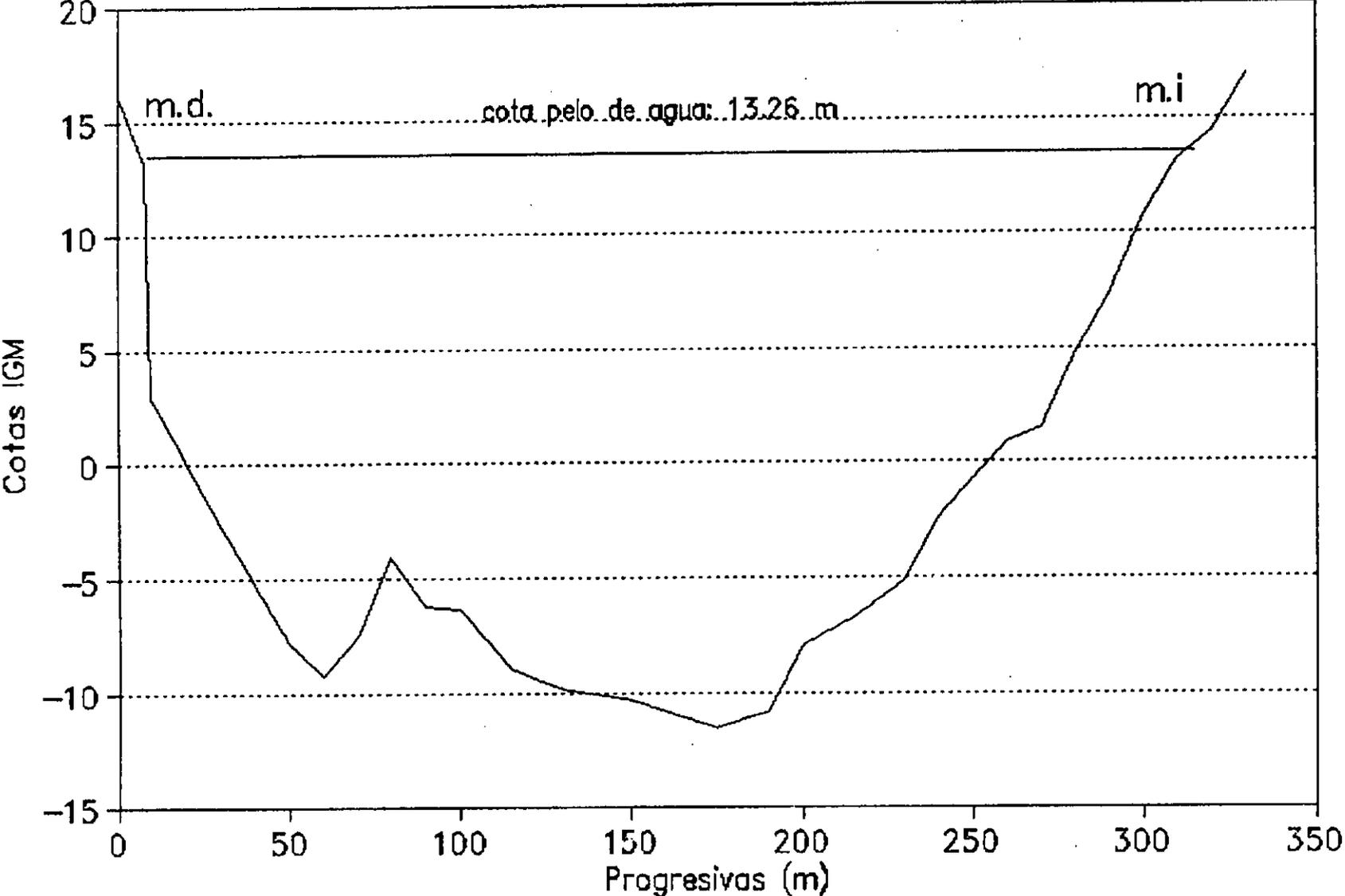


PERFIL: COSTANERA-PUENTE OROÑO

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	PROGR.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	0	8020	3278	16.2	Costanera
2	8	8018.3	3285.8	13.26	Pelo agua M.D.
3	10	8017.8	3287.7	2.9	
4	30	8013.6	3307.3	-2.6	
5	50	8009.4	3326.8	-7.8	
6	60	8007.3	3336.6	-9.2	
7	70	8005.1	3346.4	-7.5	
8	80	8003	3356.2	-4.1	
9	90	8000.9	3365.95	-6.2	Pila Oeste
10	100	7998.8	3375.7	-6.3	
11	115	7995.6	3390.4	-8.9	
12	130	7992.4	3405	-9.8	
13	150	7988.2	3424.6	-10.3	
14	175	7982.8	3449	-11.5	
15	190	7979.7	3463.7	-10.8	
16	200	7977.6	3473.4	-7.9	
17	215	7954.4	3488.1	-6.7	
18	230	7971.2	3502.7	-5.1	Pila Este
19	240	7969.1	3512.5	-2.4	
20	250	7966.9	3528.9	-0.8	
21	260	7964.8	3532	0.9	
22	270	7962.7	3541.8	1.5	
23	280	7960.6	3551.6	4.8	
24	290	7958.5	3561.4	7.3	
25	300	7956.3	3571.2	10.7	
26	310	7954.2	3580.9	13.26	Pelo agua M.I.
27	320	7952.1	3590.7	14.4	
28	330	7950	3600.5	16.9	

PERFIL COSTANERA-PTE OROÑO



PERFIL: LINEA ALTA TENSION

PUNTO	X	Y	COTA	PROGRESIVA
1	4765	1735	15.6	270913
2	4752.5	1718	15.7	270934
3	4838.5	1833.5	14.78	270790
4	4860	1862.5	14.68	270754
5	4878.5	1888.5	14.29	270722
6	4938	1968.5	13.59	270622
7	4998	2049.5	13.18	270522
8	5058	2128.5	12.81	270422
9	5117.5	2209.5	12	270322
10	5117	2289.5	12.15	270222
11	5231.5	2362	11.66	270131
12	5296.5	2450	11.16	270022
13	5356	2530.5	11.8	269922
14	5396.5	2585	11.75	269854
15	5435	2637	10.84	269790
16	5467.7	2680.5	10.71	269735
17	5495	2717.5	11.1	269689
18	5526	2758.5	11.08	269638
19	5594	2851	11.67	269522
20	5640.5	2913.5	11.94	269445
21	5678	2964	10.92	269382
22	5738	3045	10.71	269281
23	5766	3082	10.88	269235
24	5792.5	3118	11.56	269190
25	5821.5	3156.5	11.69	269142
26	5835	3175	11.76	269122
27	5842.5	3297.5	11.73	269000
28	5845	3336.5	12.43	268960
29	5846.5	3357.5	12.51	268939
30	5848.5	3390.5	10.34	268906
31	5851.5	3437	12.28	268860
32	5858	3542.5	10.66	268754
33	5863.5	3642	10.36	268654
34	5878.5	3870.5	10.76	268425
35	5883.5	3950.5	11.15	268345

PERFIL: LINEA ALTA TENSION

PUNTO	X	Y	COTA	PROGRESIVA
36	5887.5	4022	11.57	268274
37	5891	4075.5	12.13	268220
38	5892.5	4100	12.1	268195
39	5898	4189	11.77	268106
40	5901	4227	12.22	268068
41	5906.5	4327	12.29	267968
42	5908	4345.5	9.73	267949
43	5910	4375.5	9.68	267919
44	5911	4392.5	12.01	267902
45	5913	4426	11.85	267868
46	5916	4473.5	11.36	267821
47	5920.5	4545.5	11.83	267749
48	5925	4626	12.05	267668
49	5927	4652	12.05	267642
50	5927	4652	10.45	267642
51	5929	4684	11.8	267610
52	5930	4701	11.67	267593
53	5931.5	4726	11.89	267568
54	5935.5	4786	12.17	267508
55	5938.5	4836	12.18	267458
56	5940	4861.5	11.94	267432
57	5942	4884.5	11.5	267409
58	5942.5	4902.5	11.96	267391
59	5944.5	4925.5	12.64	267368
60	5946	4953.5	12.64	267340
61	5947	4973	12.05	267321
62	5948	4991.5	12.7	267302
63	5952	5062.5	12.47	267231
64	5954	5089.5	12.35	267204
65	5957	5130	11.19	267163
66	5957	5140	11.29	267153
67	5959.5	5173	12.67	267120
68	5960.5	5191.5	10.6	267101
69	5961.5	5208.5	12.34	267085
70	5963	5232	11.38	267061

PERFIL: LINEA ALTA TENSION

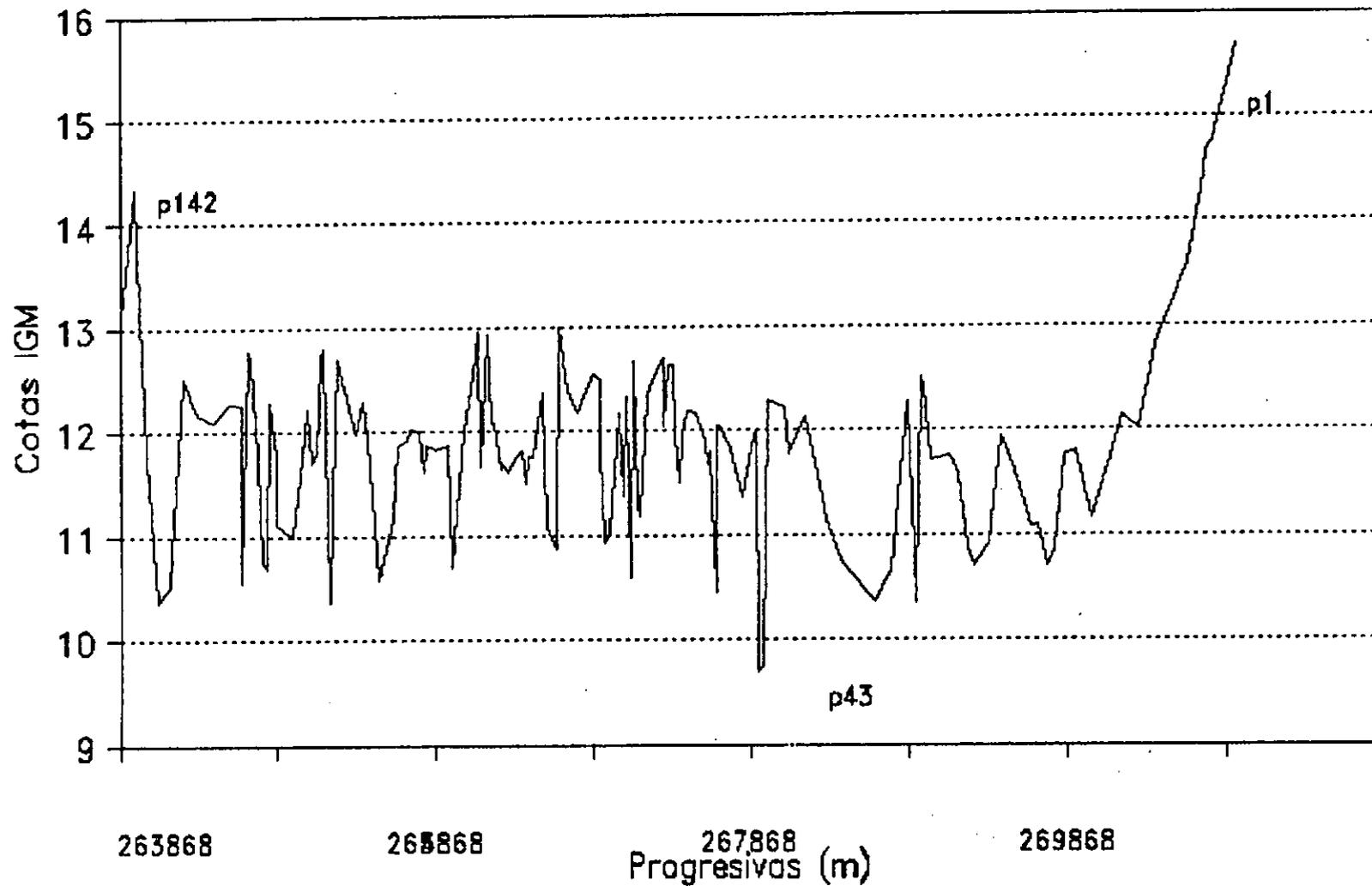
PUNTO	X	Y	COTA	PROGRESIVA
-------	---	---	------	------------

71	5965	5258	12.17	267035
72	5968.5	5319.5	11.04	266973
73	5970	5345.5	10.94	266948
74	5972	5376.5	11.84	266916
75	5973	5387.5	12.49	266905
76	5975	5424.5	12.55	266868
77	5981.5	5524.5	12.18	266768
78	5984.5	5574.5	12.38	266718
79	5989	5645	12.99	266647
80	5990	5664	10.87	266628
81	5993	5709	11.08	266583
82	5994	5740	12.36	266552
83	5998.5	5804	11.75	266488
84	6000	5836	11.75	266456
85	6002	5854	11.51	266438
86	6004	5886.5	11.82	266405
87	6005	5903.5	11.77	266388
88	6071	6966	11.62	266324
89	6010	5994	11.68	266297
90	6012	6016.5	11.65	266275
91	6014.5	6053	12.09	266238
92	6015.5	6070.5	12.09	266221
93	6017.5	6102.5	12.93	266189
94	6020	6142.5	11.66	266148
95	6021	6160	12.96	266131
96	6023	6192	12.55	266099
97	6026	6250	12.02	266041
98	6030	6309	10.71	265982
99	6032.5	6347	11.87	265944
100	6038	6422.5	11.84	265868
101	6040.5	6473.5	11.87	265817
102	6042	6499	11.61	265791
103	6043.5	6522	12	265768
104	6046.5	6579	12.02	265711
105	6048	6596.5	11.93	265694

PERFIL: LINEA ALTA TENSION

PUNTO	X	Y	COTA	PROGRESIVA
106	6052	6660	11.86	265630
107	6054	6695	11.17	265595
108	6059	6772	10.57	265518
109	6064	6851	11.94	265439
110	6066.5	6889	12.29	265401
111	6068.5	6921.5	11.97	265368
112	6071	6961.5	12.24	265328
113	6076	7047.5	12.7	265242
114	6076	7055.5	12.1	265234
115	6078.5	7085.5	10.36	265204
116	6081.5	7126.5	12.8	265163
117	6082.5	7151.5	12.71	265138
118	6084.5	7179	11.8	265110
119	6085	7200	11.7	265089
120	6087.5	7230.5	12.22	265058
121	6089.5	7261	11.76	265028
122	6093	7312.5	11	264976
123	6099	7422	11.11	264867
124	6099	7422	11.75	264867
125	6102	7464.5	12.29	264824
126	6103.5	7486.5	10.69	264802
127	6105.5	7520.5	10.75	264768
128	6107.5	7548	11.75	264740
129	6109.5	7580	12.68	264708
130	6110.5	7602.5	12.77	264686
131	6113.5	7638	10.54	264651
132	6113.5	7638	12.25	264651
133	6118.5	7725	12.27	264563
134	6125	7820	12.1	264468
135	6131	7925	12.16	264363
136	6136.5	8009.5	12.52	264278
137	6137.5	8031.5	11.75	264256
138	6141.5	8100.5	10.53	264187
139	6146.5	8179	10.36	264108
140	6150.5	8243	11.75	264044
141	6153.5	8286.5	13.16	264000
142	6155.5	8324	14.34	263963
143	6161.5	8419	13.1	263868

PERFIL TRANSVERSAL LINEA ALTA TENSION

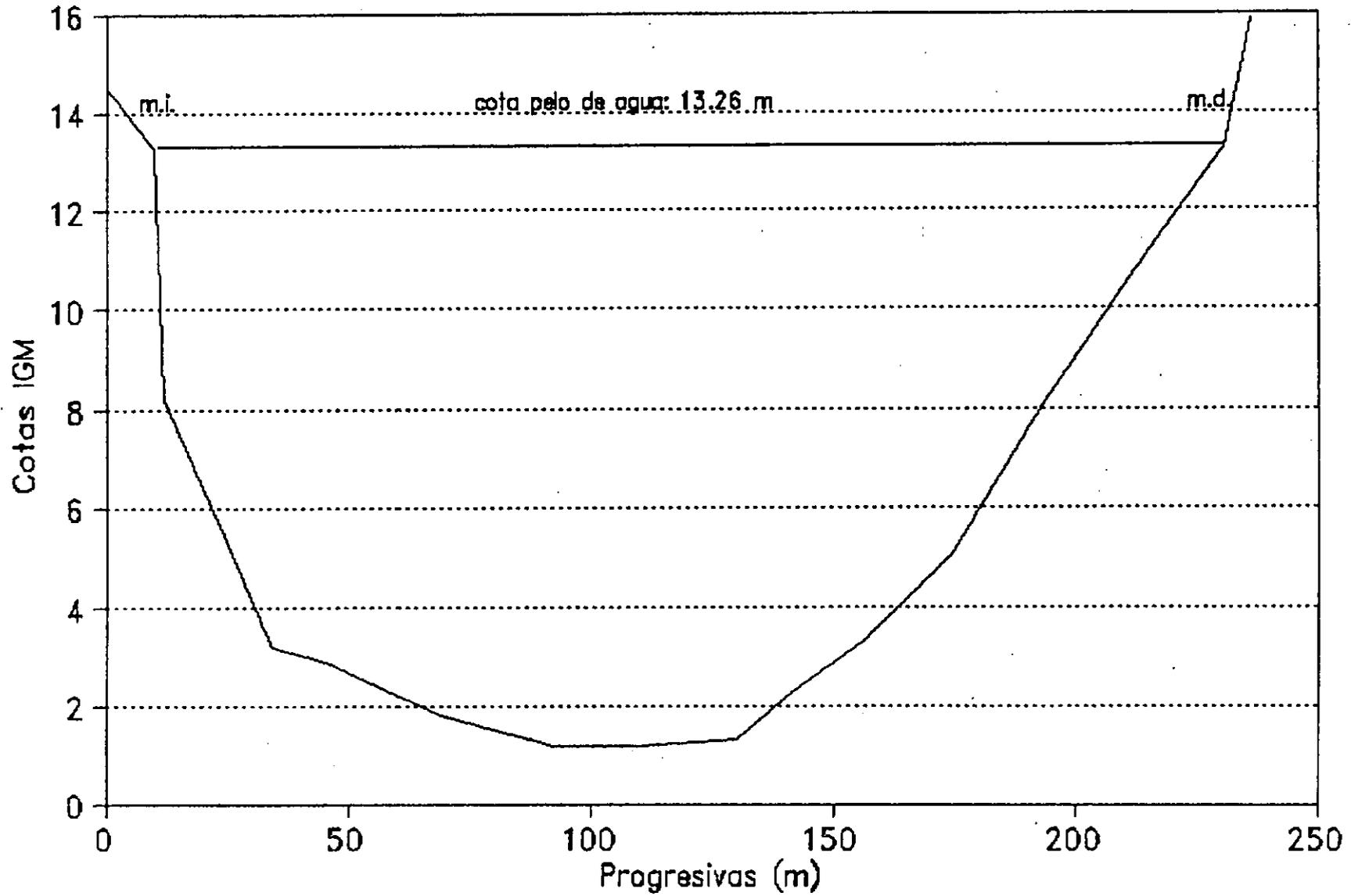


PERFIL: CANAL DE ACCESO PUERTO

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	5111.8	1390.4	14.5	Isla Clucellas
2	5115.7	1399.6	13.26	Pelo agua M. izq.
3	5116.5	1401.5	8.2	Canal Acces.Interior
4	5125.2	1421.7	3.2	
5	5119.5	1431.8	2.9	
6	5134.5	1443.8	2.3	
7	5139.2	1454.8	1.8	
8	5147.8	1475.1	1.2	
9	5154.9	1491.6	1.2	
10	5162.7	1510.1	1.3	
11	5167.4	1521.1	2.3	
12	5172.9	1534	3.3	
13	5180.3	1551.5	5.1	
14	5187.7	1568.9	8.2	
15	5194	1583.7	10.5	
16	5201.8	1602.1	13.26	Pelo agua A. Verde
17	5204.2	1607.6	15.86	Alto Verde

PERFIL: CANAL ACCESO PUERTO

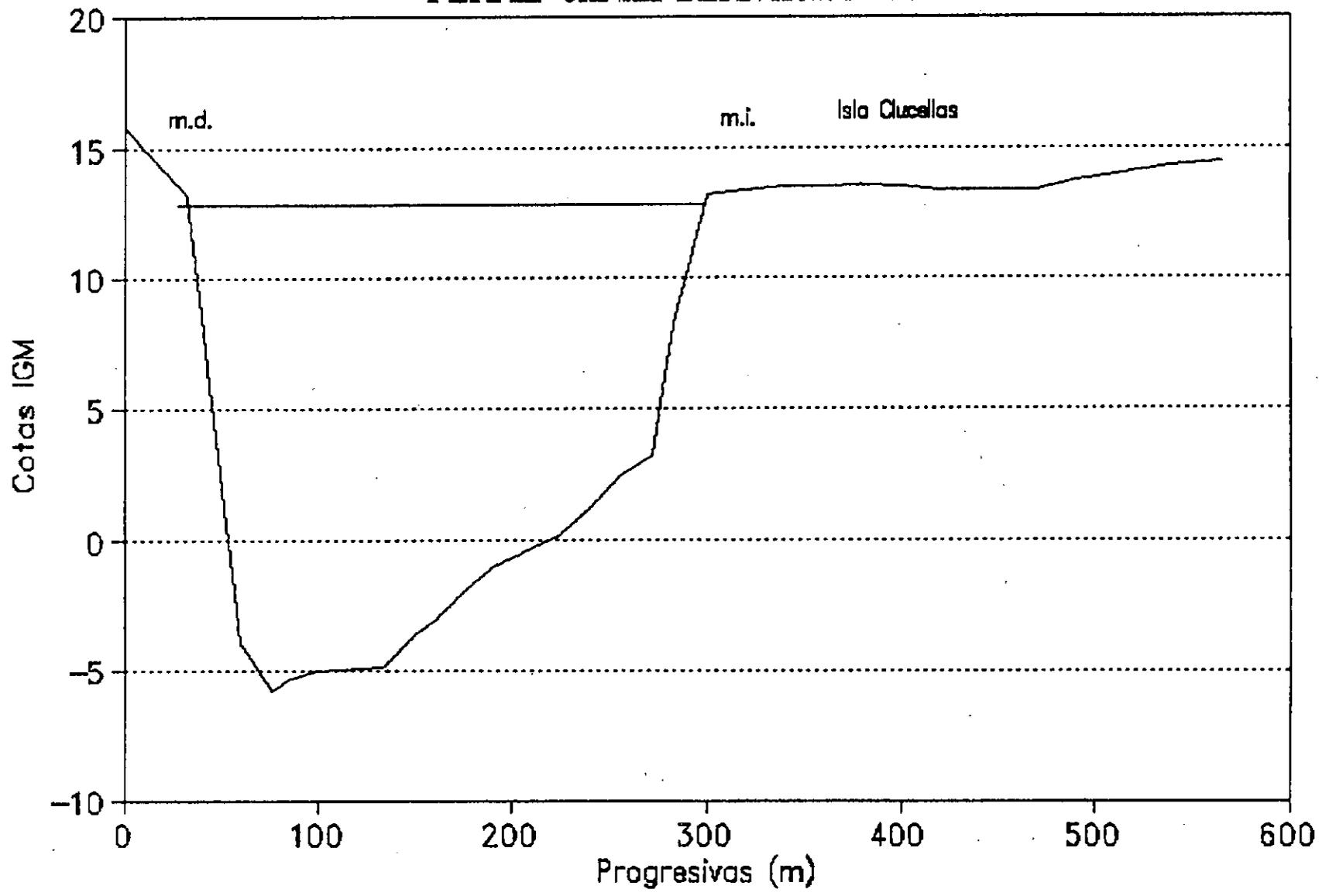


PERFIL: CANAL DERIVACION SUR

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	PROGR.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	0	5372	890	15.8	Margen derecha
2	32	54357.2	918.4	13.26	Pelo agua
3	48	5349.8	932.6	3.2	C.D.S.
4	60	5344.3	943.2	-3.9	
5	76	5336.9	957.4	-5.8	
6	86	5332.3	9666.3	-5.3	
7	100	5325.9	978.7	-5	
8	134	5310.2	1008.7	-4.8	
9	150	5302.8	1023.1	-3.5	
10	161	5297.7	1032.8	-3	
11	176	5290.8	1046.2	-1.9	
12	190	5248.3	1058.6	-1	
13	210	5275.1	1076.3	-0.3	
14	224	5268.7	1088.7	0.2	
15	240	5261.3	1102.9	1.3	
16	255	5254.4	1116.3	2.5	
17	272	5246.5	1131.3	3.2	
18	282	5241.9	1140.2	8.2	
19	300	5233.6	1156.18	13.26	Pelo agua M.I.
20	320	5224.4	1173.9	13.4	Isla Clucelias
21	340	5215.2	1191.67	13.5	
22	360	5205.9	1209.4	13.5	
23	380	5196.7	1227.2	13.6	
24	400	5187.5	1244.9	13.5	
25	420	5178.3	1262.6	13.4	
26	440	5169.1	1280.4	13.4	
27	470	5155.2	1307	13.4	
28	490	5146	1324.7	13.8	
29	510	5136.7	1342.5	14	
30	538	5123.8	1367.4	14.3	
31	564	5111.8	1390.4	14.5	

PERFIL: CANAL DERIVACION SUR



PERFIL ALTO VERDE

NOV-12-93

PROG.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
0.00	7465.00	3532.00	15.35	Camino Acceso A Verde
100.00	7422.00	3442.00	15.30	Sobre camino asfalto
200.00	7380.00	33581.00	15.29	"
300.00	7337.00	3261.00	15.32	"
400.00	7295.00	3170.00	15.32	"
500.00	7252.00	3080.00	15.29	"
600.00	7210.00	2989.00	15.34	"
700.00	7167.00	2899.00	15.32	"
800.00	7124.00	2808.00	15.40	"
897.50	7083.00	2720.00	15.38	"
997.50	7024.00	2639.00	15.25	"
1092.50	7010.00	2545.00	15.12	"
1182.50	6932.00	2482.00	15.20	"
1282.50	6854.00	2419.00	15.18	"
1382.50	6777.00	2358.00	15.15	"
1482.50	6699.00	2294.00	15.12	"
1582.50	6621.00	2231.00	15.08	"
1682.50	6543.00	2168.00	15.18	"
1782.50	6465.00	2105.00	15.21	"
1882.50	6388.00	2042.00	15.25	"
1982.50	6310.00	1979.00	15.32	"
2082.50	6232.00	1917.00	15.25	"
2182.50	6162.00	1860.00	15.15	"
2282.50	6088.00	1802.00	15.12	"
2382.50	5970.00	1805.00	15.04	"
2507.50	5850.00	1770.00	13.70	"
2607.50	5847.00	1670.00	13.95	Camino de Tierra
2648.00	5810.00	1653.00	14.60	"
2712.00	5838.00	1585.00	15.01	"
2862.00	5690.00	1572.00	15.03	"
3031.00	5522.00	1550.00	15.30	"
3268.60	5285.00	1588.00	15.40	"
3608.60	4960.00	1685.00	14.39	"
3655.00	4745.00	1785.00	14.31	"
3955.00	4638.00	1808.00	15.00	Cota Barranca
4080.00	4528.00	1885.00	15.05	"
4215.00	4429.00	1962.00	15.44	"
4280.00	4374.00	2018.00	15.11	"
4355.00	4353.00	2096.00	14.77	"
4470.00	4224.00	2117.00	15.13	"
4585.00	4128.00	2179.00	15.56	"

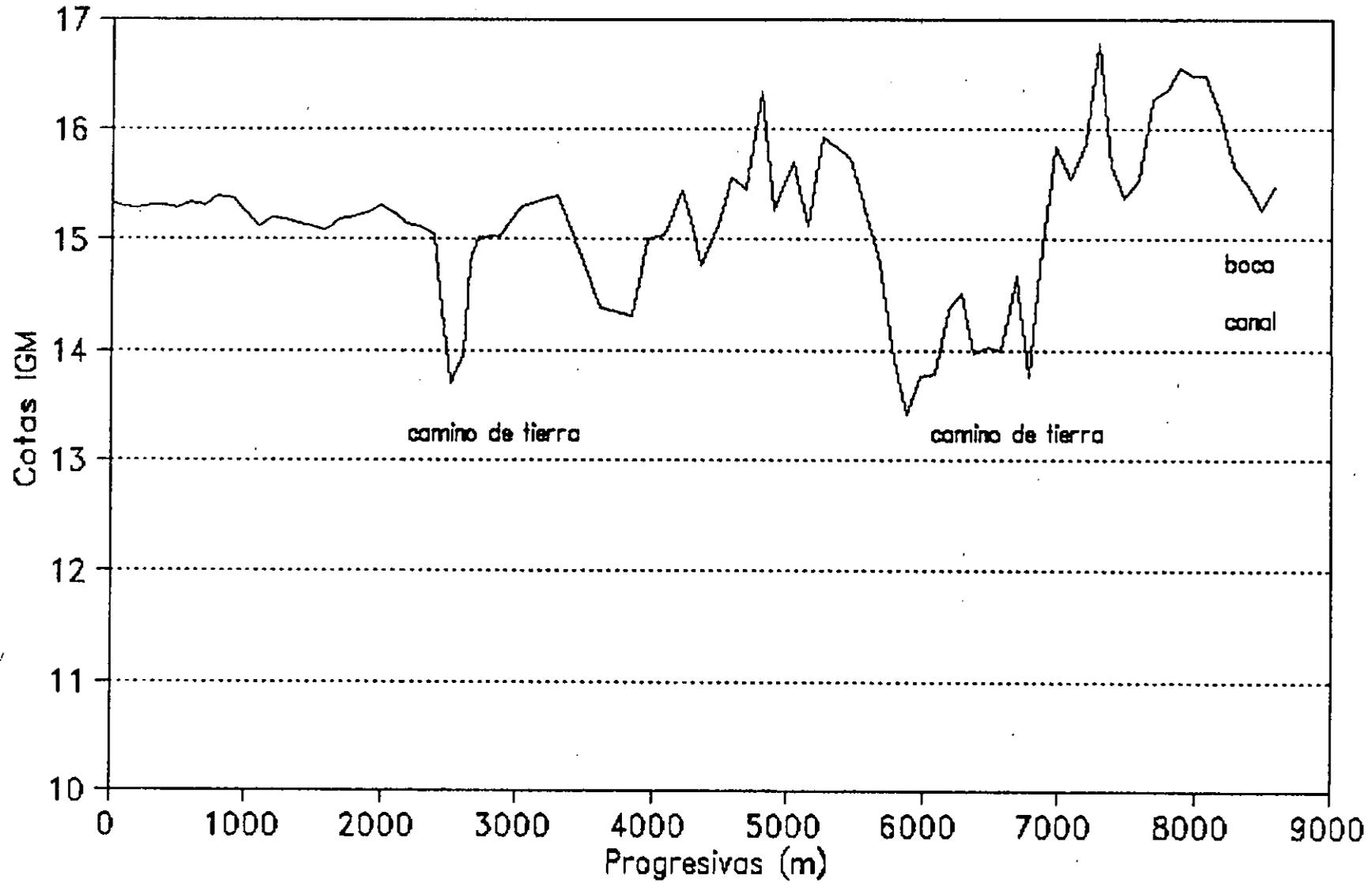
FUENTE DE INFORMACION: Direccion Provincial de Obras Hidraulicas

PERFIL ALTO VERDE

NOV-12-93

PRDG.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
4890.00	4048.00	2247.00	15.46	"
4785.00	3973.00	2307.00	16.35	"
4885.00	3894.00	2368.00	15.27	"
5035.00	3776.00	2460.00	15.70	"
5135.00	3698.00	2523.00	15.12	"
5245.00	3607.00	2585.00	15.93	"
5455.00	3442.00	2715.00	15.75	"
5678.00	3295.00	2890.00	14.80	"
5778.00	3216.00	2952.00	13.92	"
5878.00	3137.00	3013.00	13.41	"
5978.00	3059.00	3075.00	13.76	"
6078.00	2980.00	3136.00	13.78	"
6178.00	2901.00	3198.00	14.37	"
6278.00	2822.00	3259.00	14.52	Camino de Tierra
6378.00	2743.00	3321.00	13.98	"
6478.00	2664.00	3383.00	14.03	"
6578.00	2586.00	3444.00	14.00	"
6678.00	2507.00	3506.00	14.67	"
6778.00	2428.00	3567.00	13.76	"
6878.00	2349.00	3629.00	14.93	"
6978.00	2270.00	3690.00	15.85	"
7078.00	2192.00	3752.00	15.55	"
7178.00	2113.00	3814.00	15.88	"
7278.00	2034.00	3875.00	16.77	"
7378.00	1955.00	3937.00	15.67	"
7478.00	1877.00	3998.00	15.38	"
7578.00	1798.00	4060.00	15.55	"
7678.00	1719.00	4121.00	16.27	"
7778.00	1640.00	4183.00	16.35	"
7878.00	1561.00	4244.00	16.56	"
7978.00	1482.00	4306.00	16.49	"
8078.00	1404.00	4368.00	16.49	"
8178.00	1325.00	4429.00	16.11	"
8278.00	1246.00	4491.00	15.68	"
8378.00	1167.00	4552.00	15.48	"
8478.00	1088.00	4614.00	15.26	"
8577.00	1010.00	4675.00	15.48	Boca canal acceso

PERFIL CAMINO ALTO VERDE

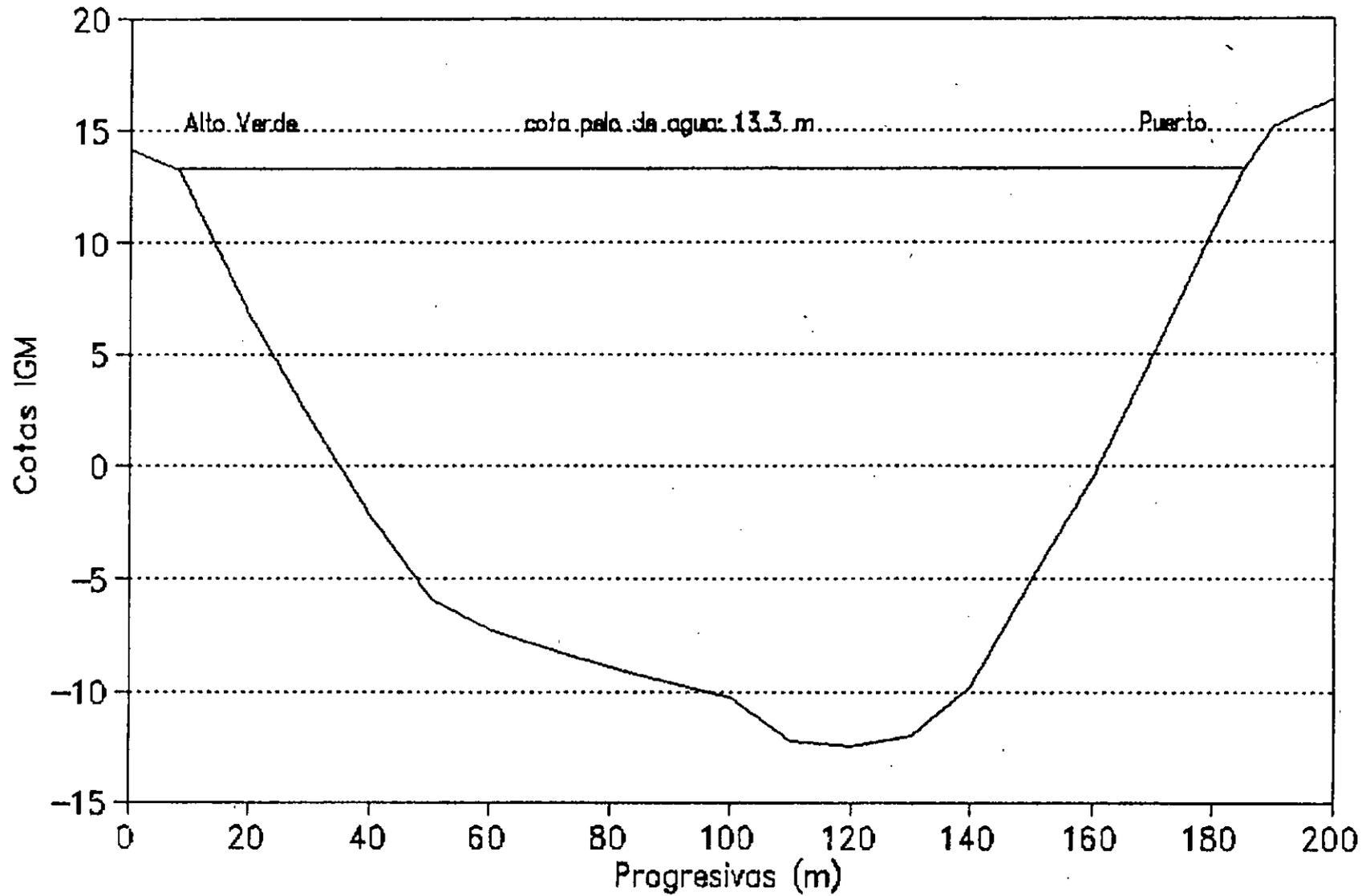


CANAL DERIVACION NORTE

NOV-12-93

PROG.	X	Y	Z	OBSERVACIONES
0.00	6730.00	2229.00	14.21	Alto Verda
8.00	6735.01	2222.77	13.30	Pelo Agua
20.00	6742.54	2213.42	6.80	
30.00	6748.80	2205.62	2.10	
40.00	6755.07	2197.83	-2.30	
50.00	6761.34	2190.04	-5.90	
60.00	6767.61	2182.25	-7.30	
70.00	6773.88	2174.46	-8.20	
80.00	6780.15	2166.67	-8.90	
90.00	6786.41	2158.88	-9.60	
100.00	6792.68	2151.08	-10.30	
110.00	6798.95	2143.29	-12.20	
120.00	6805.22	2135.50	-12.50	
130.00	6811.49	2127.71	-12.00	
140.00	6817.77	2119.92	-9.80	
150.00	6824.02	2112.13	-5.00	
160.00	6830.29	2104.33	-0.50	
170.00	6836.56	2096.54	5.10	
180.00	6842.83	2088.75	10.60	
185.00	6845.96	2084.86	13.30	Pelo Agua
190.00	6849.10	2080.96	15.20	Puerto
200.00	6855.37	2073.17	16.40	

CANAL DE DERIVACION NORTE

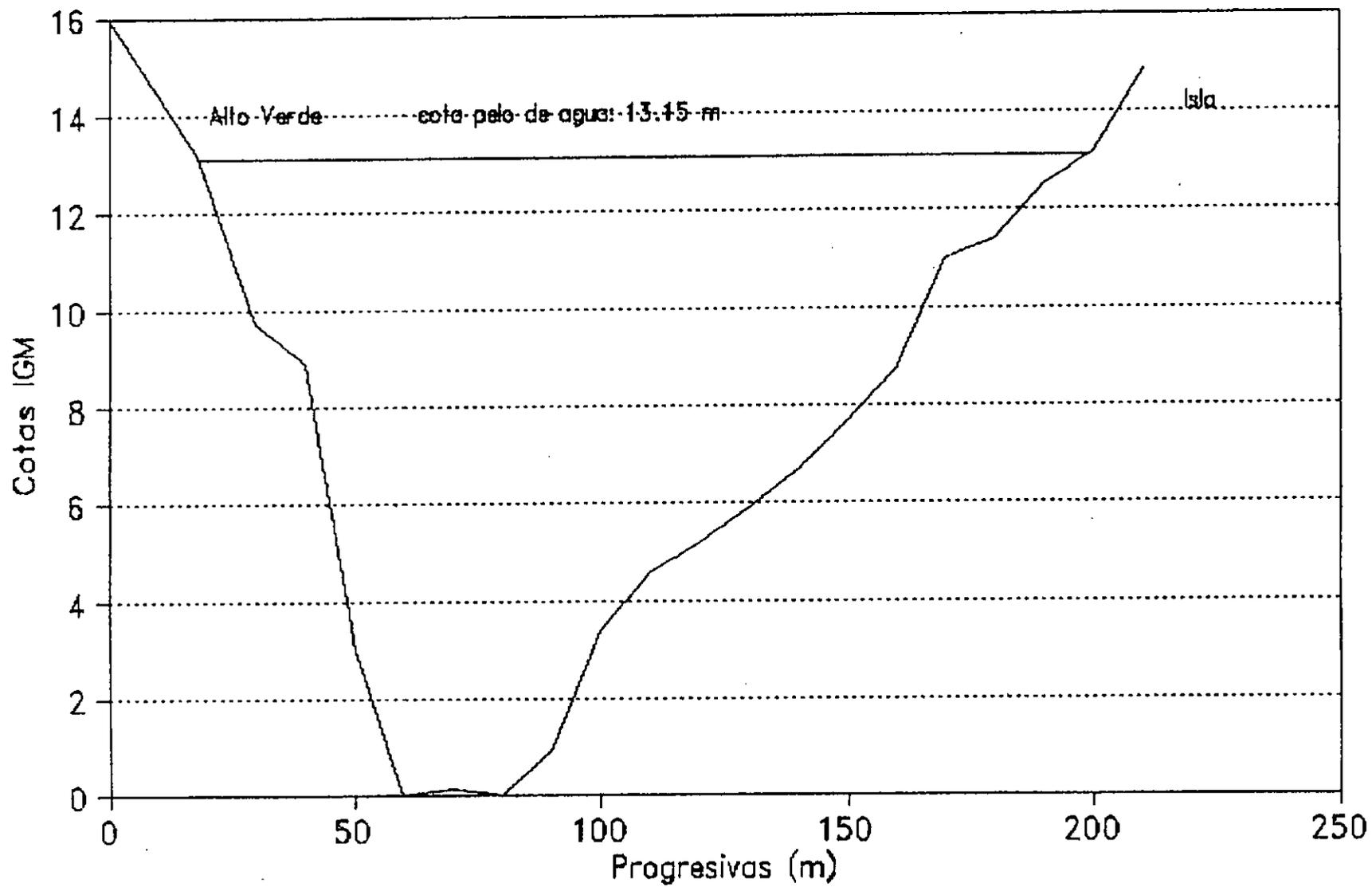


BOCA EXTERIOR

NOV-12-93

PROG	X	Y	Z	OBSERVACIONES
0.00	1140.00	4516.00	15.92	Alto Verde
18.00	1128.66	4502.00	13.15	Pelo Agua Canal Acc.
30.00	1121.09	4492.00	9.70	
40.00	1114.79	4484.00	8.90	
50.00	1108.49	4477.00	3.00	
60.00	1102.19	4469.00	0.00	
70.00	1095.88	4461.00	0.10	
80.00	1089.58	4453.00	0.00	
90.00	1083.28	4446.00	0.90	
100.00	1076.98	4438.00	3.40	
110.00	1070.67	4430.00	4.60	
120.00	1064.37	4421.00	5.20	
130.00	1058.07	4415.00	5.90	
140.00	1051.77	4407.00	6.70	
150.00	1045.47	4399.00	7.70	
160.00	1039.16	4391.00	8.70	
170.00	1032.86	4384.00	11.00	
180.00	1026.56	4376.00	11.40	
190.00	1020.26	4368.00	12.50	
200.00	1013.96	4360.00	13.15	Pelo Agua Canal Acc.
210.00	1007.65	4353.00	14.84	Isln

PERFIL BOCA EXTERIOR CANAL



RIACHO SANTA FE - PERFIL N. 1

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	6993	7001	11.9	Albardon Sur
2	6996	7001	9.3	
3	6999	7001	8.3	
4	7001	7001	8.5	
5	7008	7001	9.6	
6	7020	7001	12.7	Albardon Norte

RIACHO SANTA FE - PERFIL N.2

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	7085	6089	11.9	Albardon Sur
2	7090	6095.5	11.8	
3	7095	6101.5	8.8	
4	7097.5	6104.5	8.6	
5	7100.7	6108.5	8.6	
6	7105.5	6114	10.8	
7	7110	6120	12.4	Albardon Norte

RIACHO SANTA FE - PERFIL N.3

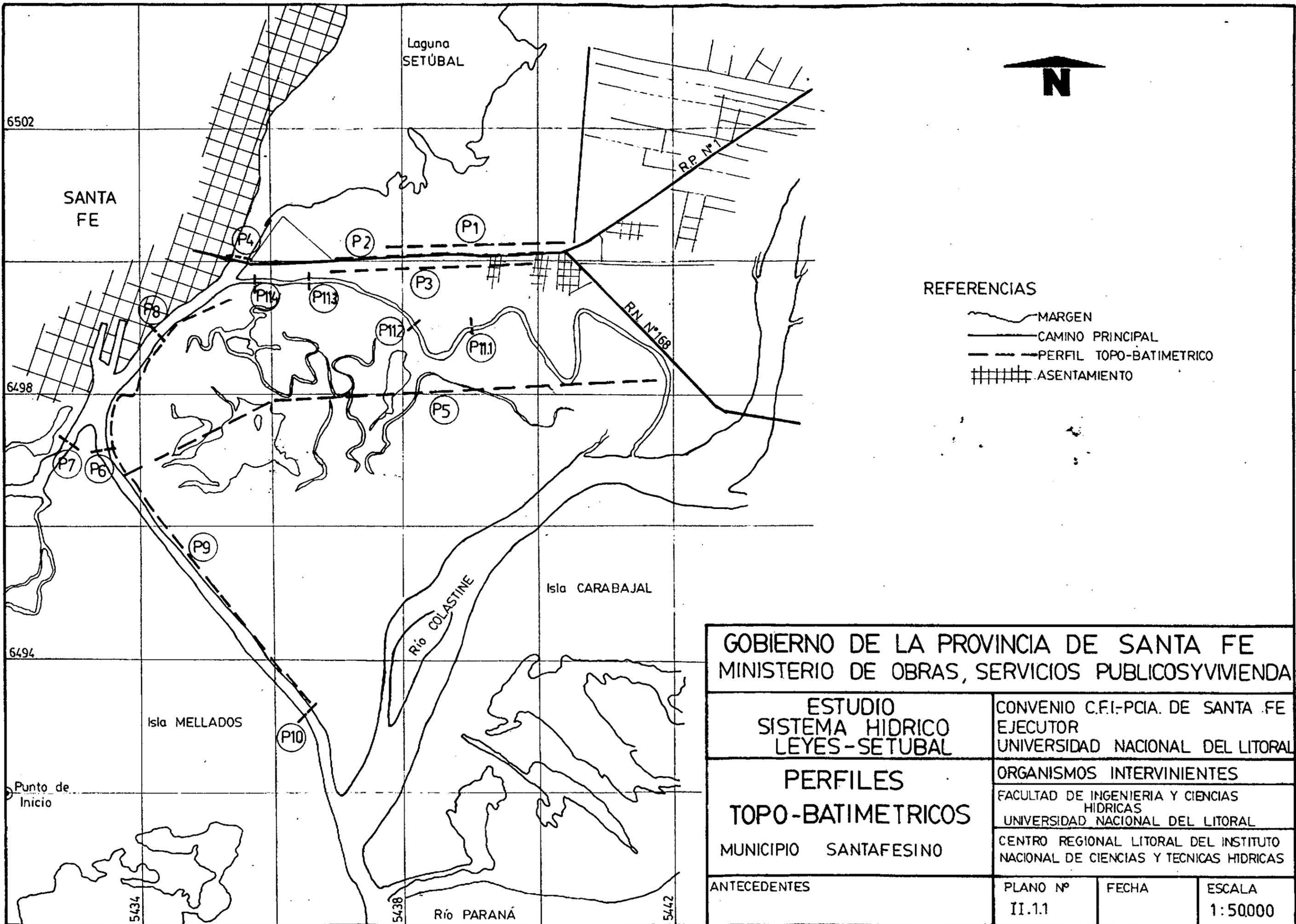
FECHA: 12-11-1993

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	7763	4605	12.3	Albardon Norte
2	7774	4605	10.8	
3	7781	4605	8.8	
4	7783.5	4605	7.8	
5	7796	4605	9.1	
6	7802.6	4605	8.3	
7	7810.6	4605	10.8	
8	7702	4605	11.8	Albardon Sur

RIACHO SANTA FE - PERFIL N.4

FECHA: 12-11-1993

PUNTO	X	Y	Z	OBSERVACIONES
1	7717	3830	11.8	Albardon Sur
2	7724	3836	11.3	
3	7729	3837.5	10.3	
4	7735	3839	7.8	
5	7737	3840	7.3	
6	7739.5	3840.5	6.8	
7	7745.5	3842	7.1	
8	7756	3845	9.1	
9	7760	3846	9.8	
10	7768.5	3850	10.1	Albardon Norte



REFERENCIAS

- MARGEN
- CAMINO PRINCIPAL
- PERFIL TOPO-BATIMETRICO
- ASENTAMIENTO

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE MINISTERIO DE OBRAS, SERVICIOS PUBLICOS Y VIVIENDA		
ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES-SETUBAL		CONVENIO C.F.I.-PCIA. DE SANTA FE EJECUTOR UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
PERFILES TOPO-BATIMETRICOS		ORGANISMOS INTERVINIENTES FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
MUNICIPIO SANTAFESINO		CENTRO REGIONAL LITORAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNICAS HIDRICAS
ANTECEDENTES	PLANO N° II.1.1	FECHA ESCALA 1:50000

II.1.2 ZONA ARROYO UBAJAY - RIO COLASTINE

Los perfiles se refieren al sistema de ejes de coordenadas del IGM, habiéndose volcado en las planillas correspondiente, las coordenadas de los dos puntos extremos de cada perfil, refiriendo luego la cota de cada punto a la progresiva del mismo, medida desde ambas márgenes.

Los perfiles se inician en puntos cercanos a la Ruta Provincial N°1, extendiéndose los N°1, 2 y 3 hasta la margen izquierda del río Colastiné y en los restantes hasta donde se extiende la zona de influencia del Arroyo Ubajay de acuerdo a la dinámica hídrica.

Los perfiles se realizaron combinando nivelación taquimétrica, con utilización de ecógrafa y sondeo con escandallo, dependiendo de la profundidad del agua y de la presencia de la vegetación la utilización de una u otra metodología.

Segun consta en el plan de trabajo se realizaron 7 perfiles, iniciándose los mismos aguas abajo de San José del Rincón y extendiéndose hacia aguas arriba hasta las proximidades del nacimiento del Arroyo Ubajay.

PERFILES TOPOGRAFICOS

RIO COLASTINE Y ARCOYO UBAJAY

NOVIEMBRE 1992

PERFIL 1 : RIO COLASTINE
 M.D. X=6.502.050 Y=5.444.300
 M.I. X=6.501.750 Y=5.444.850

PERFIL 2 : UBAJAY / COLASTINE
 M.D. X=6.503.350 Y=5.446.950
 M.I. X=6.502.250 Y=5.448.500

PERFIL 2 : CONTINUACION
 M.D. X=6.503.350 Y=5.446.950
 M.I. X=6.502.250 Y=5.448.500

NUMERO	PROG.	PROGRESIV.	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESIV.	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESIV.	COTAS
1		0	12.79	1	1997.54	0	11	52	1320.63	676.91	8.13
2		3.5	9.83	2	1995.54	2	9.58	53	1315.57	681.97	7.18
3		17.6	8.43	3	1998.79	8.75	7.98	54	1293.63	703.91	7.88
4		47.82	8.53	4	1985.42	12.12	8.23	55	1285.19	712.35	6.88
5		71.99	8.18	5	1976.98	20.56	7.48	56	1259.88	737.66	8.28
6		86.09	7.33	6	1965.17	32.37	7.38	57	1248.07	749.47	7.58
7		92.13	5.48	7	1949.98	47.56	8.23	58	1243.01	754.53	8.18
8		136.45	4.48	8	1941.55	55.99	7.28	59	1237.95	759.59	7.48
9		160.63	1.48	9	1933.11	64.43	8.63	60	1222.76	774.78	8.13
10		164.66	0.83	10	1904.43	93.11	9.13	61	1214.33	783.21	7.53
11		174.73	1.33	11	1897.68	99.86	8.68	62	1199.14	798.4	9.23
12		198.9	1.03	12	1892.61	104.93	9.08	63	1189.02	808.52	11.38
13		208.57	2.58	13	1885.87	111.67	8.68	64	1186.02	811.52	13
14		225.09	0.67	14	1847.06	150.48	9.68	65	1180.27	817.27	13.88
15		233.15	-2.92	15	1835.25	162.29	9.48	66	1175.15	822.39	14.28
16		267.39	-4.77	16	1826.81	170.73	9.88	67	1167.74	829.8	13.88
17		281.49	-4.42	17	1818.37	179.17	9.68	68	1120.12	877.42	13.83
18		287.54	-2.17	18	1789.69	207.85	10.38	69	983.73	1013.81	13.46
19		301.64	0.83	19	1782.94	214.6	9.88	70	911.11	1086.43	12.38
20		329.84	6.83	20	1767.76	229.78	10.48	71	826.13	1171.41	11.67
21		341.93	11.08	21	1761.01	236.53	10.18	72	772.18	1225.36	11.52
22		352	12.03	22	1750.88	246.66	10.08	73	716.33	1281.21	11.57
23		353	12.43	23	1742.45	255.09	10.38	74	623.9	1373.64	11.78
24		397.1	13.83	24	1737.39	260.15	10.13	75	533.31	1464.23	12.35
25		406.9	13.91	25	1728.95	268.59	10.48	76	532.31	1465.23	12.53
26				26	1717.14	280.4	10.18	77	513.82	1483.72	12.73
27				27	1707.01	290.53	10.78	78	473.15	1524.39	12.28
28				28	1700.26	297.28	10.58	79	454.56	1542.98	12.13
29				29	1681.7	315.84	10.68	80	430.63	1566.91	12.28
30				30	1674.96	322.58	10.13	81	395.51	1602.03	11.98
31				31	1668.21	329.33	10.53	82	382.56	1614.98	12.18
32				32	1647.96	349.58	10.68	83	373.32	1624.22	12.08
33				33	1639.52	358.02	10.13	84	354.83	1642.71	12.18
34				34	1631.09	366.45	10.23	85	312.31	1685.23	10.18
35				35	1624.34	373.2	9.58	86	267.95	1729.59	8.28
36				36	1600.72	396.82	10.08	87	264.25	1733.29	7.08
37				37	1593.97	403.57	9.48	88	255	1742.54	7.08
38				38	1573.72	423.82	9.78	89	245.76	1751.78	6.38
39				39	1563.6	433.94	9.53	90	240.21	1757.33	6.68
40				40	1550.1	447.44	9.63	91	230.97	1766.57	7.38
41				41	1539.97	457.57	8.88	92	158.87	1838.67	10.68
42				42	1521.41	476.13	9.48	93	123.75	1873.79	11.18
43				43	1504.54	493	9.38	94	110.81	1886.73	10.93
44				44	1489.35	508.19	8.63	95	88.62	1908.92	11.53
45				45	1480.92	516.62	8.78	96	81.23	1916.31	11.38
46				46	1458.98	538.56	8.53	97	70.93	1926.61	8.68
47				47	1438.74	558.8	7.68	98	57.19	1940.35	9.63
48				48	1399.93	597.61	7.88	99	40.56	1956.98	9.38
49				49	1391.49	606.05	7.38	100	27.61	1969.93	9.68
50				50	1366.18	631.36	8.38	101	7.28	1990.26	12.08
51				51	1351	646.54	6.88	102	4.28	1992.76	13.88

SEWAGE DISPOSAL TREATMENT

WAL COLASTINE / UBAJAY

PERFIL 2 : UBAJAY / COLASTINE
 M.D. X=6.505.100 Y=5.449.300
 M.I. X=6.503.600 Y=5.450.350

PERFIL 3 : CONTINUACION
 M.D. X=6.505.100 Y=5.449.300
 M.I. X=6.503.600 Y=5.450.350

PERFIL 4 : UBAJAY / COLASTINE
 M.D. X=6.507.300 Y=5.450.900
 M.I. X=6.506.600 Y=5.451.350

NUMERO	PROG.	PROGRESI	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESI	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESI	COTAS
1	1737.14	0	11.36	52	146.83	1586.31	11.51	1	784.94	0	13.05
2	1735.64	1.5	9.91	53	146.19	1590.95	10.01	2	783.44	1.5	12.95
3	1732.19	4.95	9.01	54	140.92	1596.22	9.41	3	743.95	40.99	11.45
4	1723.57	13.57	8.76	55	131.69	1605.45	10.51	4	736.55	48.39	11.55
5	1716.67	20.47	8.81	56	125.1	1612.04	12.71	5	660.04	124.9	9.65
6	1702.88	34.26	8.76	57	115.88	1621.26	12.81	6	615.62	169.32	11.75
7	1695.98	41.16	8.31	58	114.88	1622.26	12.92	7	612.12	172.82	12.97
8	1682.19	54.95	7.11	59	67.68	1669.46	14.04	8	569.67	215.27	12.87
9	1678.74	58.4	7.36	60	55.09	1682.05	14.97	9	472.28	312.66	13.04
10	1633.92	103.22	3.01	61	50.5	1686.64	14.17	10	471.28	313.66	13.25
11	1608.05	129.09	1.36	62	47.5	1689.64	10.97	11	436.74	348.2	12.65
12	1604.61	132.53	1.71	63	37.3	1699.84	8.77	12	414.53	370.41	12.85
13	1585.64	151.5	1.61	64	33.48	1703.66	6.37	13	397.26	387.68	12.35
14	1564.95	172.19	0.81	65	25.84	1711.3	7.37	14	328.18	456.76	12.35
15	1545.99	191.15	1.51	66	23.29	1713.85	7.07	15	318.31	466.63	12.55
16	1537.37	199.77	1.51	67	9.27	1727.87	11.57	16	291.17	493.77	12.55
17	1528.74	208.4	1.21	68	5.77	1731.37	14.17	17	268.96	515.98	11.35
18	1501.16	235.98	10.91	69	0	1737.14		18	251.69	533.25	11.35
19	1498.16	238.98	13.34					19	236.89	548.05	11.55
20	1425.56	311.58	12.77					20	231.95	552.99	11.95
21	1393.64	343.5	12.4					21	209.75	575.19	12.45
22	1319.03	418.11	12.56					22	202.15	582.79	12.6
23	1318.53	418.61	12.76					23	141.82	643.12	13.5
24	1308.76	428.38	12.21					24	87.79	697.15	14.1
25	1302.24	434.9	12.26					25	84.28	700.66	12.05
26	1289.21	447.93	12.01					26	78.73	706.21	8.45
27	1214.29	522.85	11.91					27	71.33	713.61	8.75
28	1154.02	583.12	12.11					28	63.92	721.02	7.75
29	1134.42	602.72	12.31					29	56.52	728.42	8.35
30	1132.48	604.66	12.08					30	30.6	754.34	9.95
31	1101.48	635.66	13.08					31	8.38	776.56	12.75
32	1011.9	725.24	12.12					32	4.38	780.56	14.25
33	958.41	778.73	13.39					33	0	784.94	
34	901	836.14	12.64					34			
35	854.95	882.19	12.17					35			
36	710.5	1026.64	12.52					36			
37	581.84	1155.3	12.71					37			
38	579.84	1157.3	12.76					38			
39	577.22	1159.92	11.51					39			
40	569.36	1167.78	10.51					40			
41	553.65	1183.49	9.61					41			
42	536.62	1200.52	9.71					42			
43	518.29	1218.85	10.61					43			
44	493.4	1243.74	11.51					44			
45	479	1258.14	1.71					45			
46	478.5	1258.64	11.59					46			
47	404.56	1332.58	12.1					47			
48	226.38	1510.76	11.34					48			
49	160.37	1576.77	13.18					49			
50	159.37	1577.77	13.21					50			
51	152.78	1584.36	13.21					51			

PERFILES TEMPORALES 1993

PERFIL 5 : USAJAY / COLASTINE

M.D. X=6.510.350 Y=5.452.250
M.I. X=6.509.100 Y=5.453.200

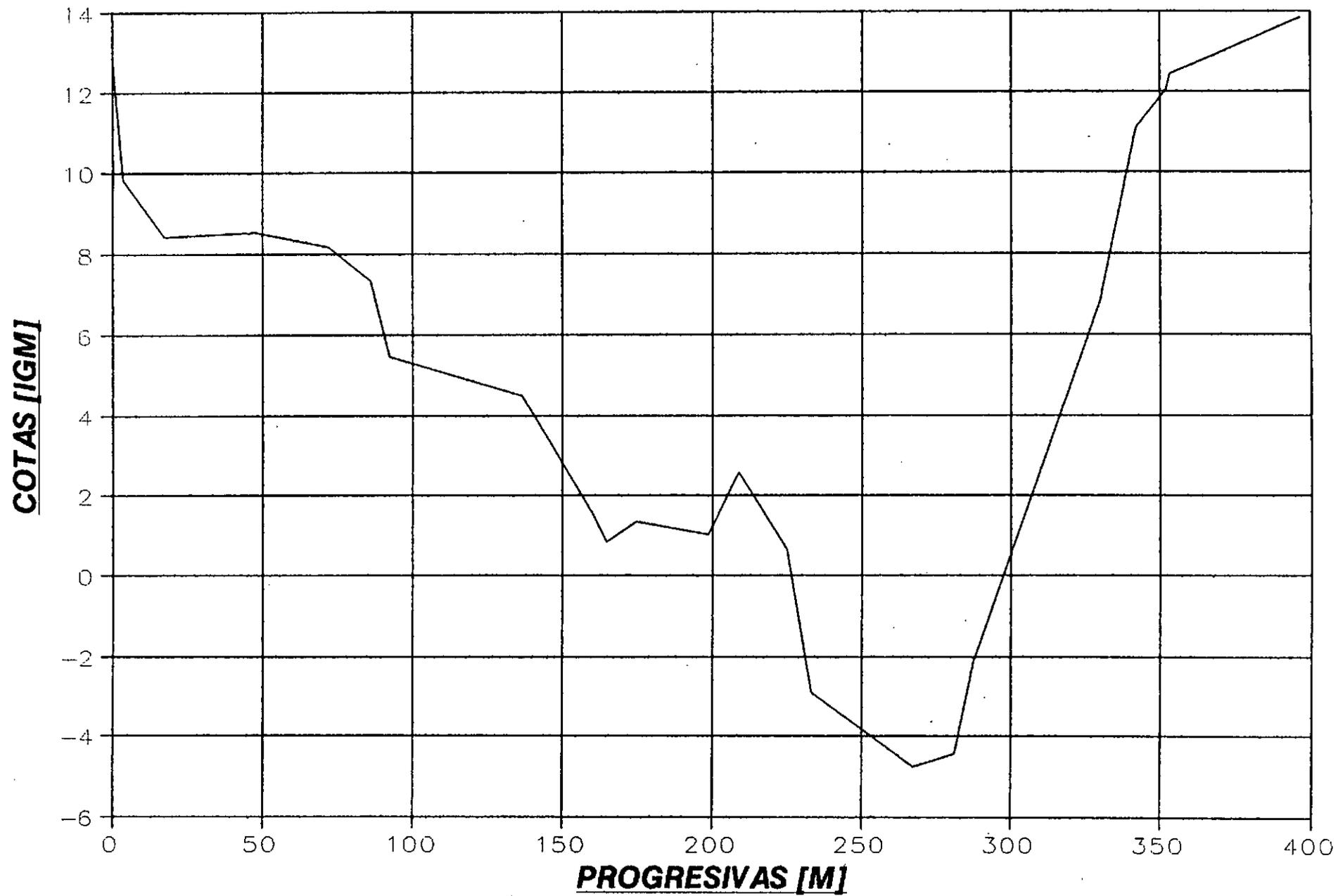
PERFIL 6 : USAJAY / COLASTINE

M.D. X=6.512.150 Y=5.454.700
M.I. X=6.509.950 Y=5.456.900

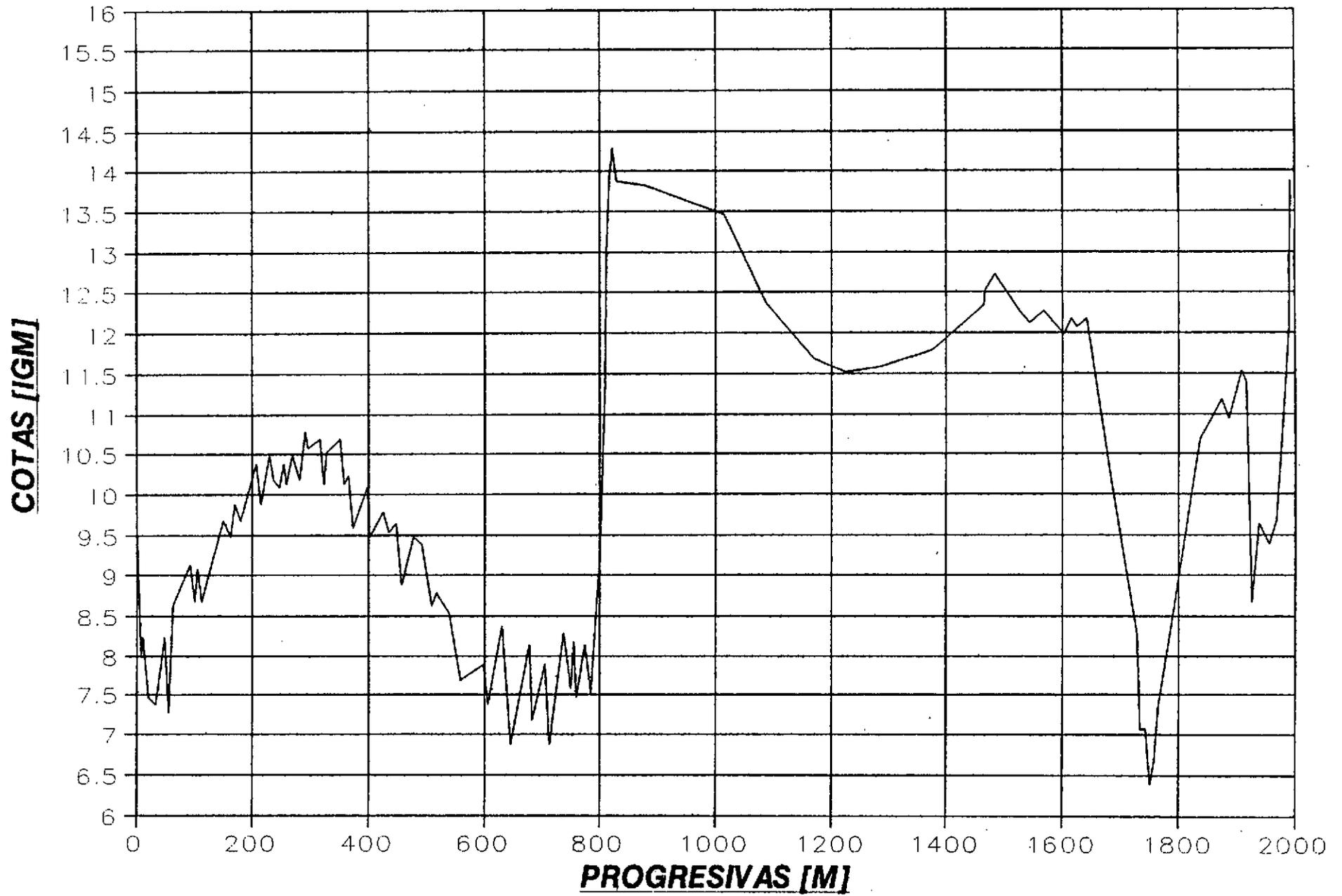
PERFIL 7 : USAJAY / COLASTINE
M.D. X=6.513.350 Y=5.455.750
M.I. X=6.512.950 Y=5.456.150

NUMERO	DDOG.	PROGRESI	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESI	COTAS	NUMERO	PROG.	PROGRESI	COTAS
1	1546.83	0	11.77	1	3097.43	0	12.7	1	633.88	0	13.95
2	1482.77	64.06	12.62	2	3069.32	28.11	11.68	2	609.51	24.37	12.95
3	1479.77	67.06	12.72	3	3042.21	55.22	11.38	3	595	38.88	10.23
4	1467.26	79.57	12.92	4	2953.13	144.3	11.18	4	581.25	52.63	9.93
5	1457.35	89.48	9.62	5	2850.49	246.94	11.08	5	570.1	63.78	10.93
6	1447.54	99.29	10.02	6	1866.71	1230.69	11.08	6	548.35	85.53	12.65
7	1437.74	109.09	9.62	7	1773.78	1323.65	11.18	7	507.16	126.72	12.03
8	1426.53	120.3	12.92	8	1673.08	1424.35	11.38	8	421.1	212.78	11.57
9	1391.5	155.33	12.92	9	1574.32	1523.11	11.58	9	394.94	238.94	11.64
10	1386.5	160.33	12.47	10	1477.49	1619.94	11.68	10	349.53	284.35	13.53
11	1339.9	206.93	12.27	11	1380.67	1716.76	11.78	11	285.5	348.38	13.05
12	1196.12	350.71	12.32	12	1266.71	1830.72	11.88	12	222.75	411.13	13.1
13	1195.12	351.71	12.42	13	1196.7	1900.73	11.98	13	136.3	497.58	13.08
14	1168.33	378.5	12.32	14	1189.2	1908.23	11.95	14	50.02	583.86	13.85
15	1159.4	387.43	11.52	15	1081.4	2016.03	12.3	15	47.02	586.86	12.93
16	1150.47	396.36	12.12	16	979.05	2118.38	12.5	16	42.73	591.15	9.43
17	1136.18	410.65	12.22	17	889.86	2207.57	12.3	17	36.29	597.59	6.53
18	1073.66	473.17	12.52	18	786.4	2311.03	11.9	18	26.63	607.25	7.43
19	1023.65	523.18	13.22	19	732.1	2365.33	12.45	19	19.12	614.76	10.43
20	996.86	549.97	12.22	20	666.62	2430.81	12.4	20	14.83	619.05	11.43
21	989.72	557.11	11.02	21	569.07	2528.36	11.85	21	10.63	623.25	13.65
22	961.14	585.69	11.42	22	529.32	2568.11	12.25	22	2.1	631.78	14.43
23	952.21	594.62	12.12	23	476.07	2621.36	12.3	23	0	633.88	
24	943.28	603.55	12.22	24	475.07	2622.36	12.18	24			
25	930.77	616.06	11.82	25	460.09	2637.34	11.58	25			
26	907.56	639.27	13.02	26	453.43	2644	11.68	26			
27	898.63	648.2	9.42	27	448.43	2649	12.38	27			
28	880.76	666.07	9.02	28	428.46	2668.97	12.08	28			
29	877.19	669.64	9.22	29	396.84	2700.59	12.08	29			
30	864.69	682.14	12.42	30	335.25	2762.18	11.58	30			
31	859.19	687.64	13.56	31	318.61	2778.82	11.78	31			
32	702.5	844.33	12.12	32	303.63	2793.8	11.58	32			
33	655.35	891.48	12.32	33	238.71	2858.72	12.08	33			
34	583.3	963.53	12.42	34	200.43	2897	12.18	34			
35	522.93	1023.9	12.17	35	193.93	2903.5	12.3	35			
36	464.23	1082.6	11.92	36	145.5	2951.93	12.55	36			
37	459.73	1087.1	11.92	37	50.15	3047.28	13.82	37			
38	437.62	1109.21	11.72	38	46.95	3050.48	12.15	38			
39	216.57	1330.26	11.02	39	45.85	3051.58	10.88	39			
40	142.88	1403.95	12.12	40	42.31	3055.12	8.48	40			
41	139.88	1406.95	12.4	41	35.23	3062.2	8.18	41			
42	60.63	1486.2	12.07	42	30.51	3066.92	7.78	42			
43	9.35	1537.48	14.42	43	18.72	3078.71	13.28	43			
44	0	1546.83		44	8.1	3089.33	13.58	44			
45				45	0	3097.43	14.4	45			
46				46				46			
47				47				47			
48				48				48			
49				49				49			
50				50				50			
51				51				51			

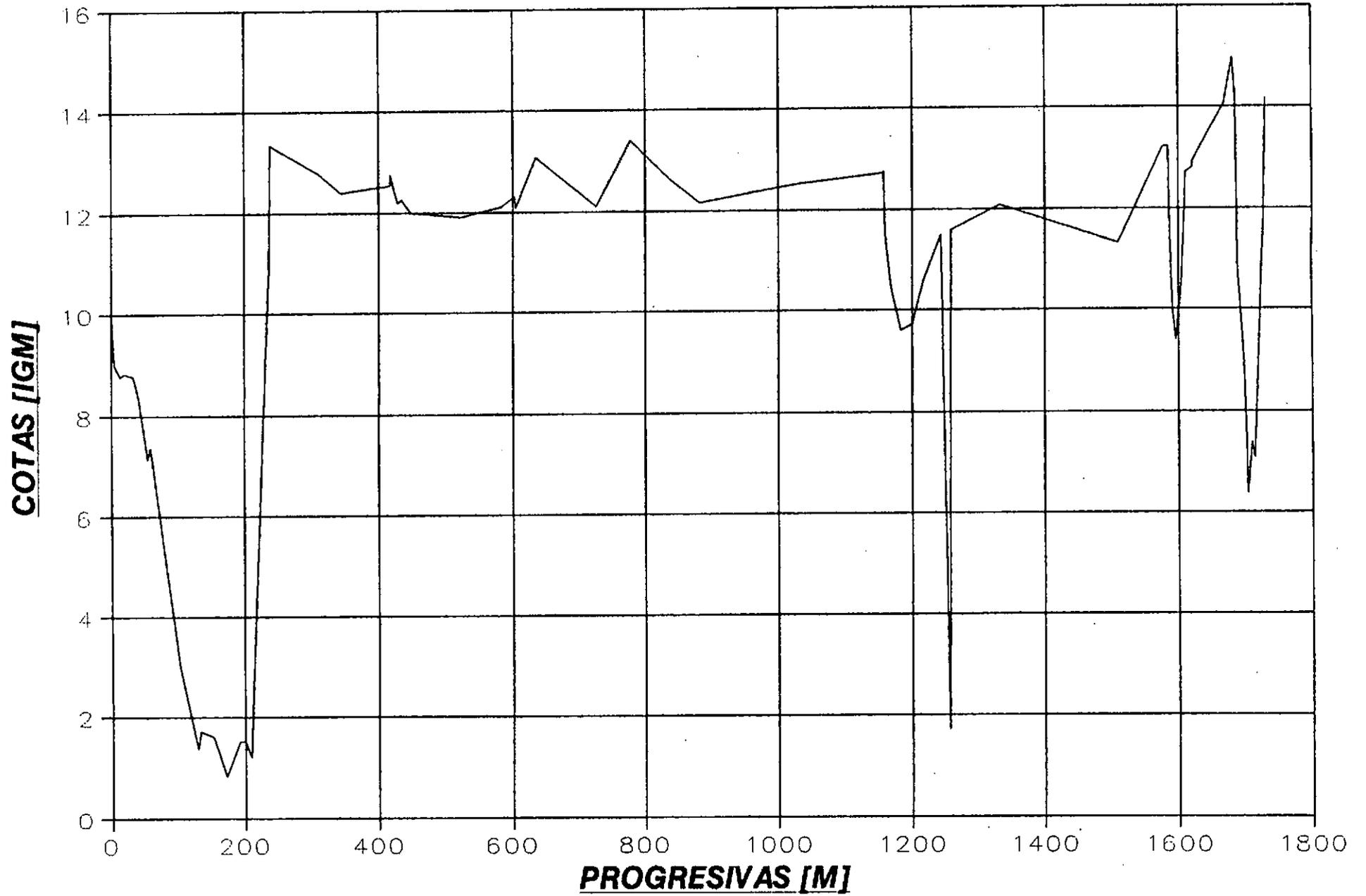
RIO COLASTINE
PERFIL 1 (3 KM AGUAS ABAJO S.J. RINCON)



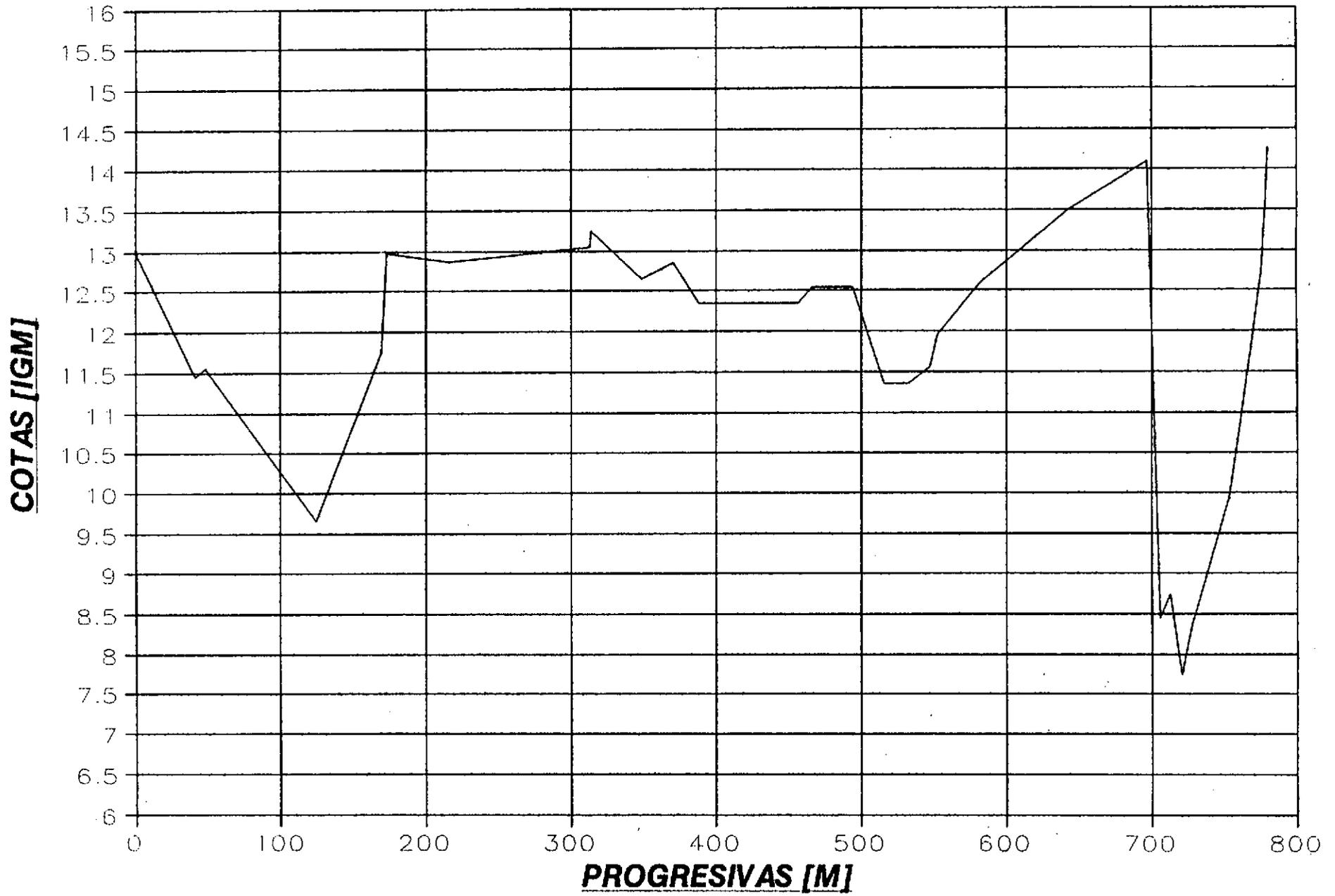
A° UBAJAY - RIO COLASTINE PERFIL 2 (SAN JOSE DEL RINCON)



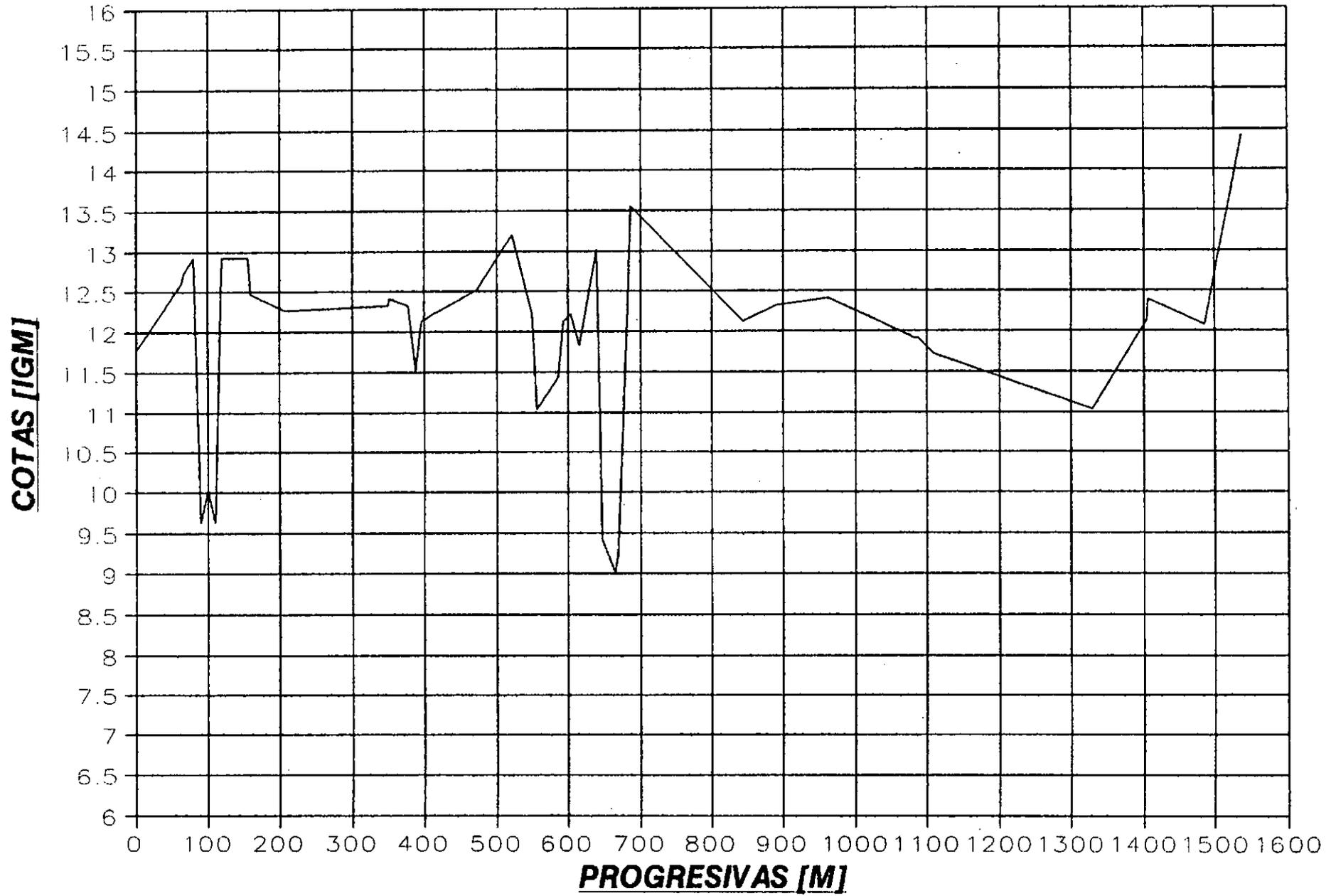
A° UBAJAY - RIO COLASTINE
PERFIL 3 (COUNTRY UBAJAY)



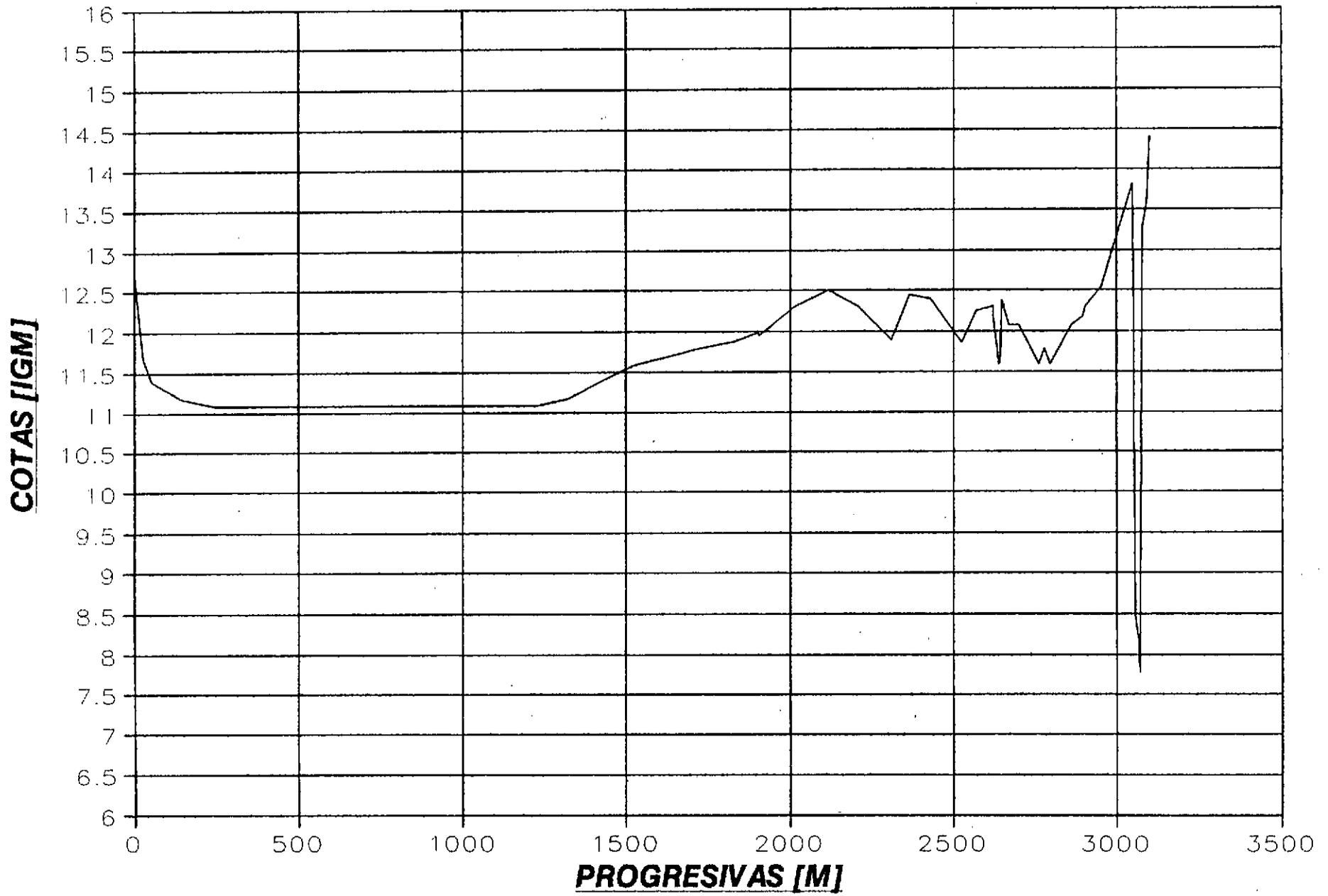
A° UBAJAY - RIO COLASTINE
PERFIL 4



A° UBAJAY - RIO COLASTINE
PERFIL 5

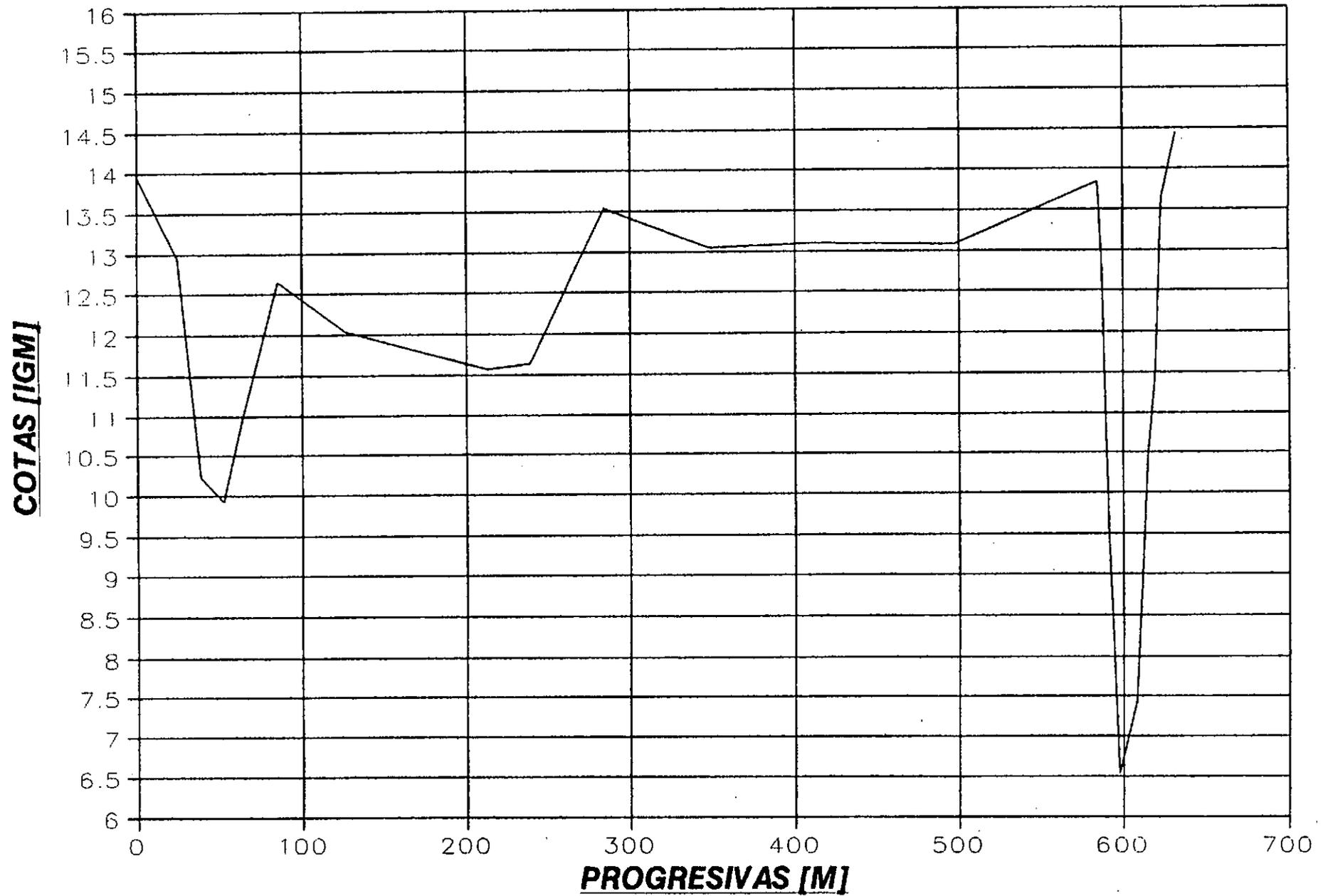


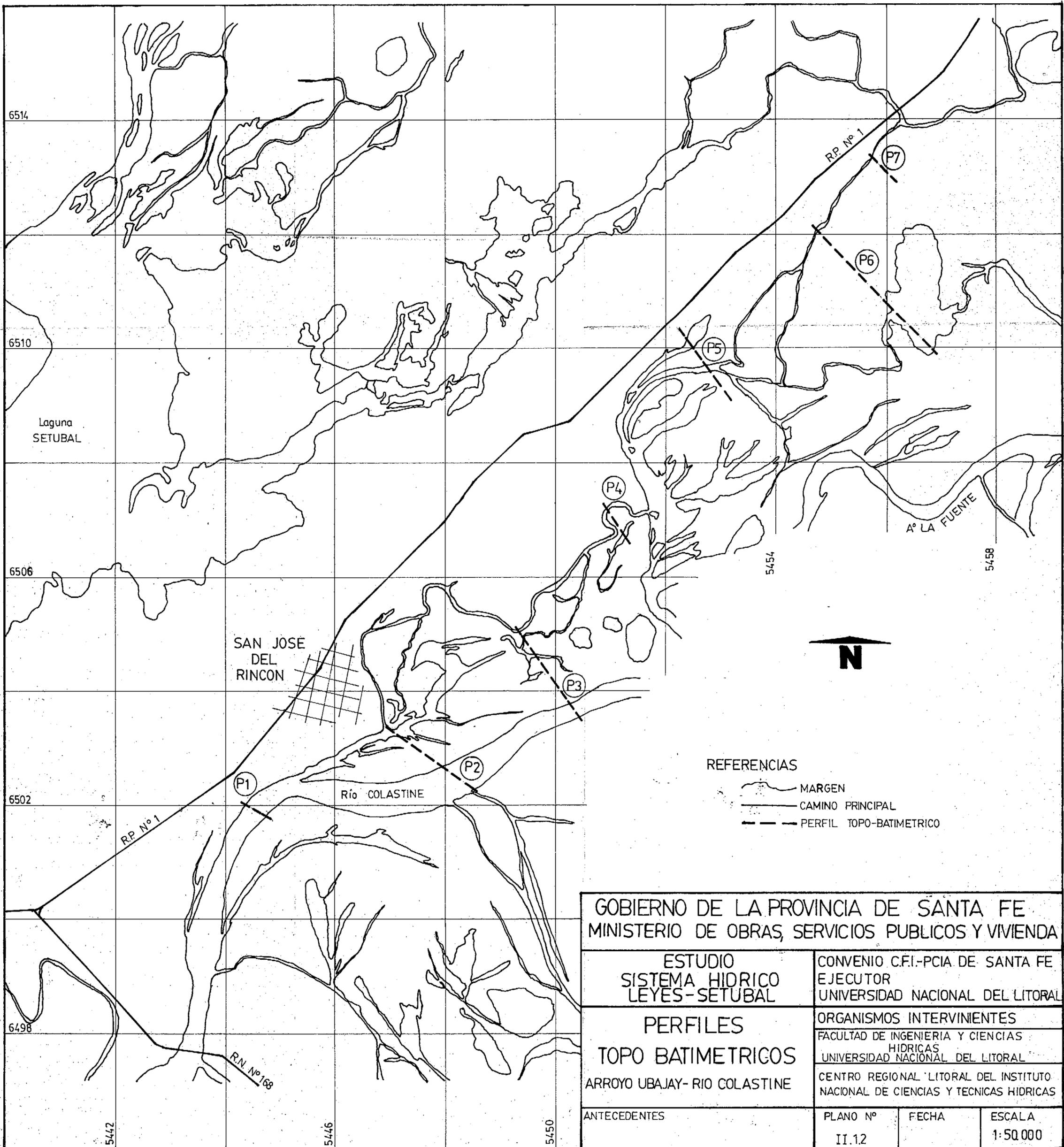
A° UBAJAY - RIO COLASTINE
PERFIL 6



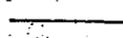
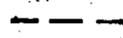
A° UBAJAY - RIO COLASTINE

PERFIL 7





REFERENCIAS

-  MARGEN
-  CAMINO PRINCIPAL
-  PERFIL TOPO-BATIMETRICO

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE
 MINISTERIO DE OBRAS, SERVICIOS PUBLICOS Y VIVIENDA

ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES-SETUBAL	CONVENIO C.F.I.-PCIA DE SANTA FE EJECUTOR UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL		
	ORGANISMOS INTERVINIENTES FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL		
PERFILES TOPO BATIMETRICOS ARROYO UBAJAY- RIO COLASTINE	CENTRO REGIONAL LITORAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNICAS HIDRICAS		

ANTECEDENTES	PLANO Nº	FECHA	ESCALA
	II.12		1:50 000

II.1.3 RIO CORONDA

A efectos de complementar la información disponible en el río Coronda, proveniente del Modelo Hidrodinámico "Paraná Medio", se relevaron dos perfiles transversales ubicados: uno en las proximidades del regimiento Ings. Anfibios 601 en Santo Tomé (Perfil "Pontoneros") y el otro, a la altura de la calle España del Barrio Altos del Sauce, Distrito de Sauce Viejo (Perfil "Altos del Sauce").

Estos perfiles comprendieron una batimetría, con ecograficadora, del cauce principal del río, complementada con relevamientos de puntos significativos del valle de inundación a efectos de su utilización en el Modelo Matemático Hidrodinámico en Ramas.

En el caso del Perfil "Altos del Sauce" se incluye, en la planilla y el gráfico, el perfil de transporte de cotas desde la Ruta Nacional N°11.

La información se presenta en progresivas sobre el perfil y cota IGM, referenciándose los extremos del perfil con coordenadas Gauss-Kruger (IGM).

PERFILES TOPOBATIMETRICOS RIO CORONDA

PERFIL 1: REG. PONTONEROS

M.D. X=6.493.790 Y=6.428.950

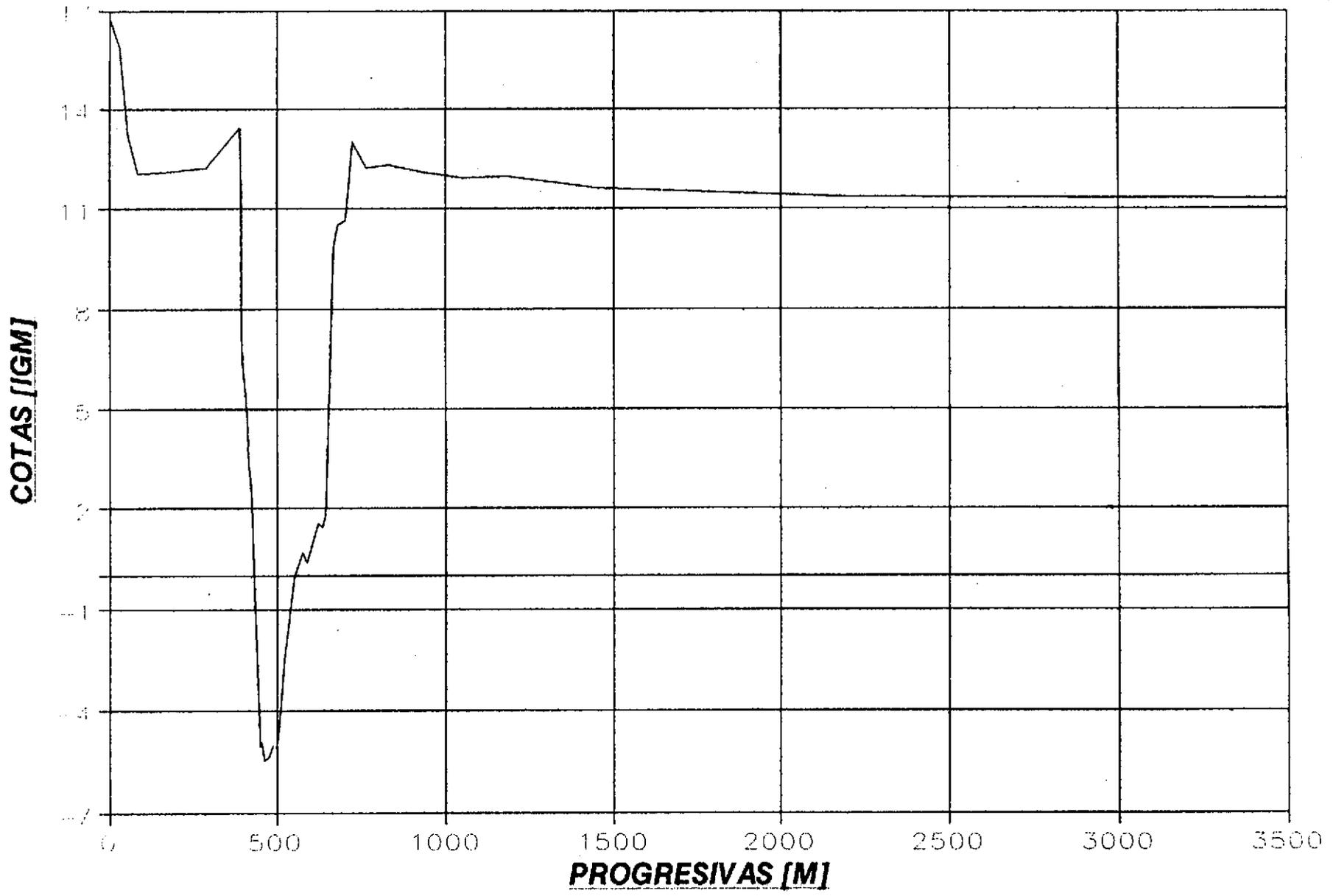
M.I. X=6.493.710 Y=6.430.200

Diciembre 1993

NUMERO	PROGRESIVA	COTAS	NUMERO	PROGRESIVA	COTAS
1	0.00	16.76	24	498.00	-4.96
2	31.00	15.87	25	508.00	-4.16
3	57.00	13.17	26	518.00	-2.46
4	85.00	12.02	27	533.00	-1.46
5	163.00	12.09	28	551.00	-0.06
6	290.00	12.22	29	576.00	0.69
7	390.00	13.43	30	589.00	0.39
8	393.00	11.54	31	621.00	1.54
9	396.00	7.29	32	634.00	1.44
10	398.00	6.14	33	641.00	1.79
11	408.00	5.29	34	669.00	9.89
12	410.00	4.79	35	682.00	10.54
13	415.00	3.29	36	702.00	10.64
14	420.00	3.04	37	708.00	11.54
15	422.00	2.44	38	724.00	13.01
16	423.00	2.54	39	766.00	12.22
17	430.00	-0.16	40	830.00	12.28
18	448.00	-5.06	41	934.00	12.07
19	453.00	-4.96	42	1052.00	11.91
20	463.00	-5.46	43	1187.00	11.96
21	473.00	-5.36	44	1450.00	11.60
22	488.00	-5.01	45	2200.00	11.35
23	493.00	-5.11	46	3500.00	11.30

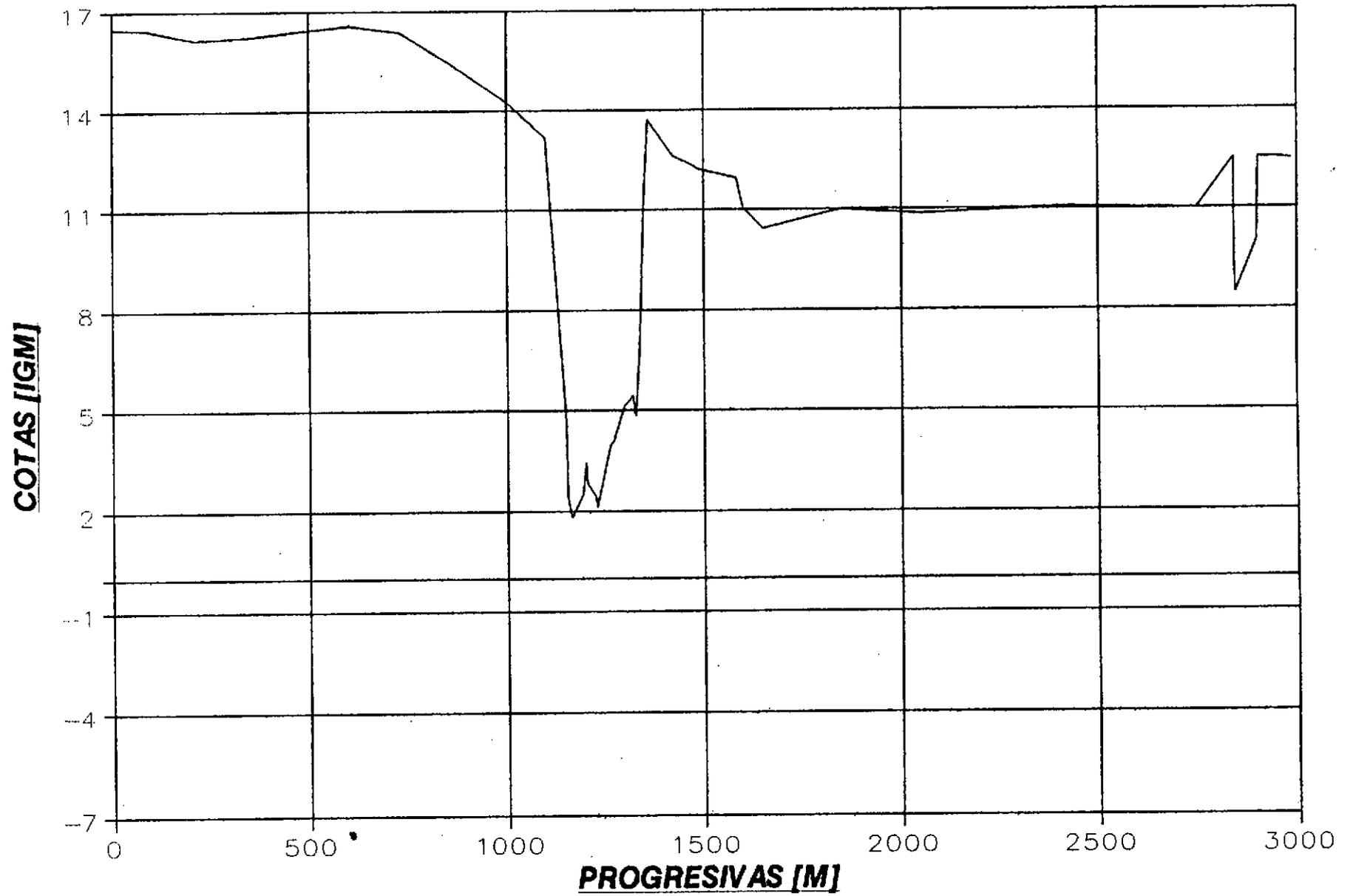
RIO CORONDA-PONTONEROS

PERFIL 1



RIO CORONDA-A DEL SAUCE

PERFIL 2



PERFILES TOPOBATIMETRICOS RIO CORONDA

PERFIL 2: ALTOS DEL SAUCE

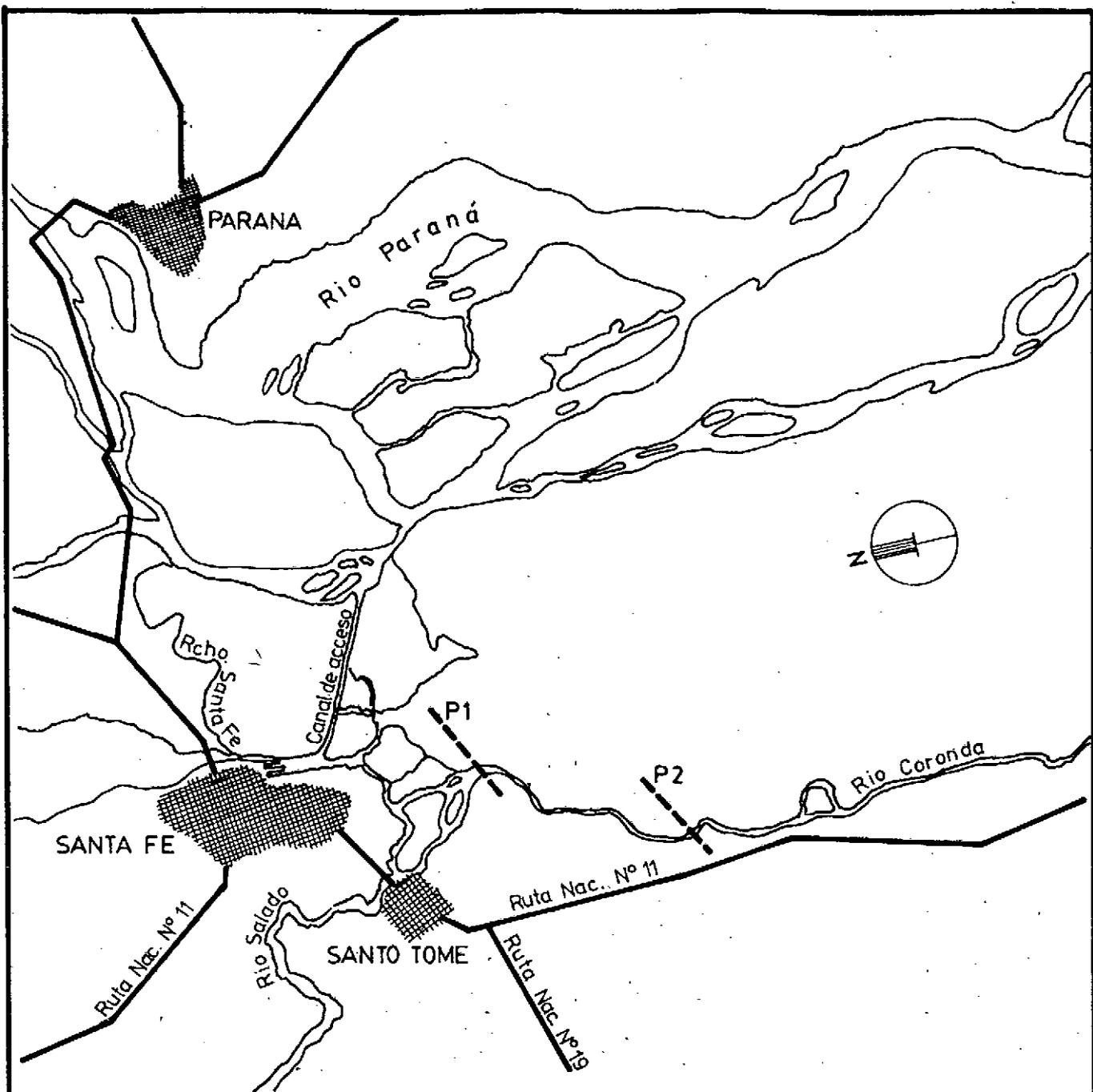
P. FIJO X=6.489.610 Y=6.422150

M.D. X=6.489.390 Y=6.423.890

M.I. X=6.489.680 Y=6.425.550

Diciembre 1993

NUMERO	PROGRESIVA	COTAS	NUMERO	PROGRESIVA	COTAS
1	0.00	16.47	25	1320.00	5.42
2	90.00	16.40	26	1327.00	4.82
3	210.00	16.11	27	1339.00	6.92
4	340.00	16.20	28	1348.00	11.02
5	470.00	16.38	29	1351.00	11.94
6	600.00	16.55	30	1359.00	13.70
7	730.00	16.33	31	1423.00	12.59
8	860.00	15.37	32	1458.00	12.42
9	1000.00	14.27	33	1489.00	12.21
10	1100.00	13.17	34	1581.00	11.94
11	1106.00	11.94	35	1602.00	11.05
12	1112.00	10.72	36	1650.00	10.45
13	1117.00	10.22	37	1850.00	11.00
14	1150.00	4.62	38	2050.00	10.85
15	1152.00	2.42	39	2400.00	11.05
16	1164.00	1.82	40	2750.00	11.02
17	1195.00	2.52	41	2841.00	12.53
18	1199.00	3.42	42	2841.00	9.53
19	1204.00	2.80	43	2845.00	8.50
20	1225.00	2.42	44	2903.00	10.05
21	1230.00	2.12	45	2905.00	12.53
22	1261.00	3.92	46	2950.00	12.50
23	1270.00	4.02	47	2989.00	12.47
24	1299.00	5.12			



ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES - SETUBAL

FACULTAD DE ING. Y CIENCIAS HIDRICAS

UBICACION DE PERFILES EN RIO CORONDA

PLANO N° II.1.3

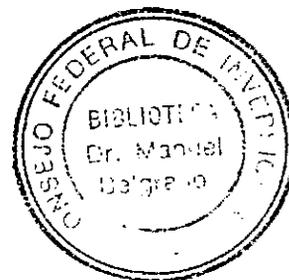
II.1.4 ARROYOS LEYES Y POTRERO

Tareas de campo. Resultados obtenidos.

Las mediciones realizadas se orientaron a obtener relevamientos con mayor densidad en un tramo de 1100 mts., a partir de 400 mts. aguas abajo del Puente de la Ruta Provincial N° 1, en el A° Leyes y de 900 mts. en el A° Potreros, 300 mts. aguas arriba y 600 mts. aguas abajo del Puente de la ruta antes mencionada.

Para llevar a cabo esta tarea, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) utilizó el siguiente equipamiento:

- * Equipo posicionador satelital (GPS)
- * Computadora Notebook Epson NB3s
- * Software de procesamiento de información satelital
- * Impresora Epson LX-810
- * Equipo generador de energía
- * Estabilizador de tensión
- * Sonda ecógrafa Raytheon
- * Embarcación Tipo Crucero LC 580 con cabina para alojar el instrumental y equipamiento.



La comisión de trabajo estuvo integrada por 4 (cuatro) profesionales pertenecientes a la FICH y el timonel a cargo de la embarcación.

El relevamiento del lecho se efectuó con la sonda ecógrafa en forma continua, mientras que simultáneamente el posicionador satelital (GPS) determinaba la ubicación de la embarcación.

El desplazamiento de la embarcación se hizo a baja y constante velocidad y continuamente, en sentido transversal al curso cambiando de dirección al llegar a las márgenes. Este sistema de "cosido" en el relevamiento permitió cubrir la totalidad del área en estudio y obtener una densidad suficiente para representar la morfología en detalles.

En las Fig. N°2 a N°14 se observan los perfiles transversales obtenidos en el A° Leyes y las Fig. N° 16 a N° 31 en el A° Potreros en los tramos en estudio.

Cada segundo el GPS determinaba, mediante señales satelitales, la posición de la embarcación, proporcionando una abundante información la que se almacenó en soporte magnético.

Simultáneamente, mientras se producía el almacenamiento de la información de posicionamiento, la sonda ecógafa registraba la profundidad. La vinculación entre ambos registros se realizó efectuando una marca en la faja registradora de la ecógrafa, en coincidencia con un "top" o señal emitida por el operador del GPS, y colocando la hora de producida la misma.

En la pantalla de la computadora, y en un sistema de ejes coordenadas que determinan longitud y latitud, se observó a modo de control el recorrido efectuado.

Las Fig. N° 1 y N° 15 grafican en planta las trayectorias de la embarcación durante el relevamiento en el A° Leyes y en el A° Potreros, respectivamente.

ARROYO LEYES

RELEVAMIENTO CON GPS

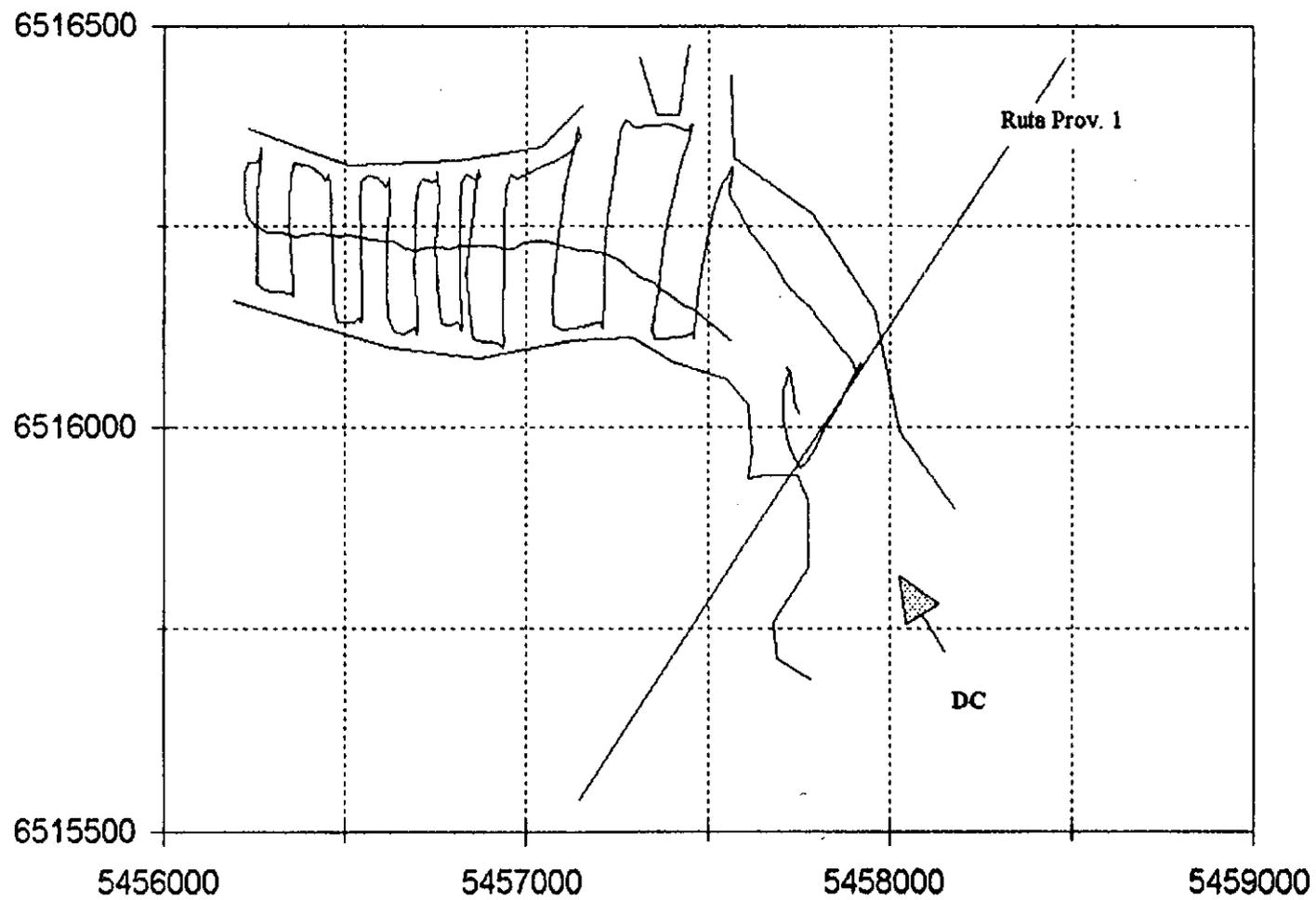


Fig. 1

ARROYO LEYES PROG. 400

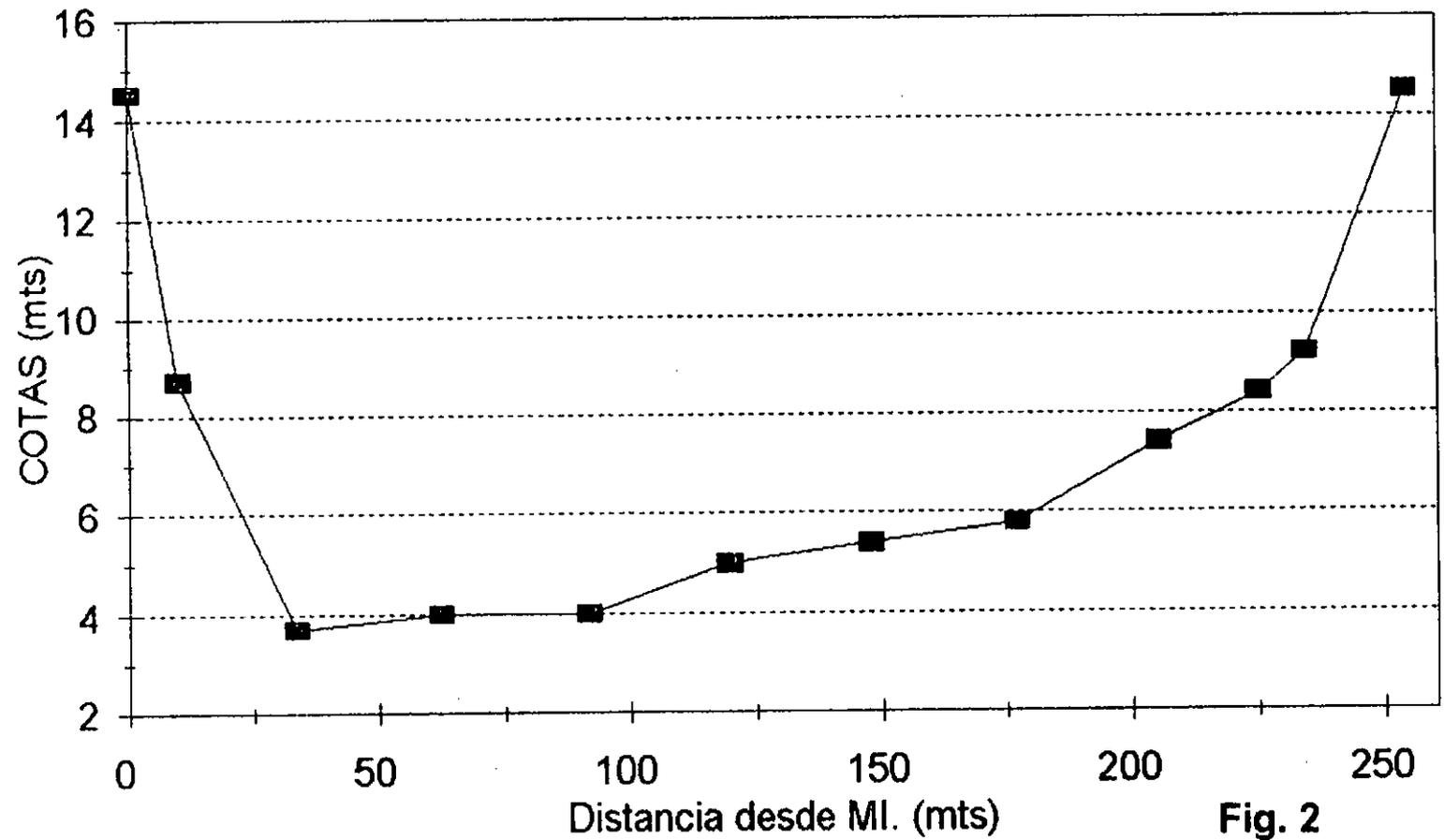


Fig. 2

ARROYO LEYES PROG. 500

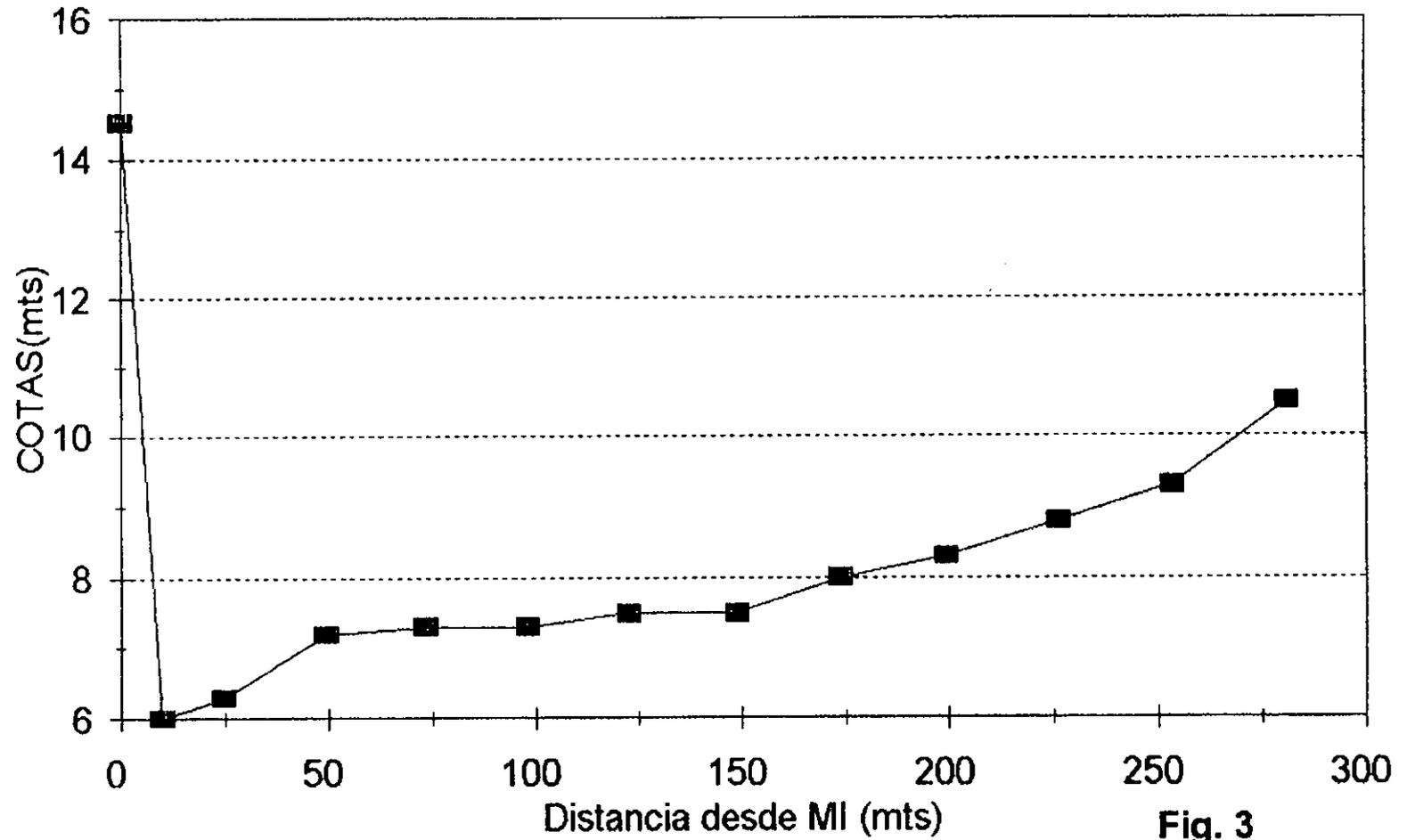


Fig. 3

ARROYO LEYES PROG. 700

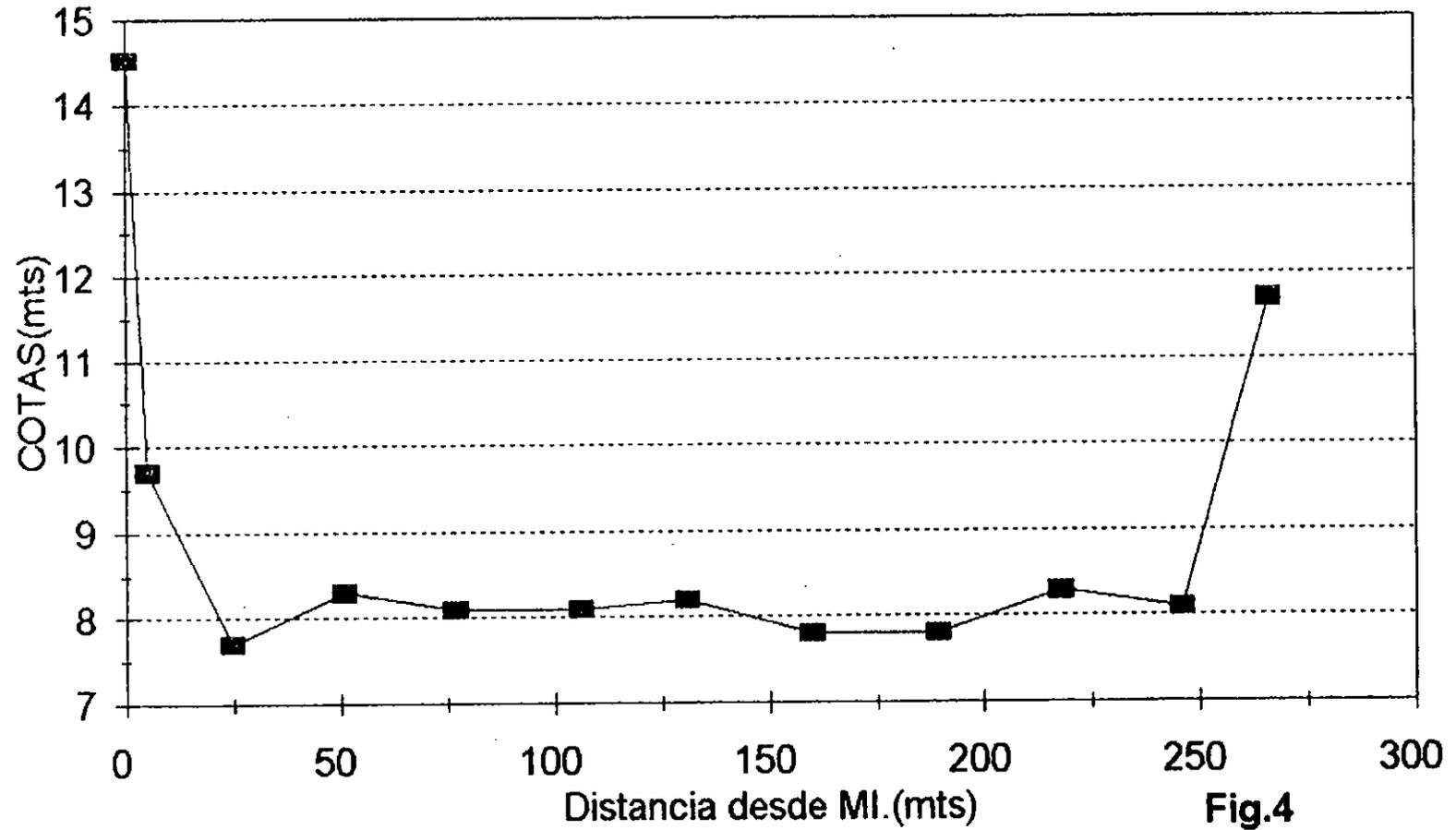


Fig.4

ARROYO LEYES

PROG. 800

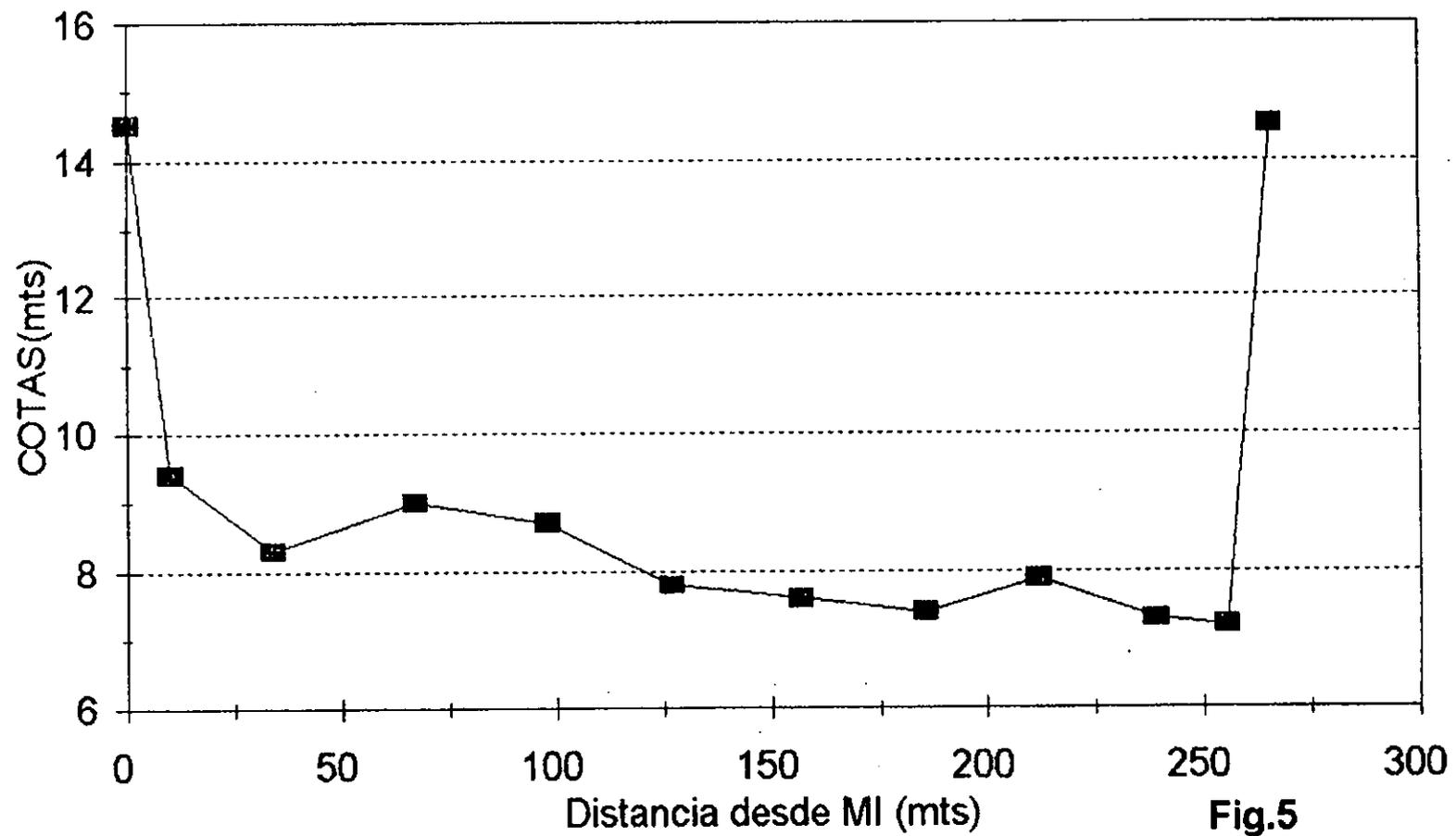


Fig.5

ARROYO LEYES PROG. 950

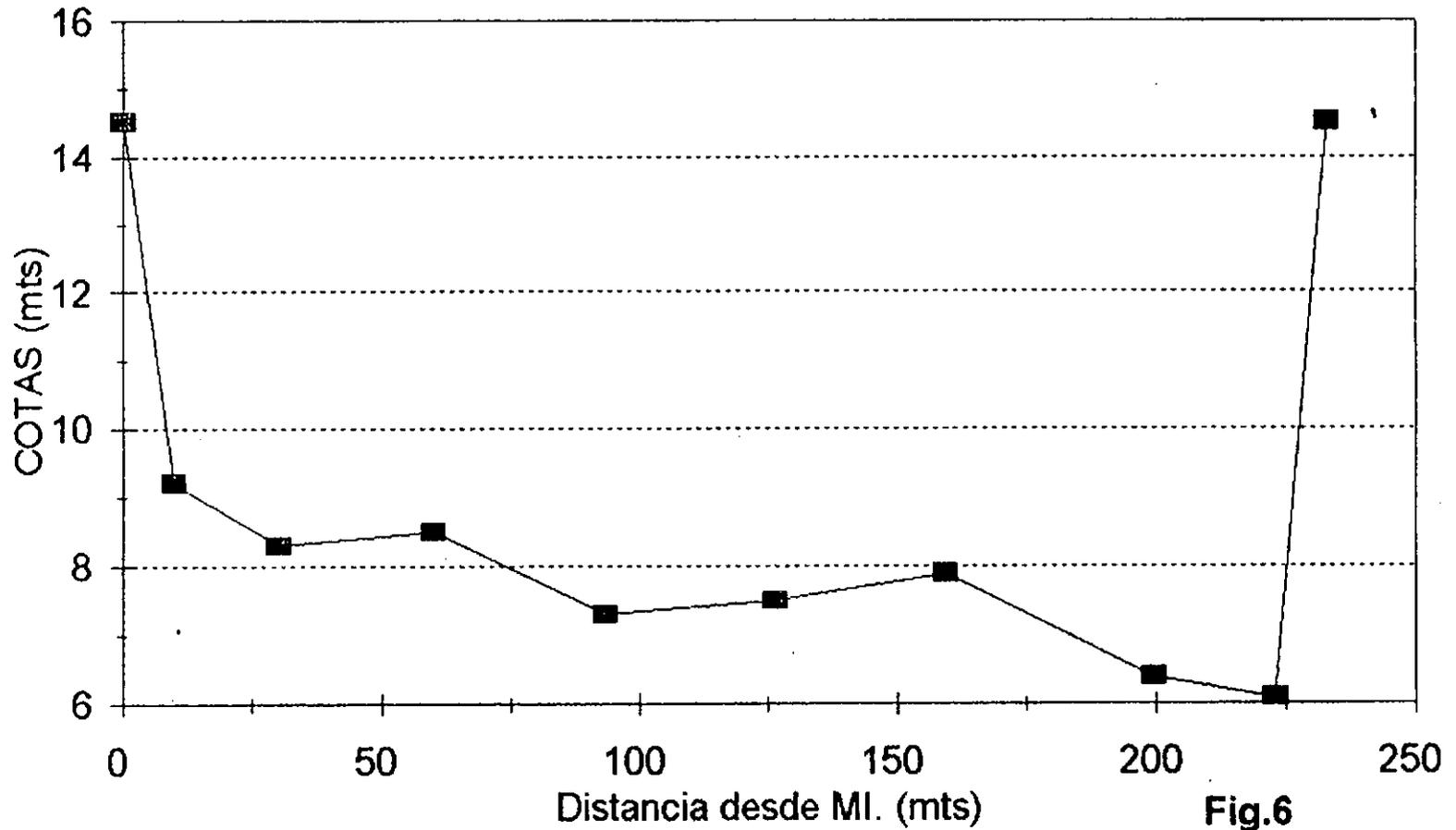


Fig.6

ARROYO LEYES PROG. 1050

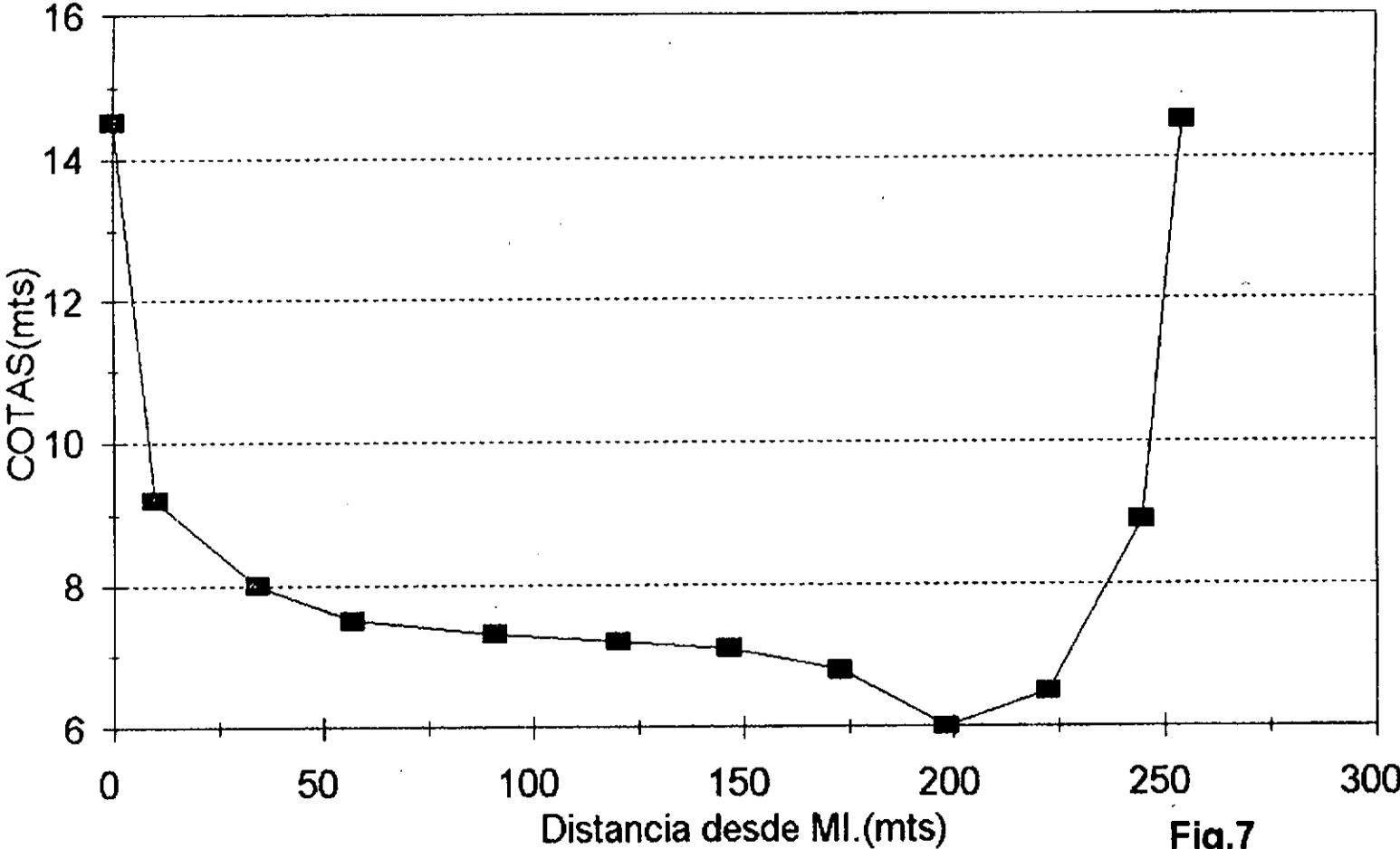


Fig.7

ARROYO LEYES PROG. 1075

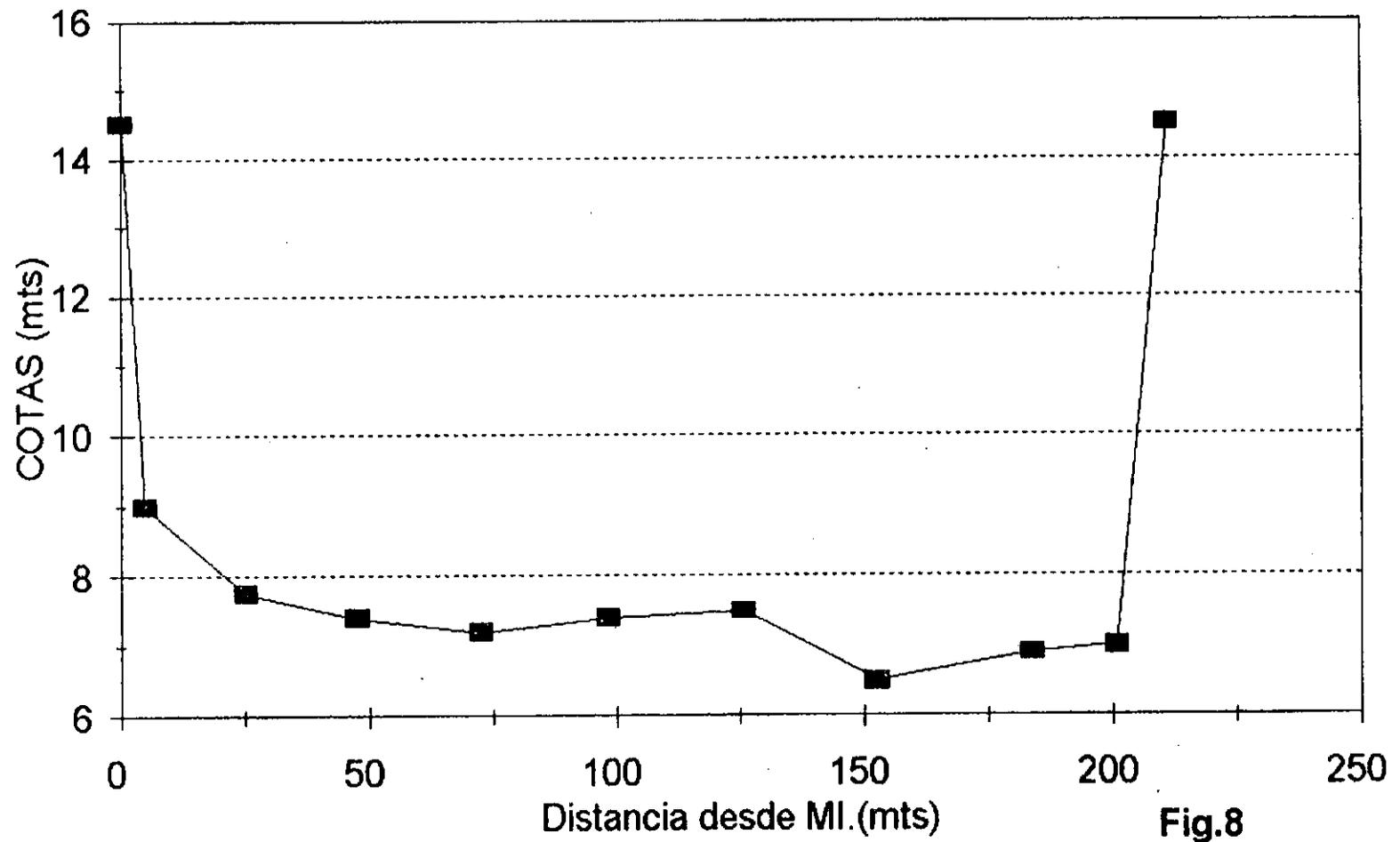


Fig.8

ARROYO LEYES PROG 1150

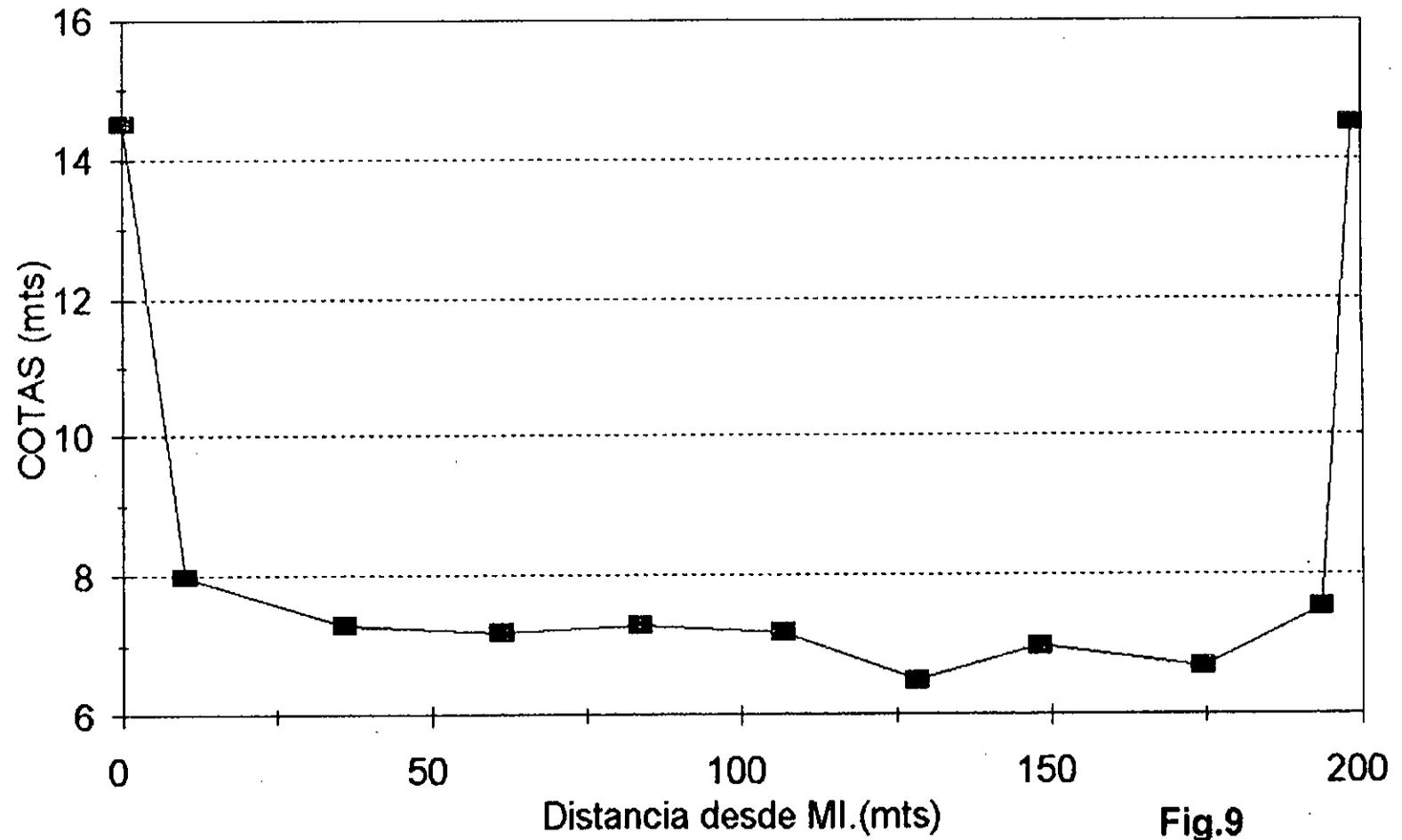


Fig.9

ARROYO LEYES PROG 1200

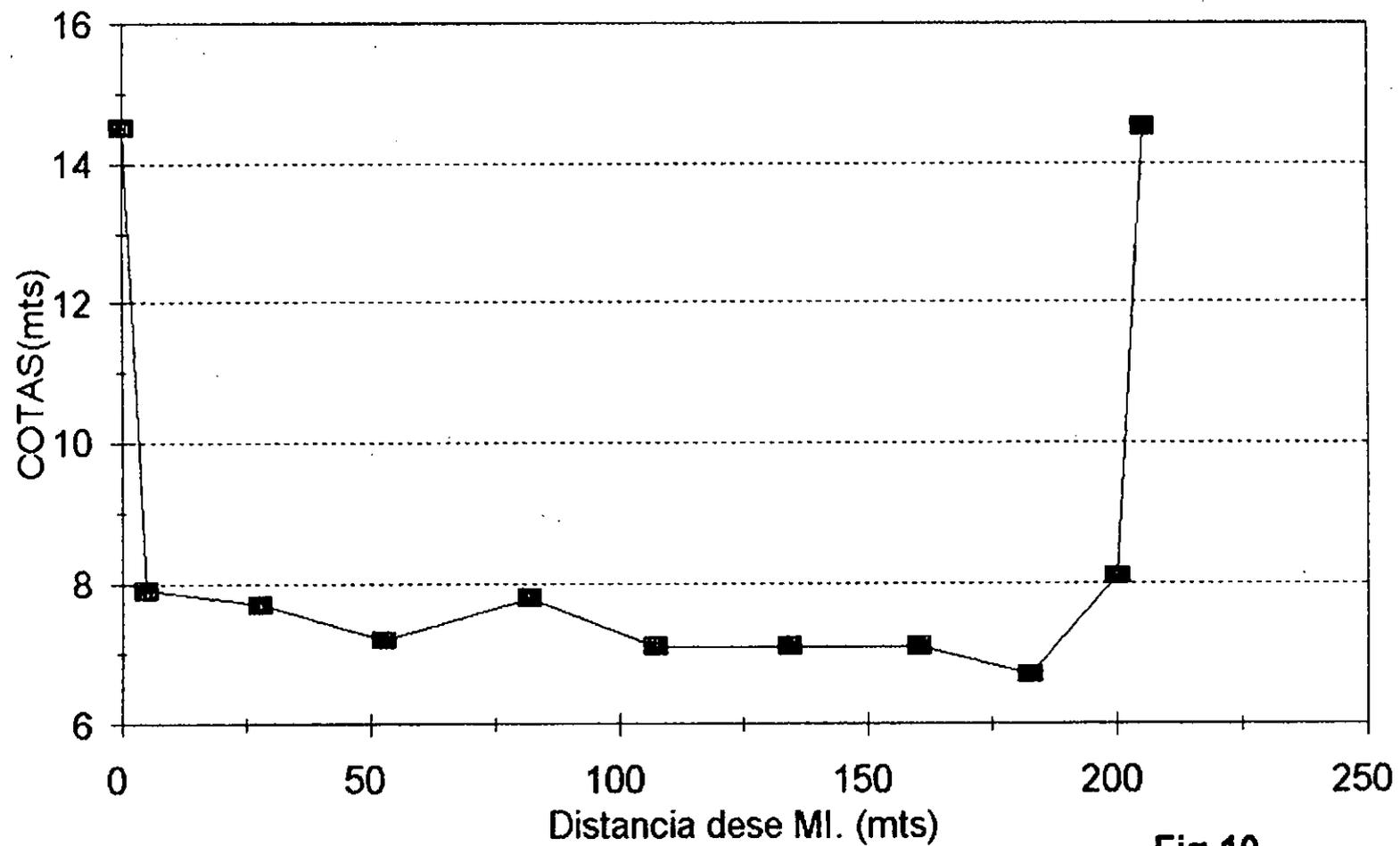


Fig.10

ARROYO LEYES

PROG. 1300

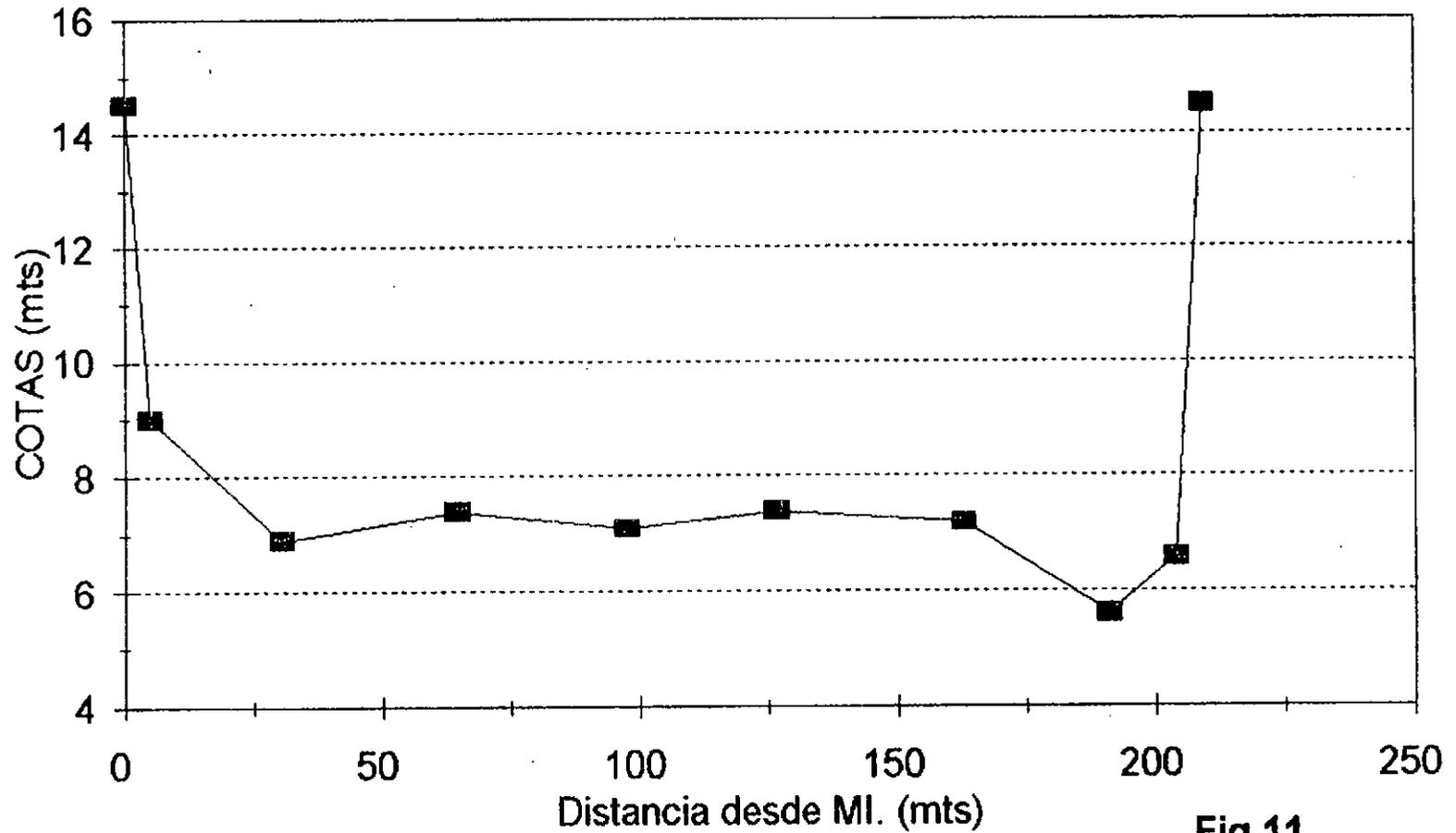


Fig.11

ARROYO LEYES

PROG. 1350

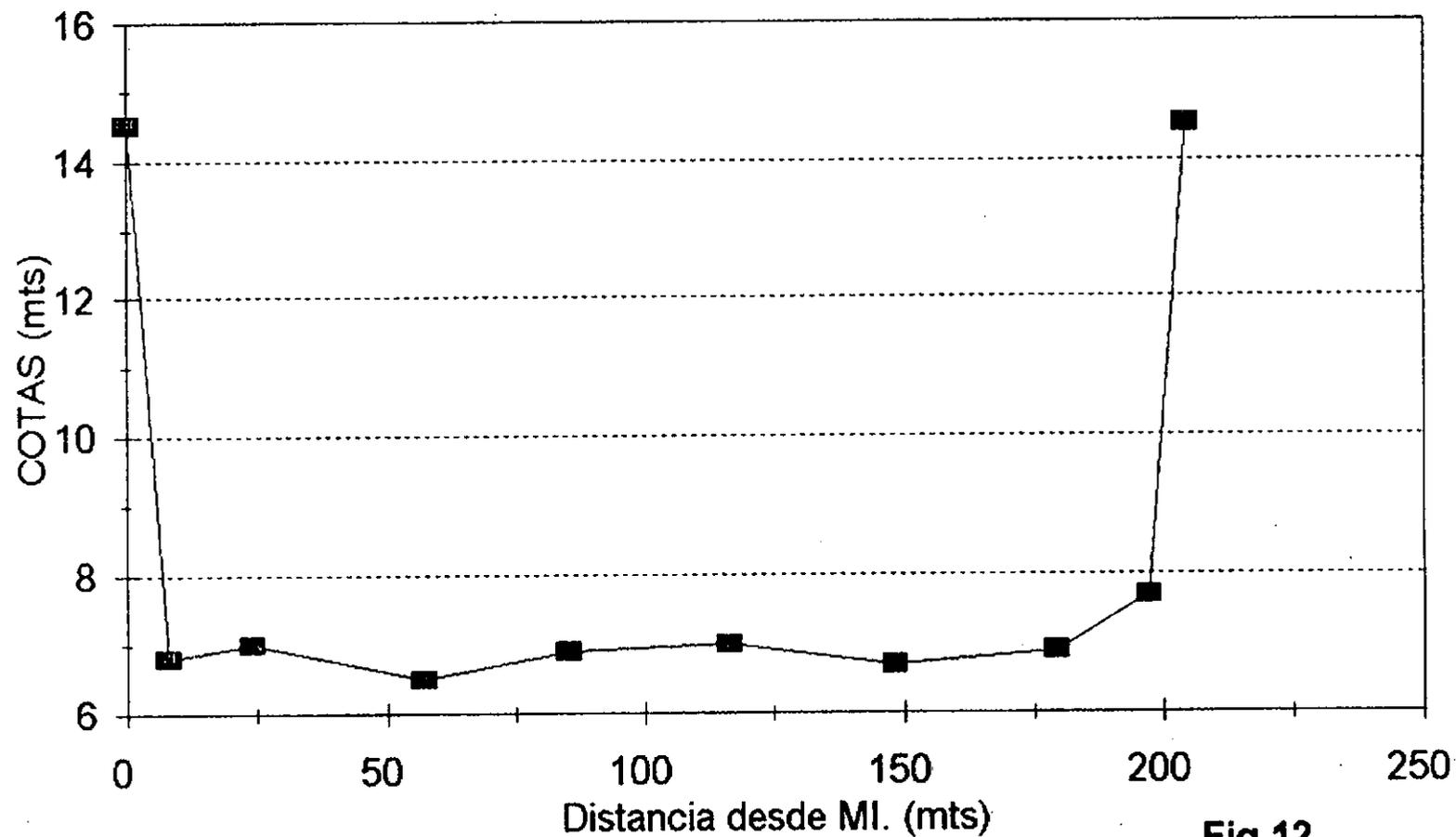


Fig.12

ARROYO LEYES PROG 1400

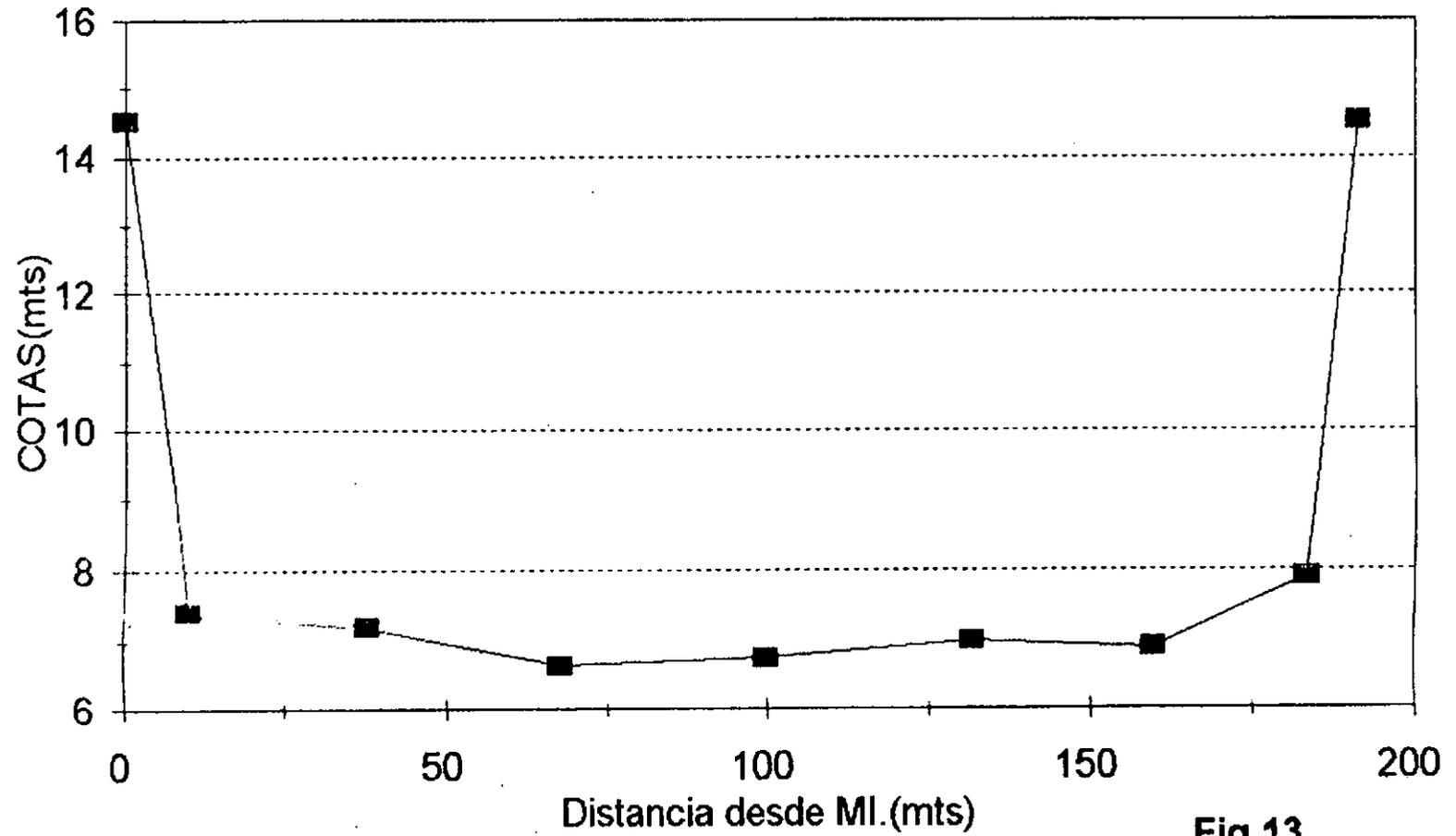


Fig.13

ARROYO LEYES PROG. 1550

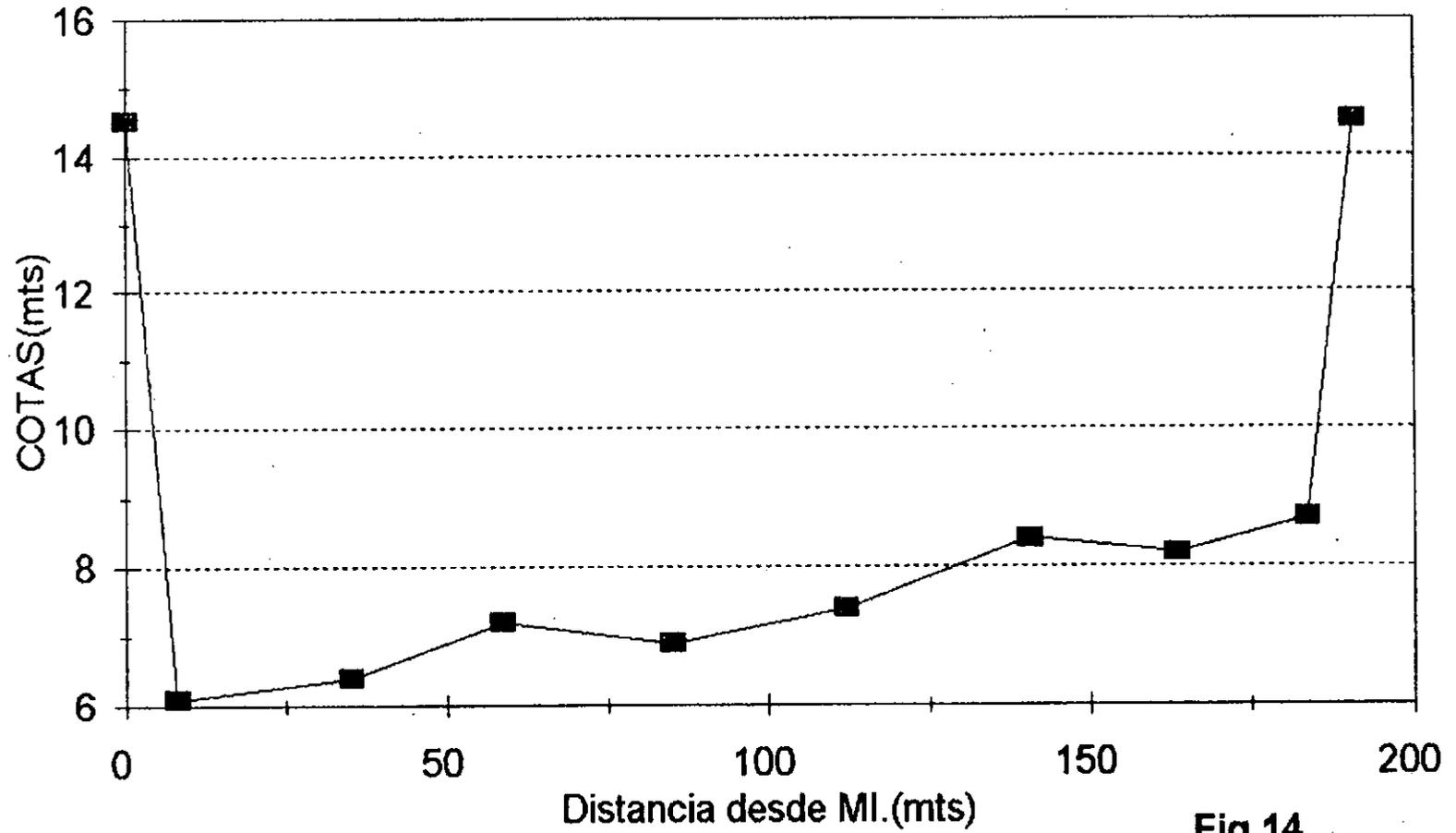


Fig.14

A° POTRERO

Relevamiento 29/04/94

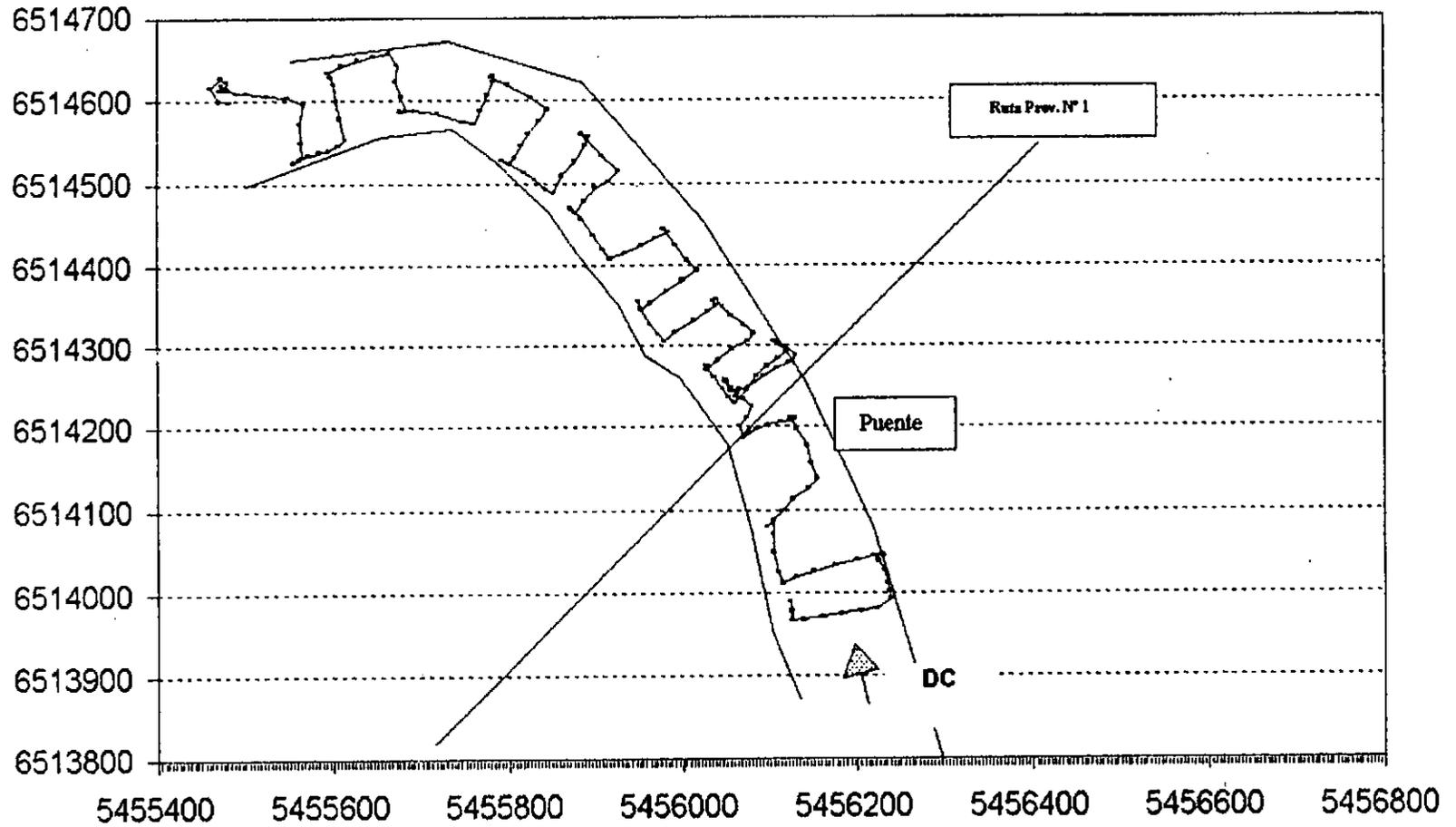


Fig. 15

A° POTRERO

Progresiva -300 m

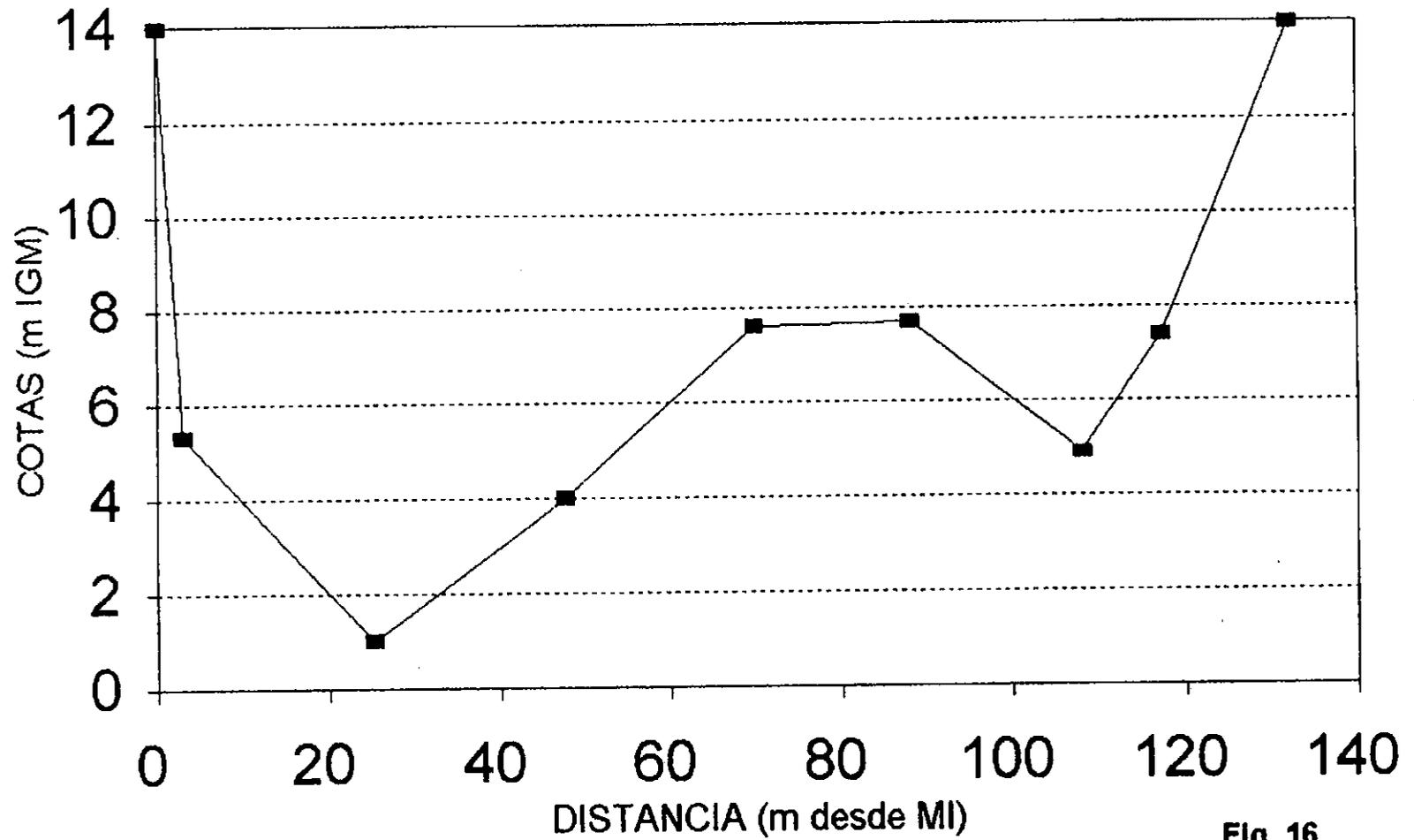


Fig. 16

A° POTRERO

Progresiva -250 m

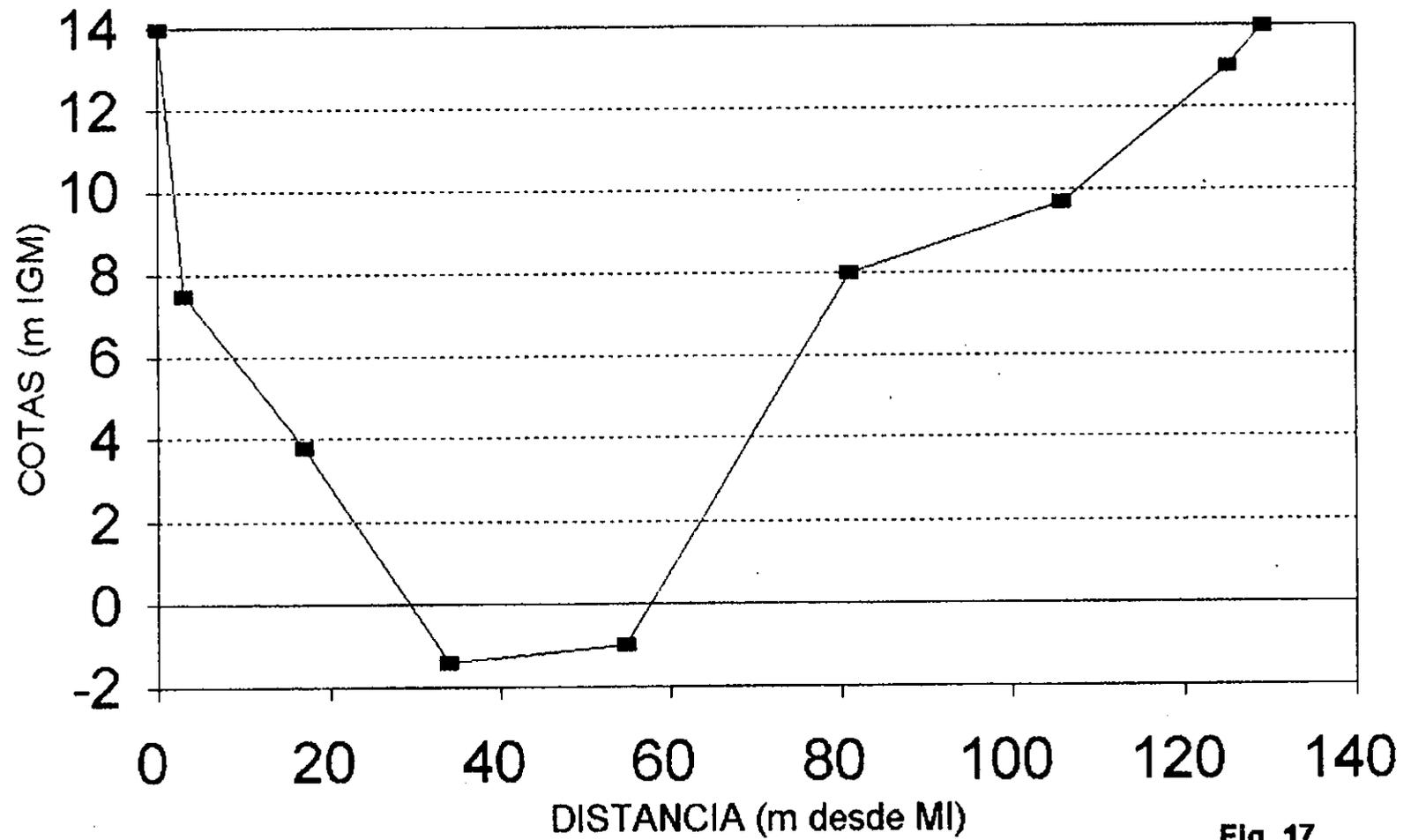


Fig. 17

A° POTRERO

Progresiva -150 m

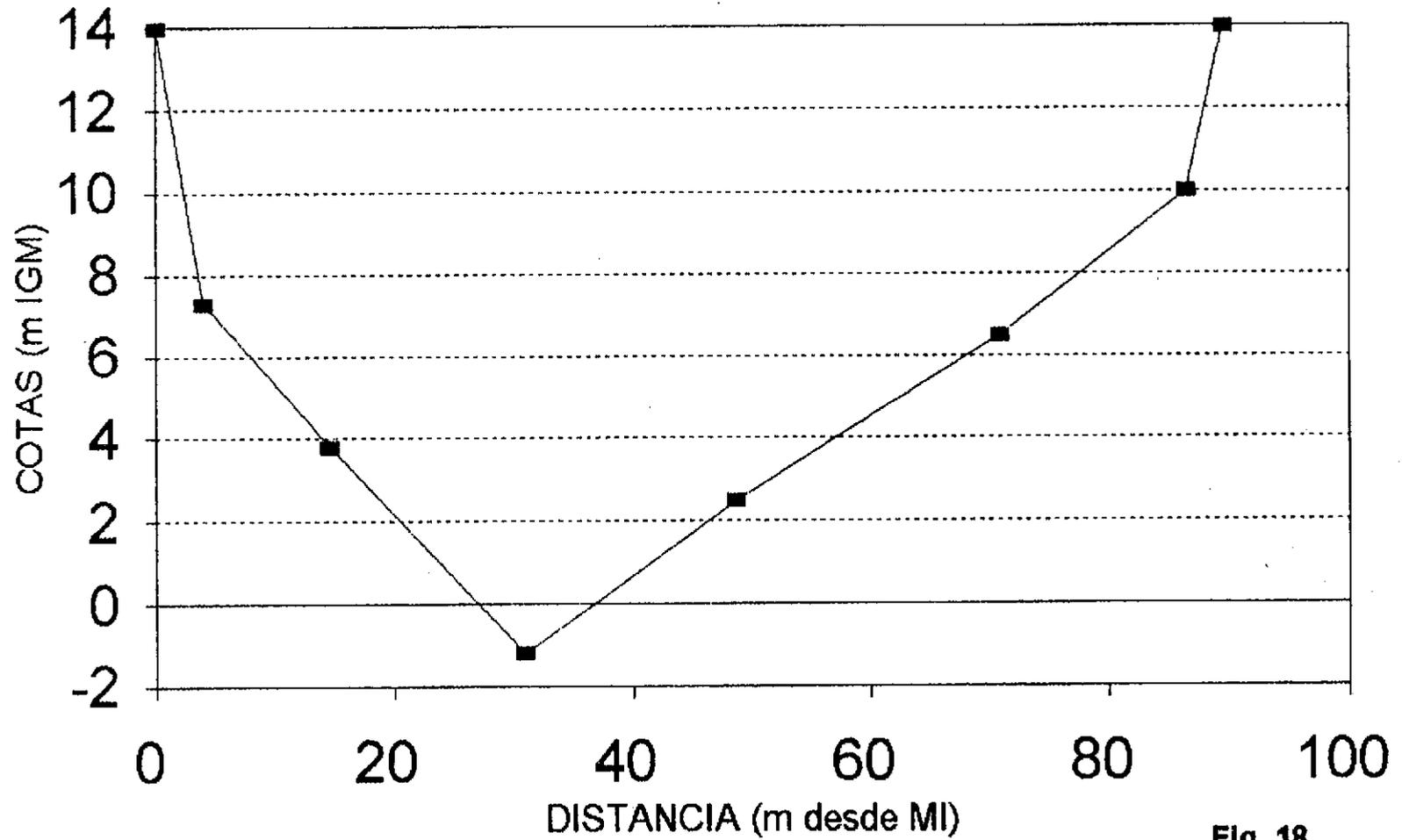


Fig. 18

A° POTRERO

Progresiva -50 m

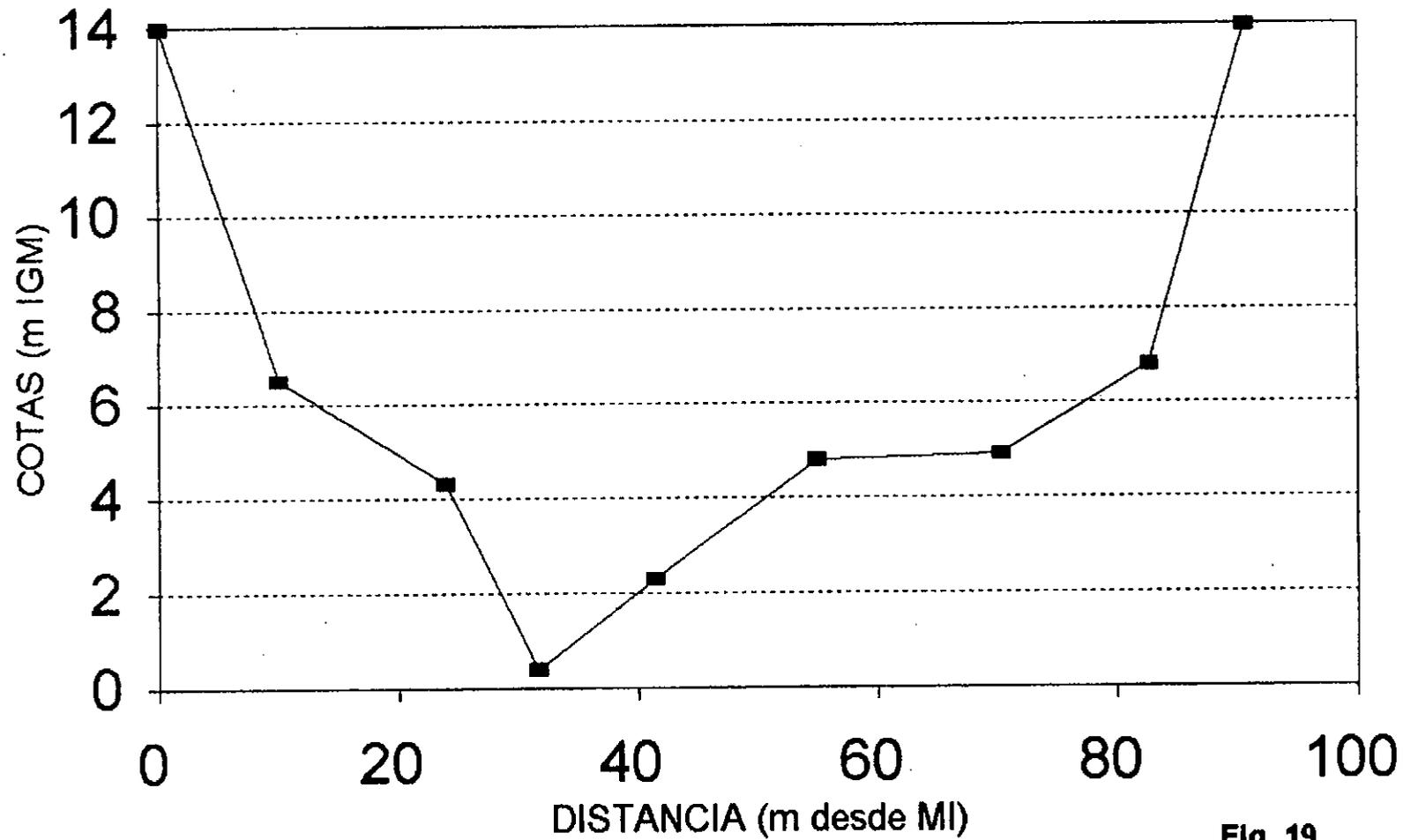


Fig. 19

A° POTRERO

Sección Puente Prog. 0

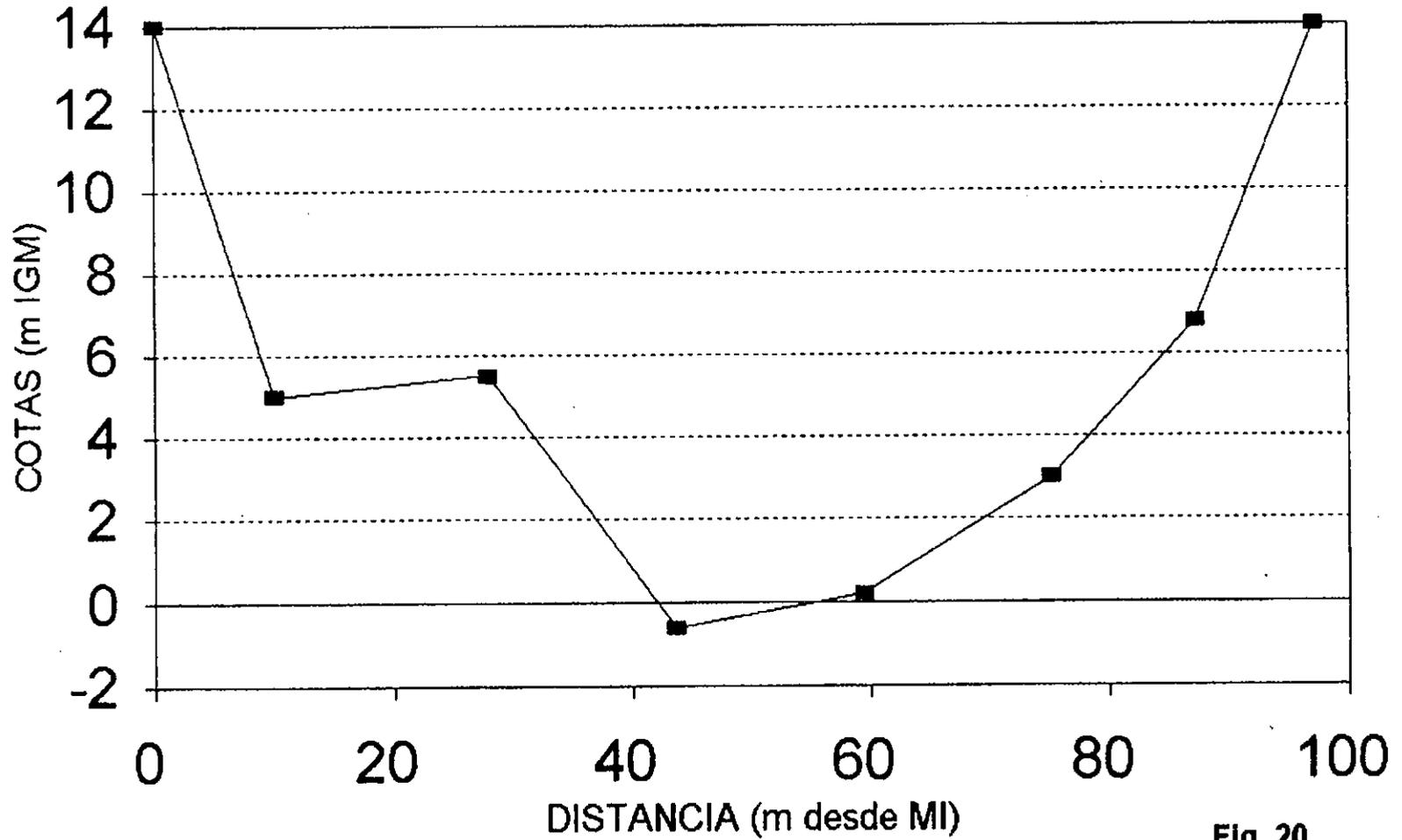


Fig. 20

A° POTRERO

Progresiva 10 m

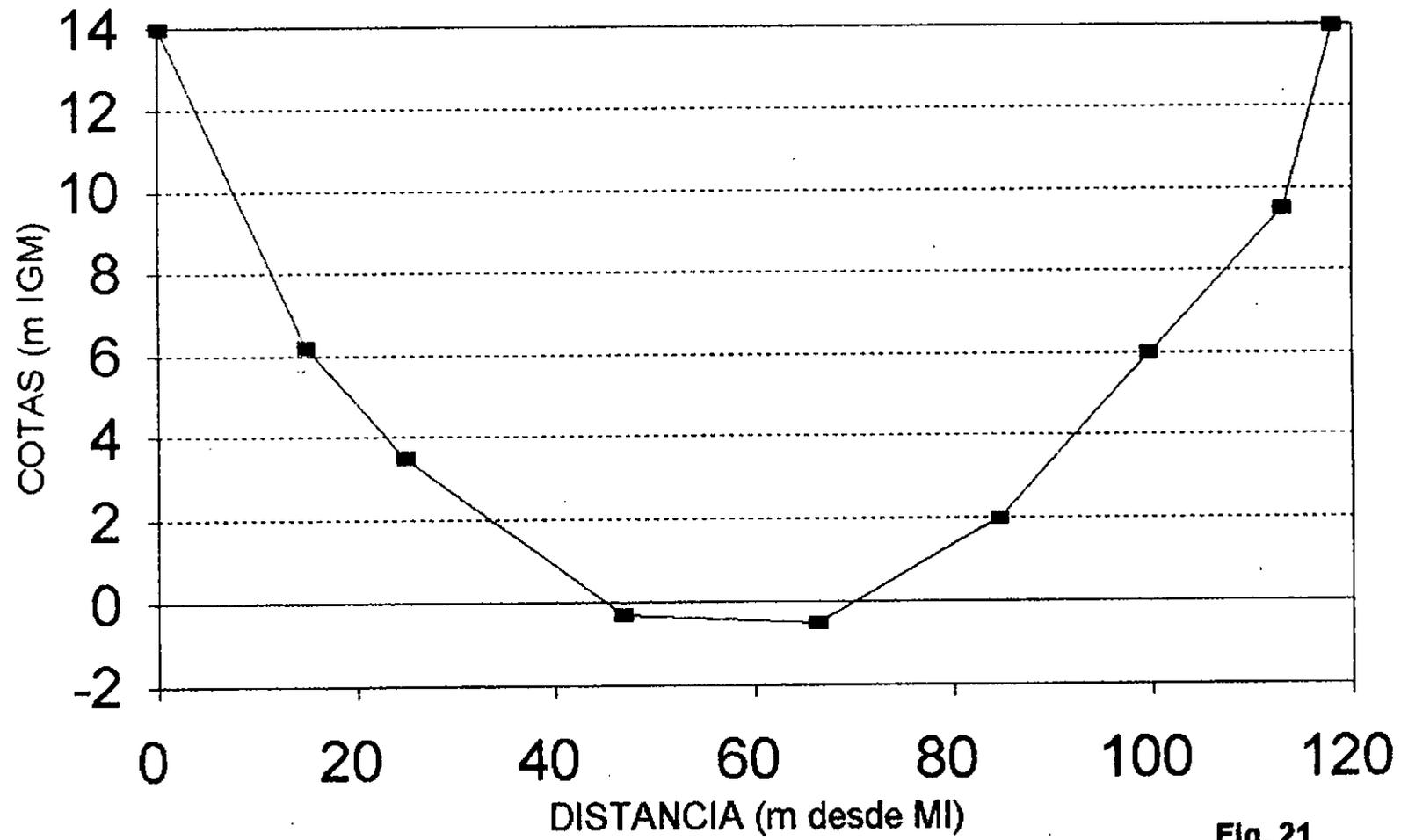
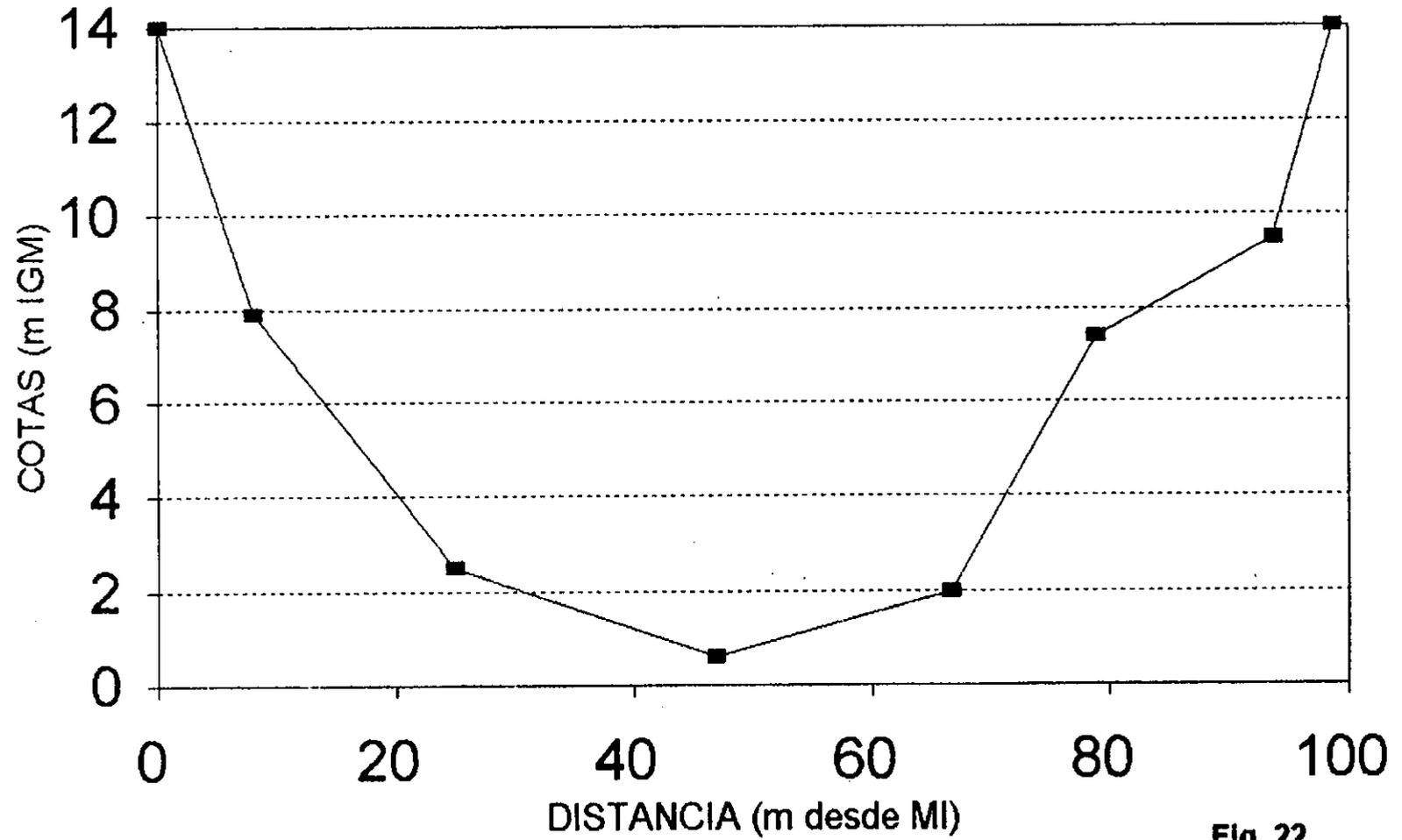


Fig. 21

A° POTRERO

Progresiva 50 m



of

Fig. 22

A° POTRERO

Progresiva 100 m

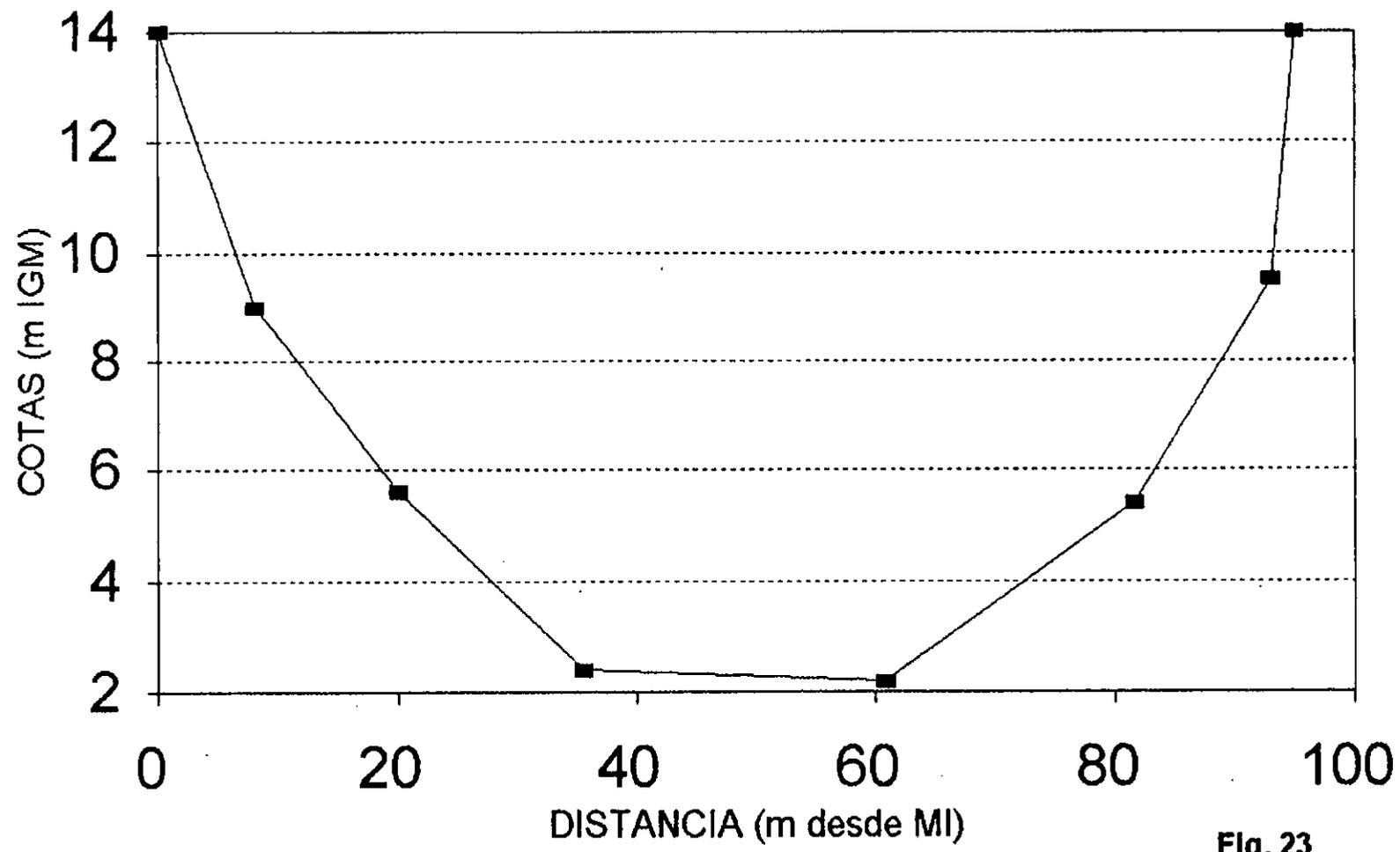


Fig. 23

A° POTRERO

Progresiva 150 m

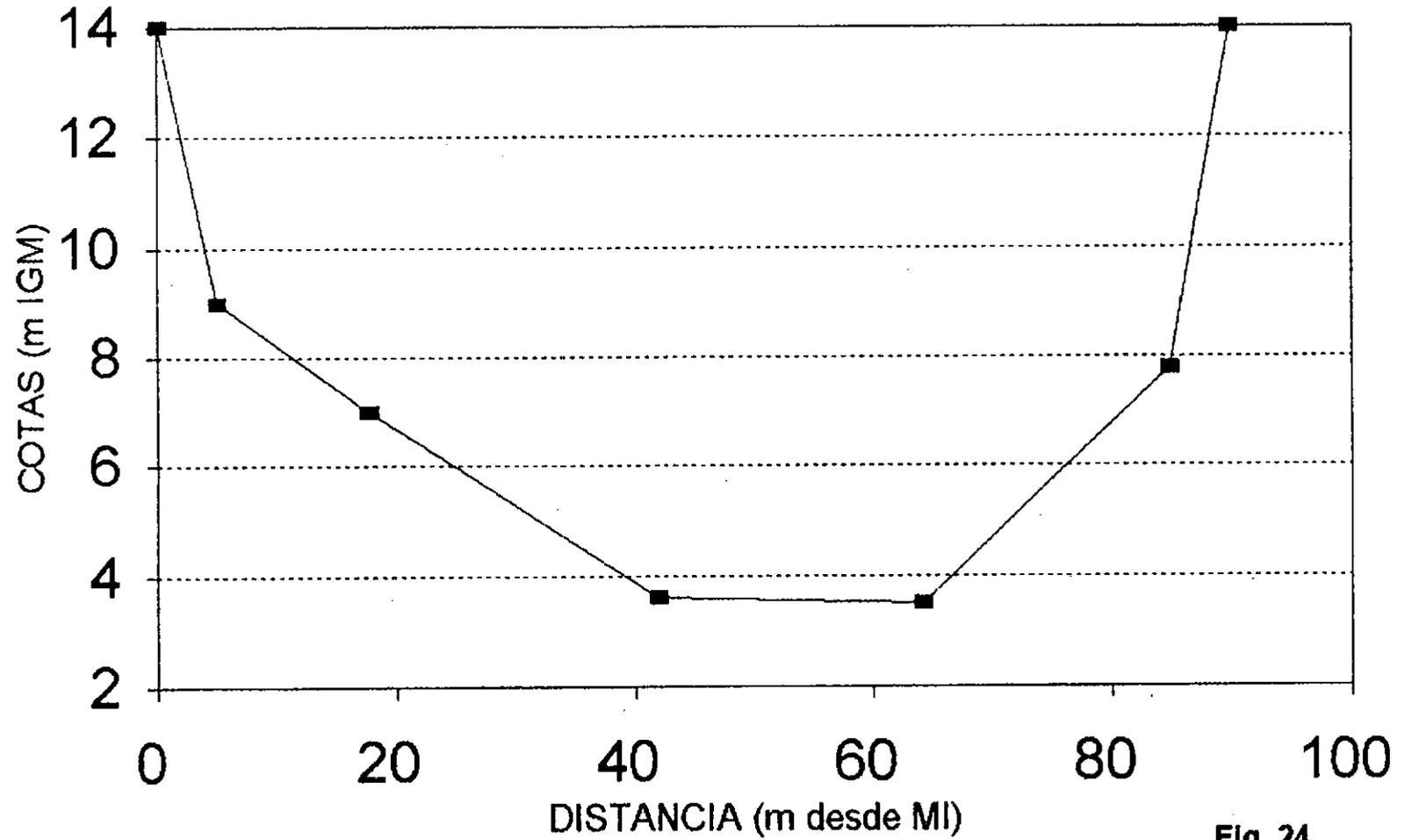


Fig. 24

A° POTRERO

Progresiva 200 m

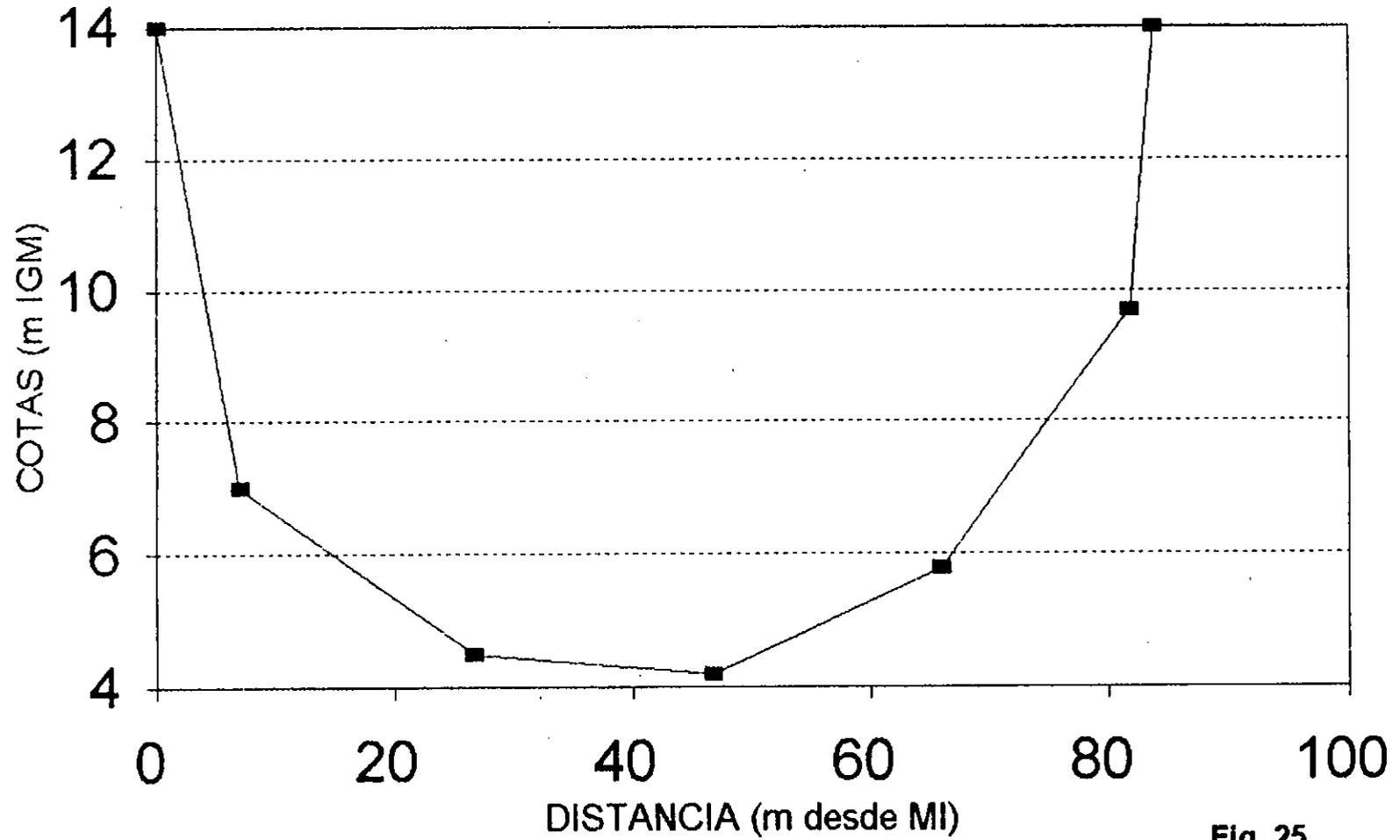


Fig. 25

A° POTRERO

Progresiva 300 m

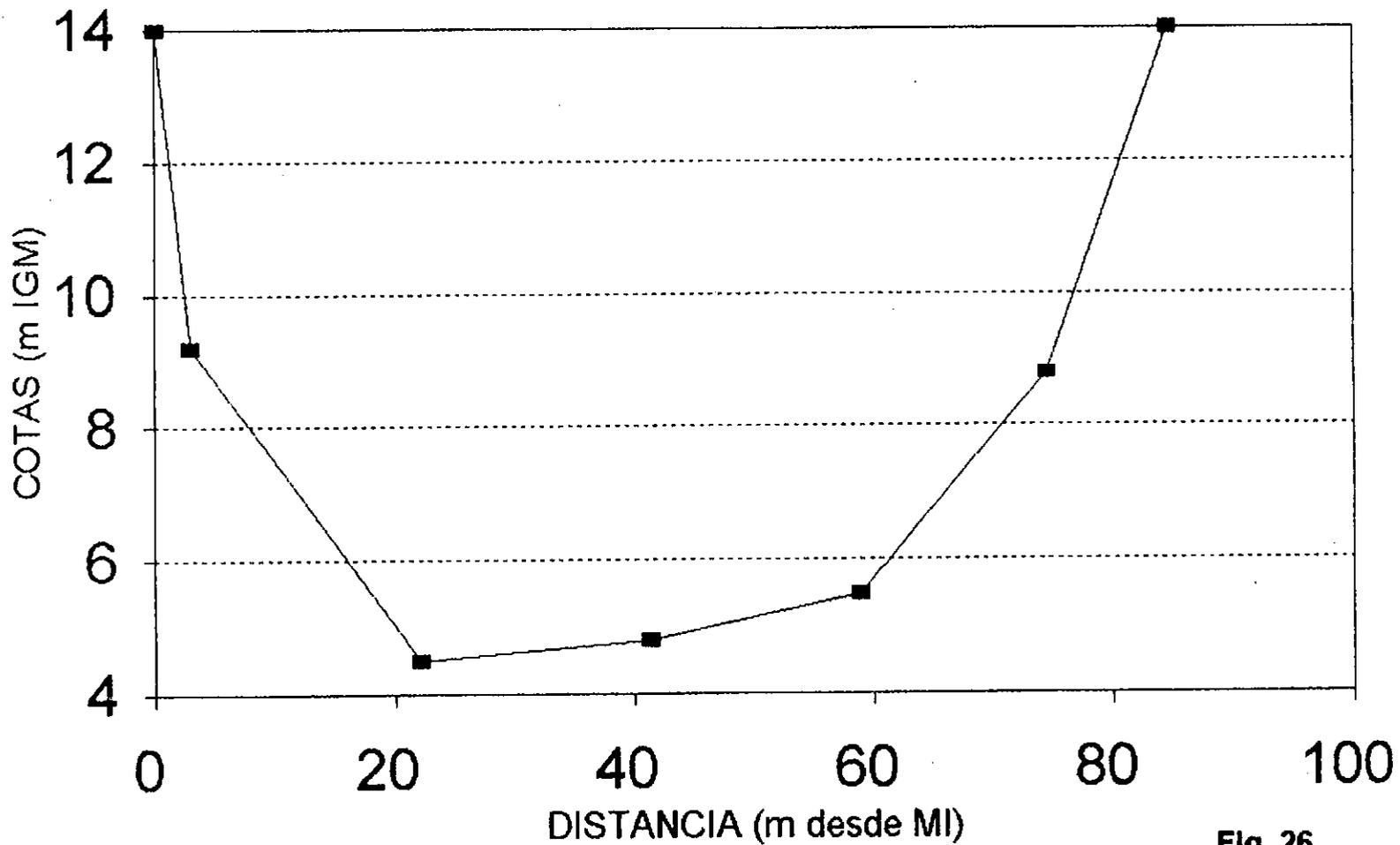


Fig. 26

A° POTRERO

Progresiva 350 m

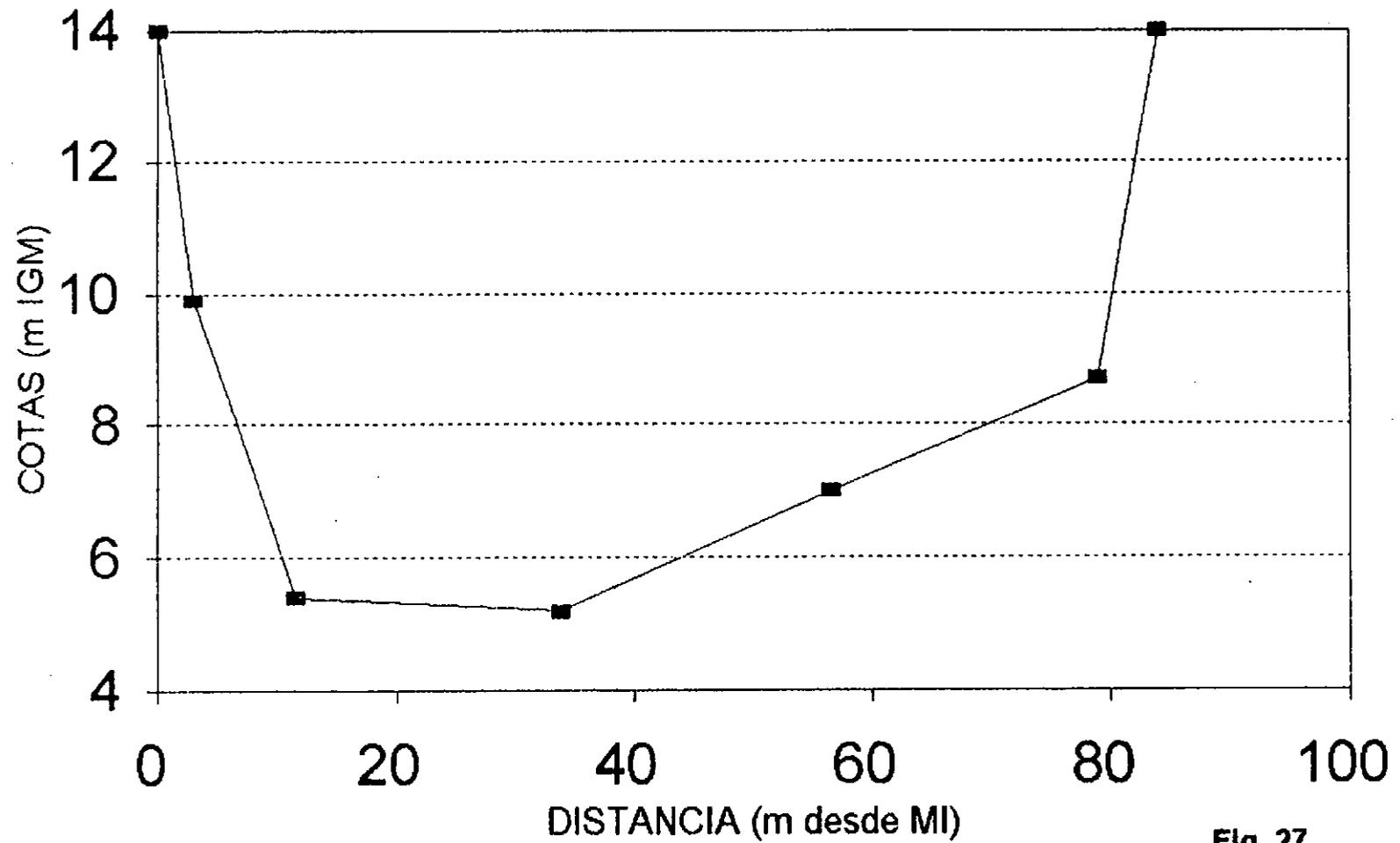


Fig. 27

A° POTRERO

Progresiva 400 m

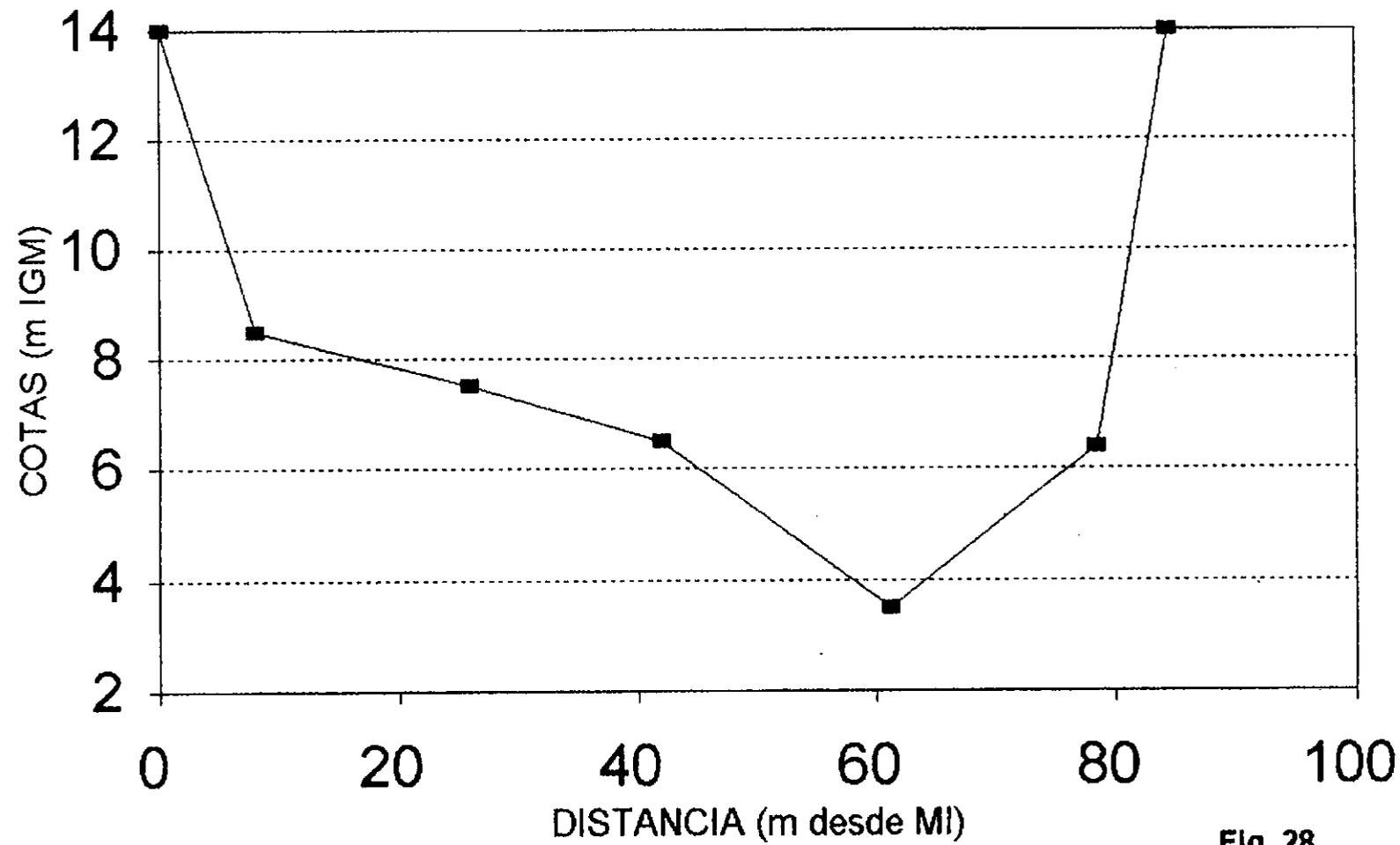


Fig. 28

A° POTRERO

Progresiva 450 m

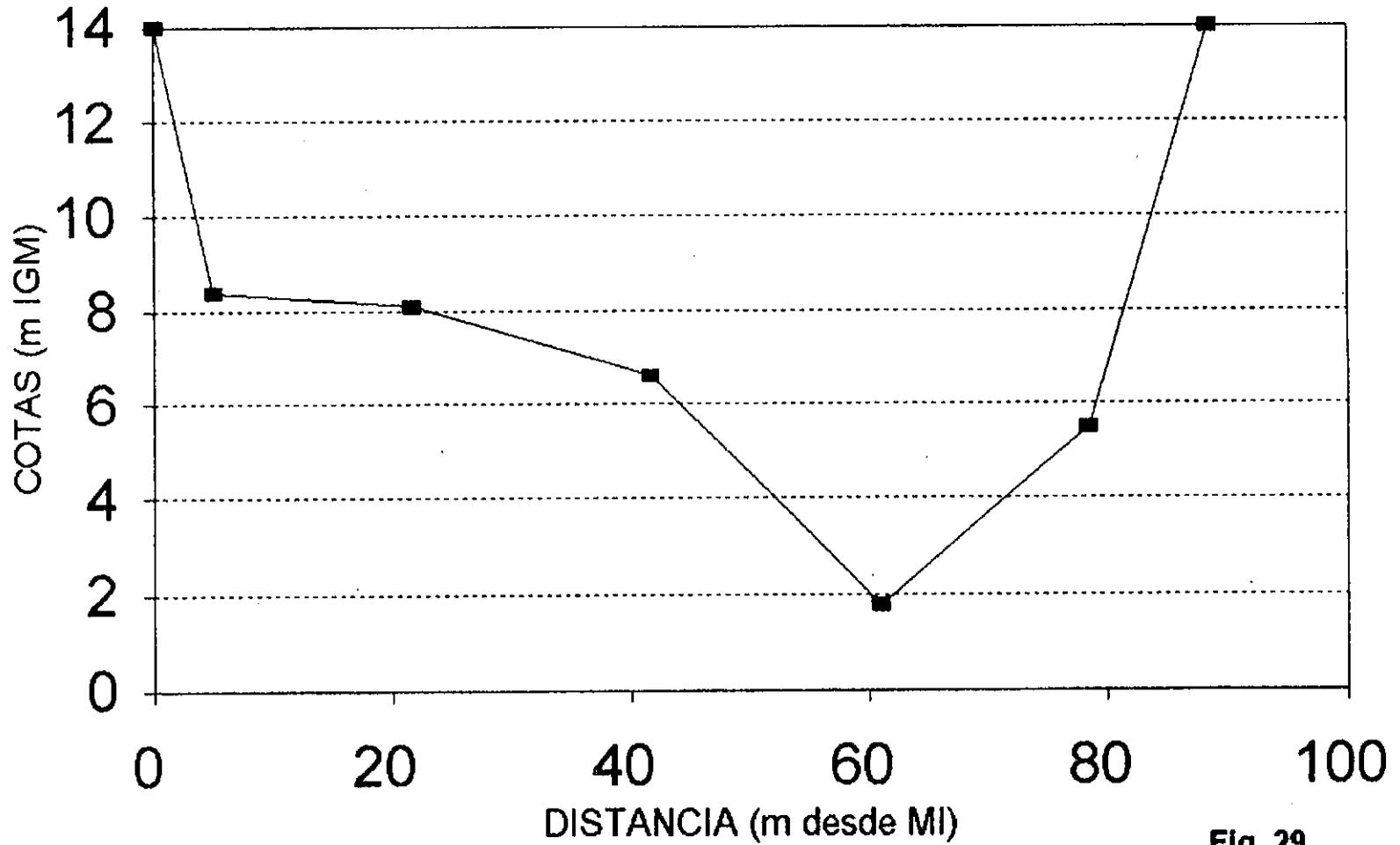


Fig. 29

A° POTRERO
Progresiva 550 m

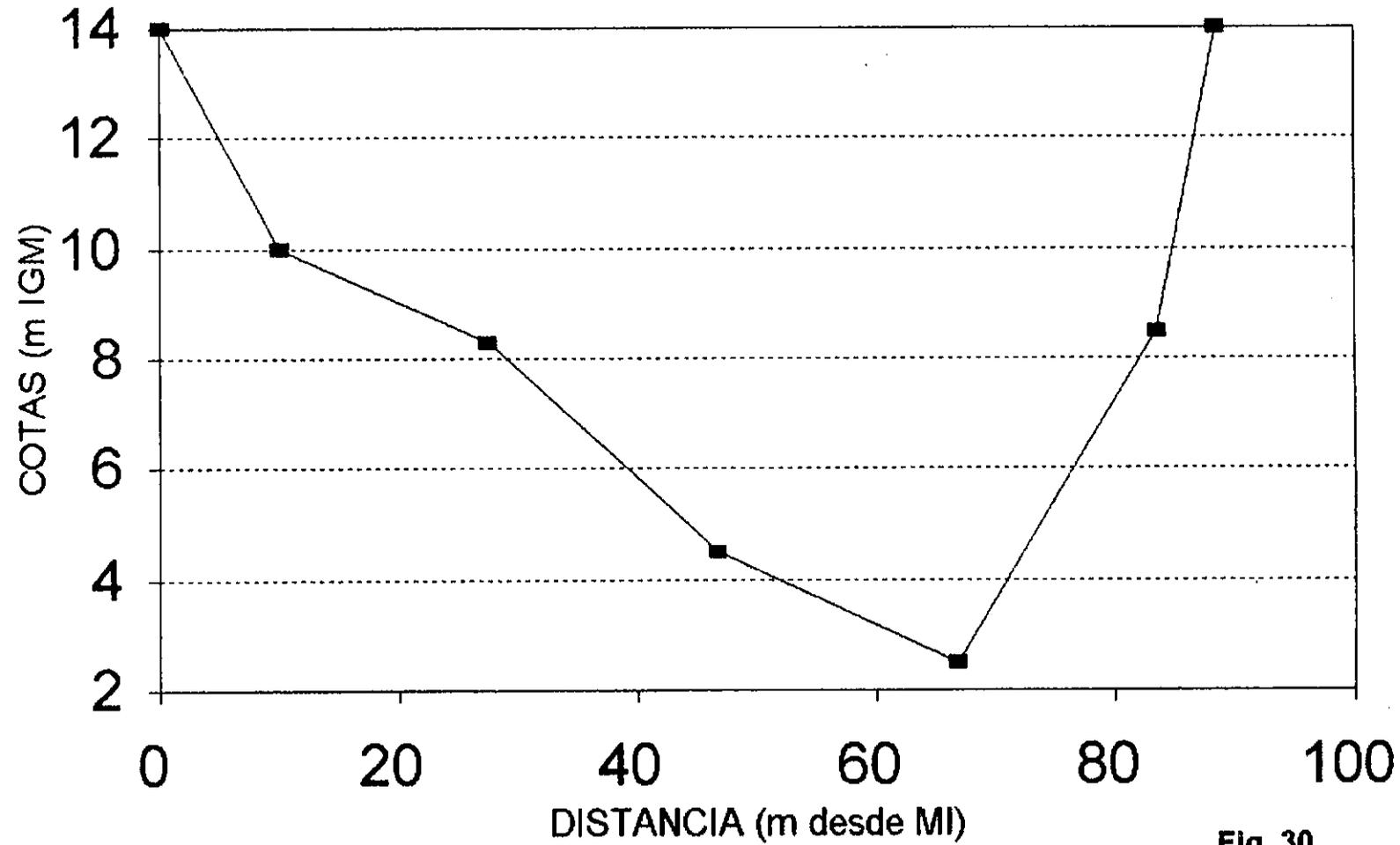


Fig. 30

A° POTRERO

Progresiva 600 mts

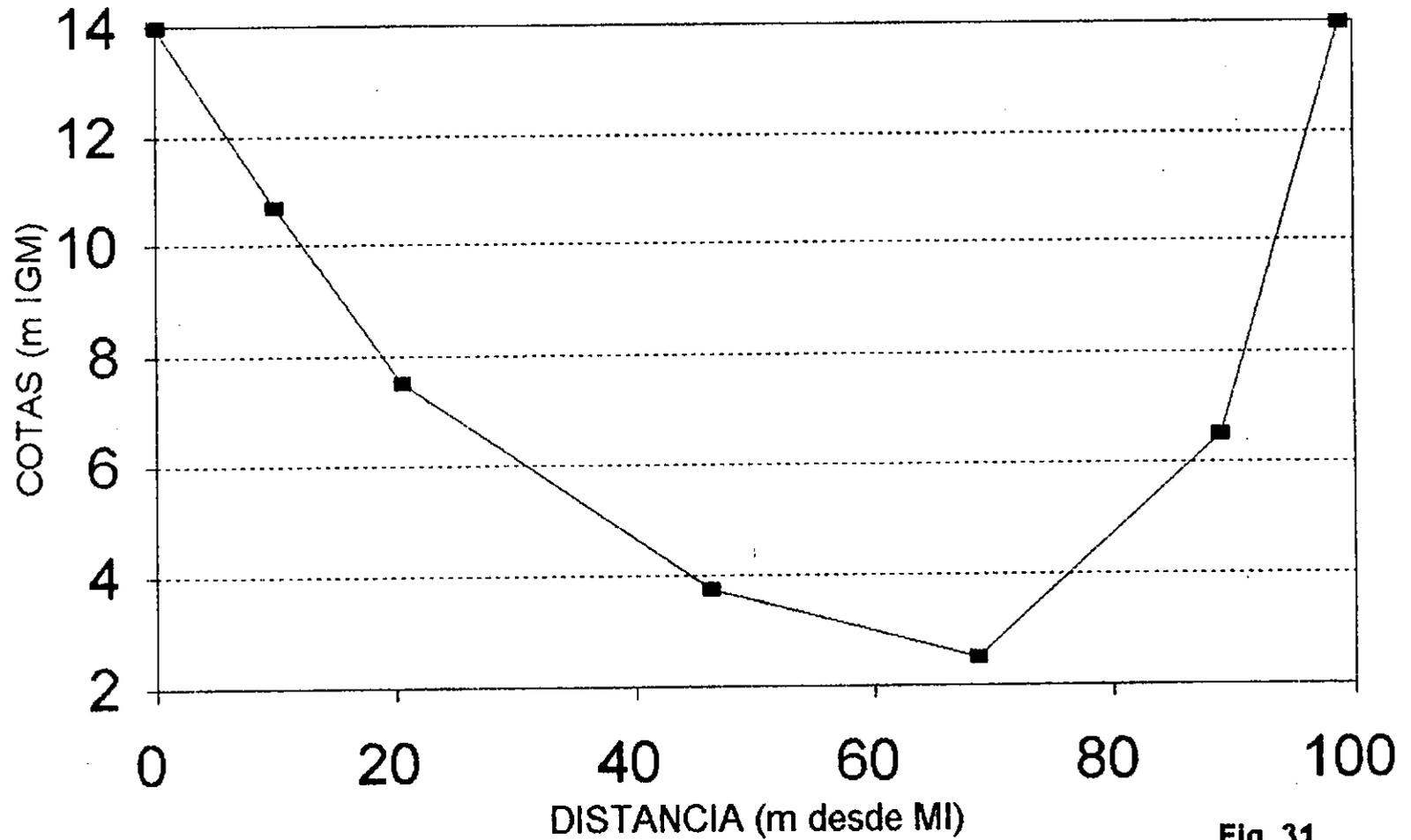


Fig. 31

II. ESTUDIOS BASICOS

II.2 GEOTECNIA ZONA ARROYO LEYES

II.2.1 PERFORACIONES GEOTECNICAS

II.2.1.1 OBJETIVOS

II.2.1.2 METODOLOGIA DE TRABAJO

II.2.1.3 RESULTADOS

II.2.2 PERFILAJE GEOFISICO MULTIPLE

II.2.2.1 INTRODUCCION

II.2.2.2 OBJETIVOS

II.2.2.3 METODOLOGIA DE TRABAJO

II.2.2.3.1 PERFILAJES RADIATIVOS

II.2.2.3.2 PERFILES ELECTRICOS

II.2.2.4 EQUIPAMIENTO

II.2.2.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

II.2.2.6 ANALISIS DE RESULTADOS

II.2 GEOTECNIA ZONA ARROYO LEYES

II.2.1. PERFORACIONES GEOTECNICAS:

II.2.1.1 Objetivos: Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los suelos de la zona se realizaron 2 perforaciones; ubicadas, según lo solicitado, en ambos márgenes del Ayo. Leyes, a aproximadamente 1200 m aguas abajo del puente de la Ruta Provincial N° 1.

II.2.1.2. Metodología de trabajo.

Tareas de campaña

Se efectuaron dos perforaciones una hasta 30 m de profundidad y la otra hasta 38.0 m. En ellas se obtuvo muestra en forma continua, agrupándolas por horizontes, y se realizó ensayo de penetración estandar (S.P.T.) cada metro.

Se determinó además la profundidad de la napa freática, y en el caso de la perforación Leyes-2, se realizó el perfilado geofísico con sondas eléctricas y radiactivas.

La ubicación de las investigaciones puede apreciarse en el croquis adjunto.

Tareas de laboratorio

Sobre muestras alteradas se realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometrías: se empleó la serie de tamices N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200. En algunos casos se agregó a la serie el tamiz de 3/8".

- Límites de Atterberg: (IRAM 10501/68 e IRAM 10502/68). Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la humedad natural del suelo, se calculó el índice de liquidéz o consistencia B, siendo

$$B = \frac{W_n - LP}{IP}$$

que da una medida de consistencia del suelo; según la tabla siguiente.

ARCILLAS MUY ARENOSAS

dura	B < 0
plástica	0 ≤ B ≤ 1
líquida	B > 1

ARCILLA POCO ARENOSA Y ARCILLA

dura	$B < 0$
semiduro	$0 < B < 0,25$
poco dura	$0,25 < B < 0,50$
plástica	$0,50 < B < 0,75$
líquido plástica	$0,75 < B < 1$
líquida	$B > 1$

- Determinación de contenido de humedad según IRAM 10519/70 sobre muestras inalteradas o alteradas tomadas en pesafiltros.

II.2.1.3 RESULTADOS

Los Planos II.2.1, II.2.2, II.2.3 y II.2.4 presentan los resultados de las investigaciones de Mecánica de Suelos realizadas, incluyendo las determinaciones de Laboratorio.

II.2.2 PERFILAJE GEOFISICO MULTIPLE DE POZOS

II.2.2.1 Introducción

El Perfilaje Múltiple de Pozos, para el Estudio del Sistema de Regulación Leyes-Setubal , se realizó en uno de los pozos de estudios geotécnicos en la Margen Derecha del Ayo. Leyes.

La testificación referida se llevó a cabo con sondas radiactivas (gamma natural, y neutrónica y de densidad de único espaciado), resistivas (dispositivos normales AM=10, 16 y 64" y lateral AO=75").

II.2.2.2 Objetivos

Los objetivos planteados por el presente estudio fueron los siguientes:

- Determinar los parámetros físicos de: densidad volumétrica y porosidad (zona saturada) y humedad (zona no saturada).
- Determinación de resistividad de las formaciones para ajustar la secuencia estratigráfica.

II.2.2.3 Metodología de trabajo

Los métodos de perfilaje múltiple de pozos permiten obtener o determinar características físicas del terreno que no son posibles establecer por medio de testigos recuperables y poseen una gran velocidad operativa de trabajo, de allí su amplia difusión y uso creciente.

Además de la litología, se pueden determinar parámetros como humedad, porosidad, densidad volumétrica, características hidráulicas, etc.

Seguidamente se da una breve descripción de los distintos métodos que se han aplicado en la presente investigación geofísica.

II.2.2.3.1 Perfilajes radiactivos

Registro gamma natural

Es el más sencillo de todos, mide la radiación gamma natural asociada al propio terreno. En este registro no es necesario que el pozo esté lleno de agua o lodo, tampoco es inconveniente la presencia de entubados, razón por la cual es de uso más general que los eléctricos u otros registros radiactivos, siendo en algunas ocasiones la única alternativa posible.

Las radiaciones naturales de los elementos inestables consisten principalmente en ondas electromagnéticas, pudiendo ser detectadas dentro de la perforación con sensores adecuados.

Algunas rocas son radiactivas por naturaleza, debido a los elementos inestables que pueden contener. Aquellos nucleídos inestables de significativa abundancia en la naturaleza, presentes en algunas formaciones son:

- Serie Uranio - Radió
- Serie Thorio - Radio - Potasio

Estos elementos son los que contribuyen en más alto porcentaje a las radiaciones naturales que se observan en las rocas sedimentarias.

La determinación y medida de la radiación gamma puede efectuarse por medio de un contador Geiger Muller, una cámara de ionización o un centelleómetro, siendo este último elemento el utilizado en la investigación.

Consiste en un cristal que emite un destello luminoso cuando incide sobre él una radiación gamma. Un tubo fotomultiplicador transforma el destello luminoso en pulsos eléctricos proporcionales que son ampliados y transmitidos a la superficie para su registración.

La integración puede hacerse por medio de un equipo electrónico graficador o bien, registrar la cantidad de pulsos en cada punto en forma numérica, para luego ser graficados.

La interpretación de estas curvas es cualitativa, con una muy buena definición de los distintos niveles litológicos sedimentarios por la presencia en las arcillas de los elementos C14 y K40, que aumentan considerablemente su actividad, pudiendo en condiciones favorables determinar cuantitativamente el contenido de finos por la siguiente expresión:

$$CA = \frac{R - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} * 100$$

siendo en la misma:

CA : Porcentaje de Arcillosidad.

R : Respuesta del detector en el punto en cuestión.

R max : Respuesta del detector rodeado de arcilla pura.

R min : Respuesta del detector rodeado de arena limpia.

Perfil neutrónico

Este perfil responde a una propiedad fundamental de las formaciones que es su riqueza en hidrógeno.

Si todo el hidrógeno está en forma líquida (agua), y si ésta ocupa todo el volumen de poros, la abundancia del mismo es un índice de la porosidad, es decir permite obtener valores de porosidad en medios no saturados.

Usando el método de neutrones epitérmicos, para el que se dispone de una fuente emisora de neutrones rápidos de Am Be y de un detector de neutrones epitérmicos de tipo proporcional de F3B (trifluoruro de boro), se puede determinar la porosidad prospectada.

Esta técnica es usada en estudios de humedad de suelos (Agronomía) y en estudios de infiltración para lograr perfiles de humedad en sondeos e investigaciones hidrogeológicas.

Perfiles de densidad

Estiman la relación entre la densidad del fluido, y la porosidad y densidad de la roca, que permite obtener a partir de perfiles de densidad, valores de porosidad en zonas donde pueden calibrarse las sondas en forma precisa.

Los registros obtenidos, en ambos espaciamientos de la sonda, se basan en la detección de radiación gamma atenuada, la que ha interactuado con los electrones de los elementos presentes en la formación, de modo tal que la intensidad de la radiación que alcanza el detector es tanto menor cuanto mayor sea la densidad del material presente, debido al espaciamiento fuente - detector y a la mayor probabilidad de ocurrencia del efecto fotoeléctrico sobre el Compton, para esas distancias.

II.2.2.3.2 Perfiles eléctricos

Perfiles resistivos

Determinan la resistividad eléctrica aparente de las formaciones atravesadas por el sondeo mecánico. Las resistividades de ellas depende básicamente de la porosidad efectiva de las mismas y de la salinidad del agua que contienen.

Operacionalmente es necesario que el pozo no esté entubado y con agua o lodo de inyección.

En el mismo se introduce una sonda, constituida por uno o varios electrodos, que forman un circuito eléctrico entre si o con el electrodo ubicado en superficie, según sea el dispositivo empleado, mediante el cual se mide la caída de potencial que se produce entre dos de ellos cuando se introduce en el terreno una corriente de intensidad conocida.

El equipo calibrado nos brinda directamente los valores de resistividad aparente de las formaciones, expresados en Ωm , en función de la profundidad, ya sea en forma de gráfica continua o de datos puntuales.

Las resistividades más bajas corresponden a las formaciones de arcillas, limos y acuíferos mineralizados, y se hacen más elevados con la presencia de formaciones arenosas.

Las sondas utilizadas en la presente investigación fueron las de dispositivo Normal de espaciamiento AM= 10" y AM= 75".

II.2.2.4 Equipamiento

El equipo empleado en este trabajo, es de desarrollo nacional e incluye por un lado el graficador y los módulos electrónicos de comando, y por otro el sistema manual de tracción de la sonda que se está empleando en ese momento.

Las sondas utilizadas fueron las radiactivas (gamma natural, neutrónica y de densidad), las eléctricas (normal de espaciamiento: AM = 10" y AM = 75" respectivamente, lateral de espaciamiento AO = 75").

Las fuentes radiactivas fueron las de Am Be (emisora de neutrones rápidos) y de Cs 137 (emisora de radiación gamma).

II.2.2.5. Procesamiento de la información

Los registros de campo fueron procesados en gabinete de manera de producir un gráfico

integrado de las distintas variables en una escala acorde a la necesidad de los estudios. Para ello se utilizaron software de digitalización y graficación adecuados.

Se presenta la lámina correspondiente al Pozo LEYES 1, Gráfico Nro. 5, ubicado en la Margen Derecha del Ayo. Leyes, unos 1200 metros aguas abajo del Puente sobre la Ruta Provincial Nro. 1.

II.2.2.6. Análisis de los resultados

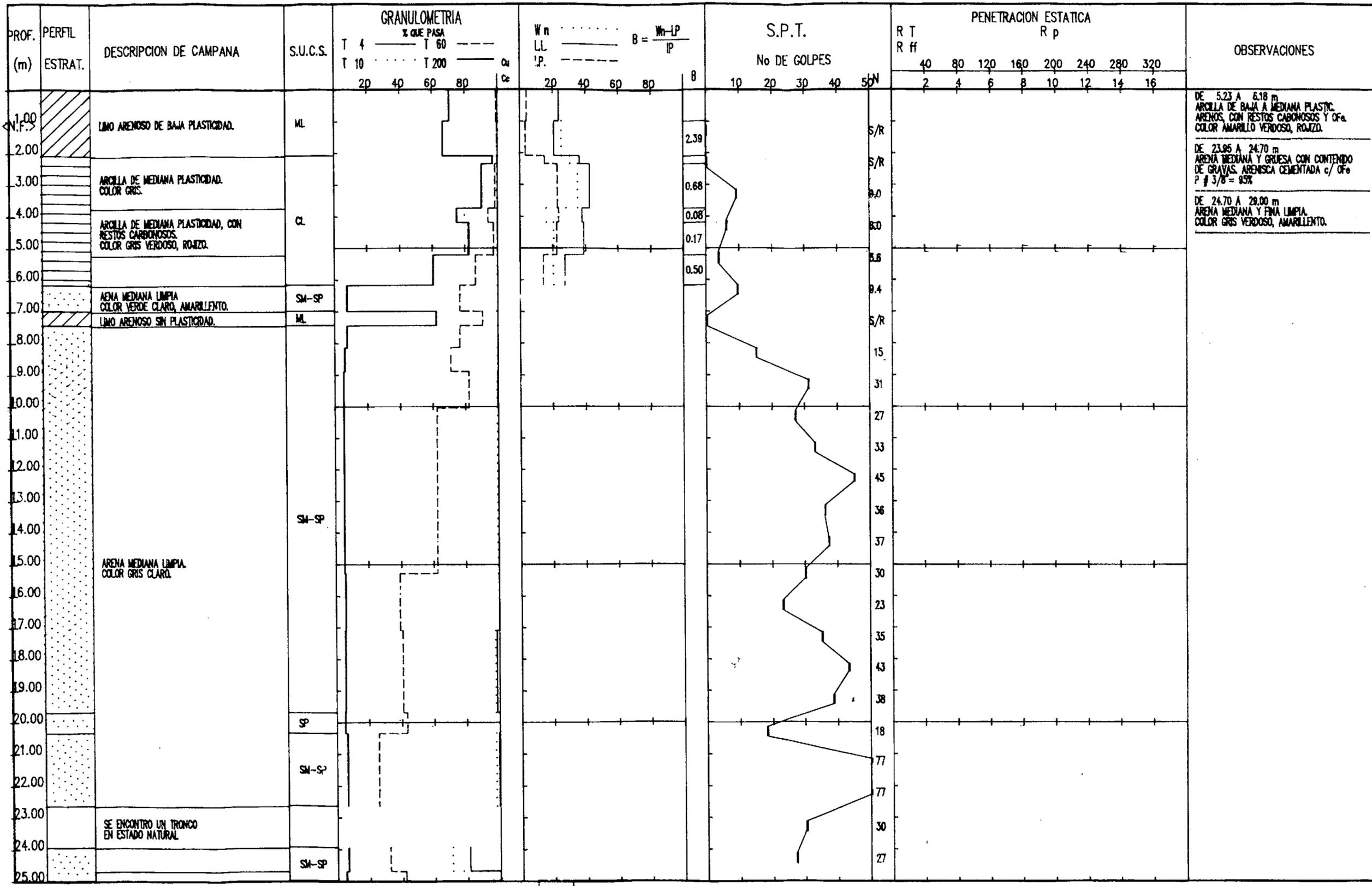
Los resultados obtenidos permiten obtener las siguientes conclusiones:

- El registro gamma-natural, expresado en unidades de cuentas por segundo, muestra un nivel de contenido de material fino muy bajo en las arenas, ello se deduce a partir de los bajos niveles de radiación. Debe señalarse que por problemas de diámetro de la sonda la misma solo pudo registrar hasta una profundidad de 21.50 metros. Los niveles más arcillosos entre las profundidades de 2.0 a 6.0 metros.

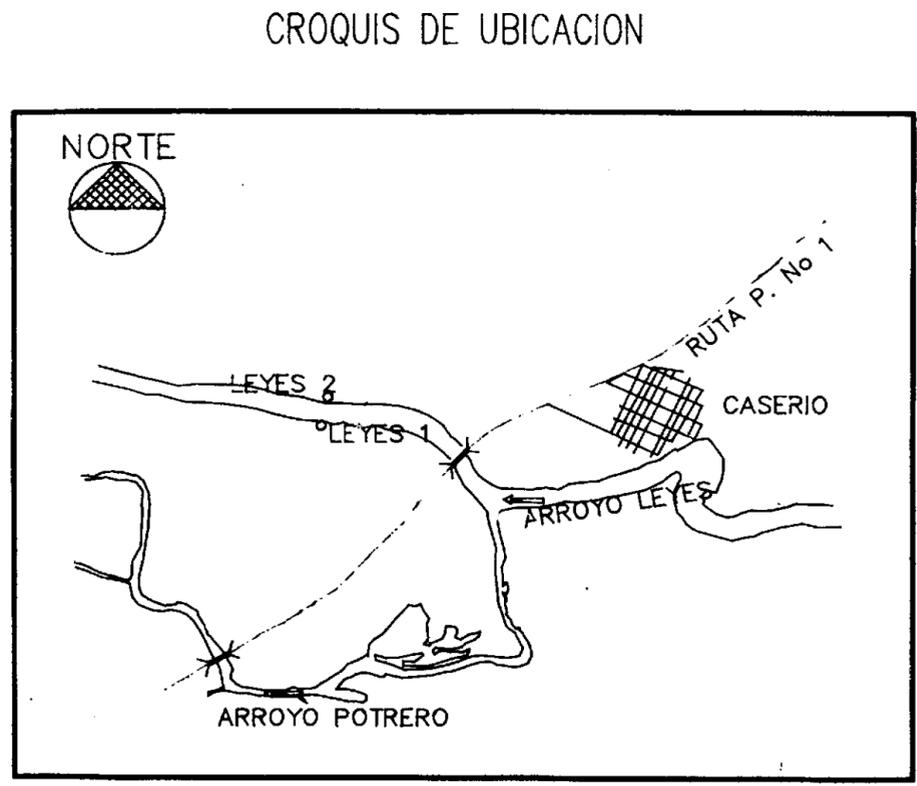
- Los registros eléctricos, en unidades de Ω metros, presentan tres unidades muy marcadas, correspondiendo la primera, hasta aproximadamente los 5.50 metros, a partir de la cual comienza la fracción arenosa del perfil. Hasta 28.00 metros saturada de agua dulce y a partir de allí con agua mineralizada (resistividades menores a 2.0 ohm-metros). La sonda normal larga en las primeras medidas está influenciado por una tramo de cañería de maniobra de 3.30 metros.

- El registro neutrónico, en unidades de cuentas por segundo, presenta una formación superior, correspondiente a los materiales finos con bajo conteo neutrónico, elevada porosidad hasta los 5.50 metros, y una secuencia nuevamente porosa a partir de los 32.0 metros.

- El registro de densidad (primer espaciado), en unidades de cuentas por segundo, esta influenciado en la parte superior por una tramo de cañería de 3.30 metros, los que produce un conteo anormalmente disminuido. A partir de allí ls densidades muestran la dismunción correspondiente a los finos superiores, y luego una alternancia de niveles de densidades uniformes. Entre 23.0y 23.50 metros la sonda de densidad registra un descenso de la misma, producto de haber atravesado la perforación material vegetal (tronco). Otro nivel bajo de densidades se corresponde entre 30.0 y 32.50 metros, finalmente se alcanzan los valores mayores registrados hasta final de pozo.



ESTUDIO: PERF. DE TRAZA POZO: LEYES 1
 COORDENADAS X: COTA DE BOCA DE POZO:
 Y: NIVEL FREATICO: -1.10 m
 PROGRESIVA: FECHA:

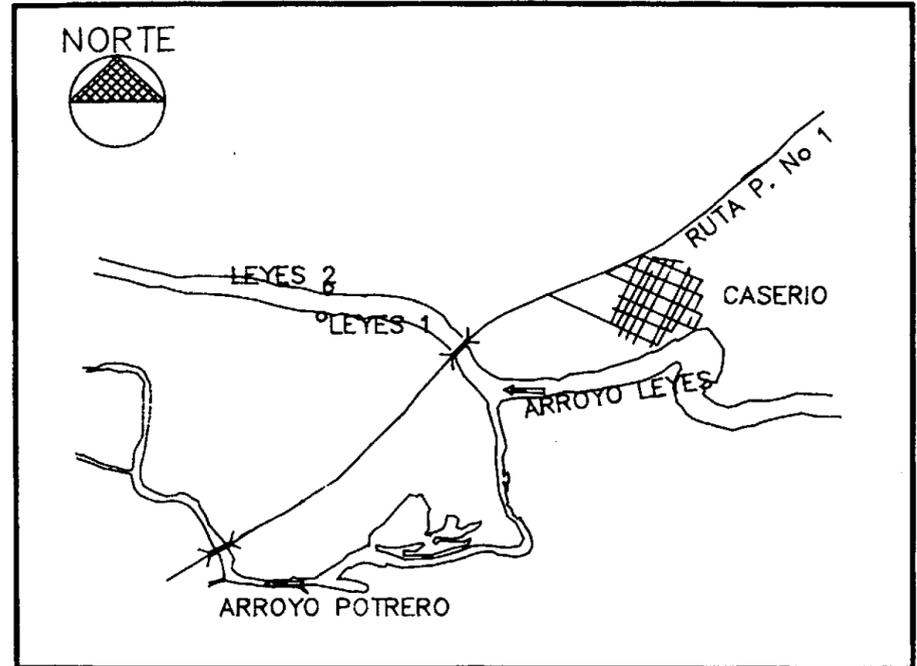


GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE MINISTERIO DE OBRAS, SERVICIOS PUBLICOS Y VIVIENDA		
ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES-SETUBAL	CONVENIO CFI-PCIA. DE SANTA FE EJECUTOR UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL	
LEYES 1	ORGANISMOS INTERVENIENTES	
	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL	
DIRECCION COORDINACION GRAFICA COMPUTADA ANTECEDENTES	ING. LUIS J. PUCCINELLI ING. EDUARDO L. DIAZ ING. LUIS VERGA	
	PLANO No II.2.1	FECHA MARZO 1994
		ESCALA VERT. 1: 100 HOR. 1:

PROF. (m)	PERFIL ESTRAT.	DESCRIPCION DE CAMPANA	S.U.C.S.	GRANULOMETRIA % QUE PASA				W _n LL I.P.	B = $\frac{W_n - LP}{IP}$	S.P.T. No DE GOLPES	PENETRACION ESTATICA R p							OBSERVACIONES														
				T 4	T 60	T 100	T 200				20	40	60	80	10	20	30		40	50	60	80	120	160	200	240	280	320				
26.00	[Dotted pattern]	ARENA MEDIANA Y FINA LIMPIA. COLOR GRIS VERDOSO, AMARILLENTO.	SM-SP							32														DE 29.00 A 29.25 m ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD. DE 29.25 A 29.45 m ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD, MUY ARENOSA (GRUESA).								
27.00										41																						
28.00										67																						
29.00										54																						
30.00										22																						
31.00																																
32.00																																
33.00																																
34.00																																
35.00																																
36.00																																
37.00																																
38.00																																
39.00																																
40.00																																
41.00																																
42.00																																
43.00																																
44.00																																
45.00																																
46.00																																
47.00																																
48.00																																
49.00																																
50.00																																

ESTUDIO: PERF. DE TRAZA
 COORDENADAS X:
 Y:
 PROGRESIVA:
 POZO: LEYES 1
 COTA DE BOCA DE POZO:
 NIVEL FREATICO : -1.10 m
 FECHA:

CROQUIS DE UBICACION



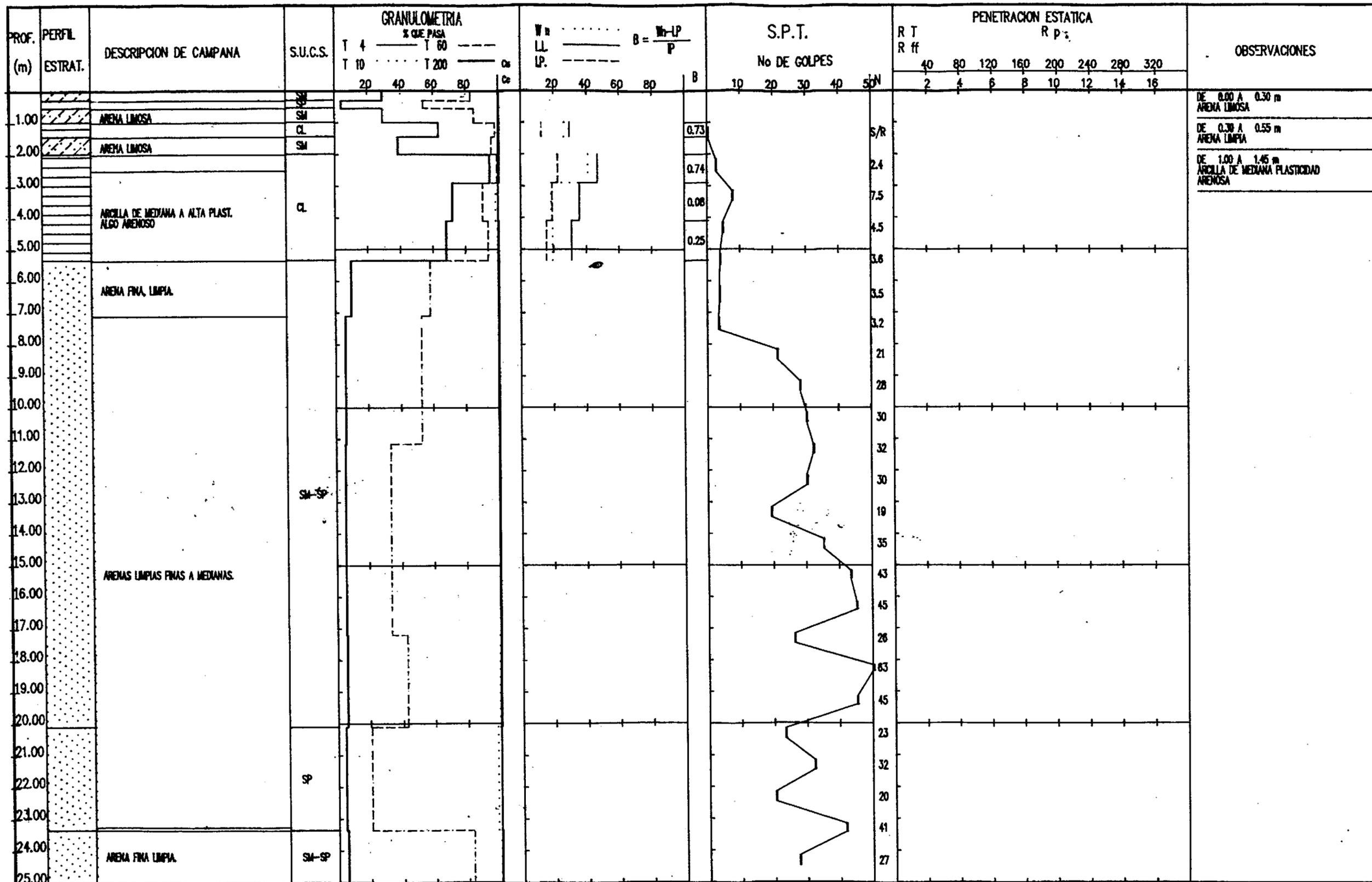
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE
 MINISTERIO DE OBRAS, SERVICIOS PUBLICOS Y VIVIENDA

ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES-SETUBAL
 CONVENIO CFI-PCIA. DE SANTA FE
 EJECUTOR UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

LEYES 1
 ORGANISMOS INTERVINIENTES
 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

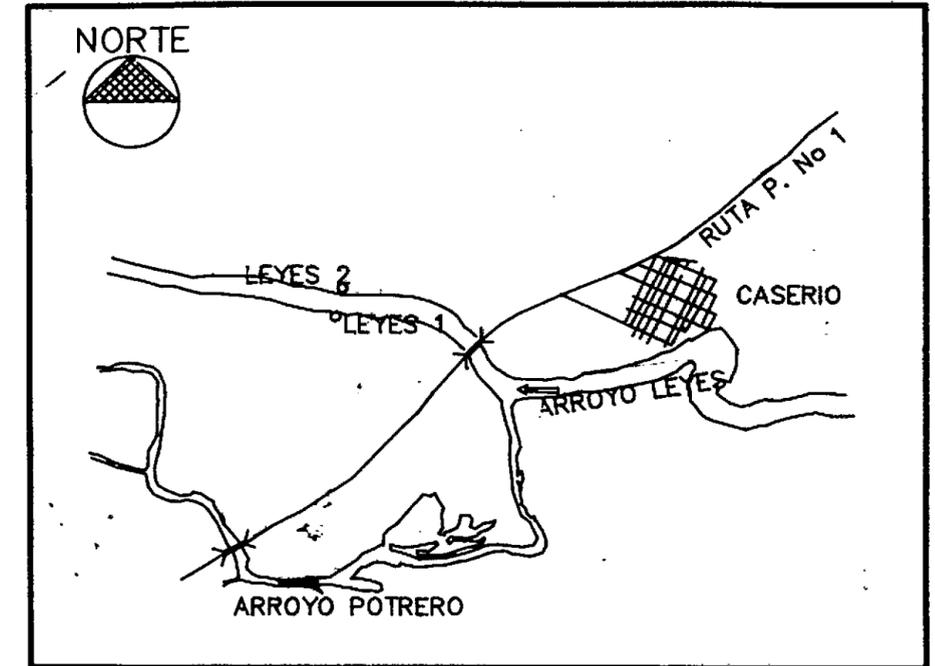
DIRECCION COORDINACION GRAFICA COMPUTADA ANTECEDENTES
 ING. LUIS J. PUCCINELLI
 ING. EDUARDO L. DIAZ
 ING. LUIS VERGA
 DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS
 CENTRO REGIONAL LITORAL DEL INSTITUTO NACIONAL

PLANO No	FECHA	ESCALA
II.22	MARZO 1994	VERT. 1 : 100 HOR. 1 :



ESTUDIO: PERF. DE TRAZA POZO: LEYES 2
 COORDENADAS X: COTA DE BOCA DE POZO:
 Y: NIVEL FREATICO:
 PROGRESIVA: FECHA:

CROQUIS DE UBICACION



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE
 MINISTERIO DE OBRAS, SERVICIOS PUBLICOS Y VIVIENDA

ESTUDIO SISTEMA HIDRICO LEYES-SETUBAL
 CONVENIO CFI-PCIA. DE SANTA FE
 EJECUTOR UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

LEYES 2
 ORGANISMOS INTERVIENTES
 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

DIRECCION COORDINACION GRAFICA COMPUTADA ANTECEDENTES
 ING. LUIS J. PUCCINELLI
 ING. EDUARDO L. DIAZ
 ING. LUIS VERGA
 DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS
 CENTRO REGIONAL LITORAL DEL INSTITUTO NACIONAL

PLANO No	FECHA	ESCALA
II. 2.3	MARZO 1994	VERT. 1: 100 HOR. 1:

II ESTUDIOS BASICOS

II.3 ESTUDIO GEOMORFOLOGICO

II.3.1. INTRODUCCION.

II.3.2. INFORMACION RECOPIADA.

II.3.3. DESCRIPCION GENERAL DE LOS ARROYOS LEYES Y POTRERO.

II.3.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES.

II.3.3.2. ASPECTOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS.

II.3.3.3. RELACIONES MORFOLÓGICAS Y DE RÉGIMEN EN EL ARROYO LEYES.

II.3.4. EVOLUCION HISTORICA DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS GENERALES Y LOCALIZADAS.

II.3.5. TENDENCIAS EVOLUTIVAS EN EL ARROYO LEYES.

II.3.6. LA SITUACION DE LAS EMBOCADURAS DE LOS RIOS COLASTINE COLORADO Y DESEMBOCADURA RIO SAN JAVIER.

II.3.6.1. CONSIDERACIONES GENERALES E INFORMACIÓN UTILIZADA.

II.3.6.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE SECCIONES.

II.3.6.2.1. EMBOCADURA ARROYO COLORADO.

II.3.6.2.2. EMBOCADURA RÍO COLASTINÉ.

II.3.6.2.3. COLASTINÉ LUEGO DE BIFURCACIÓN LEYES - COLASTINÉ.

II.3.6.2.4. EMBOCADURA ARROYO LEYES.

II.3.6.2.5. DESEMBOCADURA RÍO SAN JAVIER.

II.3.6.3. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES.

II.3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

FIGURAS.

TABLAS.

Reconocimiento: A la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables, Departamento Paraná Medio, por la predisposición y colaboración prestada en todo momento para la realización de este trabajo.

II.3 ESTUDIO GEOMORFOLOGICO

II.3.1. INTRODUCCION.

El "Estudio de Prefactibilidad Subsistema Hídrico Leyes Setúbal - Segunda Etapa" contempla un estudio geomorfológico que persigue los siguientes objetivos (plan de trabajo acordado entre el CFI y la UNL en el acta firmada en setiembre de 1993):

. Definir en el A° Leyes el lugar más adecuado, desde el punto de vista de su estabilidad morfológica, para el emplazamiento de las obras de regulación previstas.

. Establecer la necesidad de obras complementarias en el sitio elegido.

. Realizar un análisis expeditivo de la distribución de caudales de los cauces del sistema que abastecen al Leyes (ríos Colastiné y San Javier). Ello brindaría elementos para estudiar la viabilidad técnica y económica de obras que disminuyan el ingreso de caudales al A° Leyes.

En el presente Informe se da cumplimiento a esos objetivos incluyendo, aunque no estaba contemplada en el acta referida, las primeras evaluaciones sobre la estabilidad morfológica del A° Potrero a la altura del puente de la Ruta Provincial N° 1 (R.P. N° 1).

En el Item II.3.2 de lo que sigue, se brinda el detalle de la información utilizada para la realización del trabajo. La descripción general de los cursos estudiados, se desarrolla en el Item II.3.3, y comprende sus características físicas globales, aspectos hidráulicos y sedimentológicos y el cálculo de relaciones morfológicas y basadas en la teoría de régimen.

El Item II.3.4 abarca todo el análisis acerca de la evolución histórica de la morfología de los cauces del Leyes y Potrero.

Con los resultados surgidos de los Items II.3.3 y II.3.4, y haciendo uso de modernos desarrollos acerca de la teoría de corrientes meandrosas, en el Item II.3.5 se efectuaron los pronósticos acerca de las tendencias morfológicas futuras en el A° Leyes. Surgen de allí los tramos más convenientes para el emplazamiento de las futuras obras.

En el Item II.3.6 se trata el tema contemplado en el último de los objetivos enunciados, mediante un estudio que combina la evolución morfológica de las secciones transversales en los ríos Colastiné y Colorado y en la desembocadura del San Javier, así como de las características hidráulicas de las mismas.

Finalmente, en el Item II.3.7 se brindan las conclusiones y recomendaciones surgidas de todas las tareas ejecutadas.

II.3.2. INFORMACION RECOPIADA.

El material recopilado para la ejecución de este trabajo, se compone esencialmente de planos batimétricos y fotografías aéreas históricas del sistema fluvial en estudio. Se realizaron, asimismo, dos campañas al Arroyo Leyes con el objetivo de actualizar los datos granométricos del material de fondo y relevar expeditivamente secciones transversales particulares de ese curso de agua. Se contó además, con los resultados de dos perforaciones en la llanura aluvial sobre ambas márgenes del Leyes.

A continuación se brindan todos los detalles correspondientes al material señalado y de las tareas llevadas a cabo para recolectar información.

Información batimétrica.

- Plano N° 12133 del A° Leyes en la zona del Puente de la ruta P.N° 1. Levantamiento del 23-26/11/1959. Esc.: 1:1000. Procedencia: Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (DNCP y VN).

- Plano N° 13157 (Lámina N° 3) del río Paraná entre km 609 - 655. Relevamiento del 5-7/1971. Esc.: 1:5000. Procedencia: DNCP y VN.

- Plano N° 13349 (Láminas N° 1 y 2) del río Colastiné entre km 598 - 637. Levantamiento del 11-12/1971 y 1/1972. Esc.: 1:2000. Procedencia: DNCP y VN.

- Plano N° 13350 de los Arroyos Leyes y Potrero. Levantamiento del 16/12/1971 al 16/10/1972. Láminas 1, 2 y 3: Arroyo Leyes. Lámina 1; Arroyo Potrero (embocadura). Esc.: 1:2000. Procedencia: DNCP y VN.

- Plano N° 01 del A° Leyes en la zona del puente R.P. N° 1. Relevamiento batimétrico y trayectorias de flotadores. Diciembre 1983. Esc.: 1:1000. Procedencia: Agrimensor Scioli y Asociados.

- Plano N° 14676. Lámina N° 1: Arroyo Leyes - Embocadura río Colastiné. Lámina N° 2: Arroyo Leyes. Levantamiento del 6-14/9/1988 y 13-22/9/1989. Esc.: 1:5000. Procedencia: DNCP y VN.

- Plano N° 14721 (Lámina N° 2) del río Paraná, zona Chapetón (km 627 - 641). Levantamiento del 10-17/2/1989. Esc.: 1:5000. Procedencia: DNCP y VN.

- Plano N° 20 del Arroyo Leyes en la zona del Puente R.P. N° 1. Relevamiento del 17/11/1993. Esc.: 1:1000. Procedencia: Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH).

Fotografías aéreas.

- Fotografías del Arroyo Leyes. Esc.: 1:10000. Fecha: 7/11/1974. Procedencia: Empresa

Evaluación del Recurso S.A. (Evarsa).

- Fotografías del Arroyo Leyes. Esc.: 1:20000 (1976 - 1988 - 1992) y 1:10000 (1993). Fechas: 21/3/1976, 1988, 5-10/7/1992 y 10/8/1993). Procedencia: Fuerza Aérea Argentina - Segunda Brigada Aérea (FAA - 2°BA).

- Fotografía zona Puente R.P. N° 1 sobre Arroyo Potrero. Esc.: 1:20000. Fecha: 1988. Procedencia: FAA - 2°BA.

- Fotografías zona embocaduras ríos Colorado y Colastiné. Esc.: 1:20000. Fecha: 1988. Procedencia: FAA - 2°BA.

Información diversa.

- Curvas de descarga de los Arroyos Leyes y Potrero en los puentes de la R.P. N° 1. Ceros de las escalas hidrométricas del lugar. Superposición de secciones transversales aguas arriba del puente de la R.P. N° 1 sobre el Arroyo Leyes entre 1983 y 1993. Procedencia: Archivo del Laboratorio de Hidráulica de la FICH.

- Planos de las obras del puente de la R.P. N° 1 sobre el Arroyo Leyes y relevamientos especiales en el lugar. Procedencia: Dirección Provincial de Vialidad. Archivo: Laboratorio de Hidráulica de la FICH.

Perforaciones.

Como parte del estudio se efectuaron perforaciones sobre ambas márgenes del Arroyo Leyes, aproximadamente 1300 m aguas abajo del puente de la R.P. N° 1. Profundidad desde la boca de pozo de la perforación 1 (margen izquierda): 30 m. Profundidad desde la boca de pozo de la perforación 2 (margen derecha): 37.5 m.

Campañas realizadas.

- Fecha: 28/12/1993 - 30/12/1993.

- Número de muestras de sedimento de fondo tomadas: 10.

- Muestreador utilizado: cónico por arrastre.

- Número de secciones transversales relevadas (sin apoyo de tierra): 10.

Equipo utilizado: sonda ecógrafa RAYTHEON DE 719.

- Altura hidrométrica (escala Vuelta del Pirata): 6.65 m.

- Localización aproximada de puntos de muestreo y secciones transversales: Fig. 1.

- Análisis de las muestras: Laboratorio de Sedimentología de la FICH. Procedimientos utilizados: tamizado en seco (fracción arena); tubo de extracción de fondo (limo y arcilla).

II.3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ARROYOS LEYES Y POTRERO.

En la descripción de las características físicas, hidrosedimentológicas y morfológicas de los Arroyos Leyes y Potrero es necesario considerar dos situaciones: la previa a la gran creciente de 1982 - 1983 y la posterior a ella. El efecto traumático que este evento significó para el sistema fluvial del Paraná, se debió no sólo a sus niveles y caudales, sino principalmente a su duración. Esas consecuencias, analizadas en detalle para otros cursos principales de la llanura aluvial (Refs. 6 y 7), también se presentan en el Leyes y el Potrero, por lo que, en lo que sigue, permanentemente se comparan las características de los ríos estudiados, antes y después de la creciente mencionada. De este modo no sólo se visualizan las modificaciones ocurridas sino que, también, es posible inferir probables tendencias de comportamiento futuro.

II.3.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES.

El Arroyo Leyes escurre a lo largo de 17 km desde su embocadura en el río Colastiné hasta el comienzo de su delta frente a la laguna Leyes o Santo Domingo. Ese recorrido era de 17.5 km antes de la gran creciente de 1982 - '83 como consecuencia de la presencia del meandro de la Vuelta del Pirata el cual se rectificó durante dicha creciente. Este proceso de corte de meandro se analiza en detalle más adelante.

Inmediatamente luego de su embocadura, el Leyes recibe sobre su margen derecha los aportes de los arroyos Chipas y Siete Millones, sus tributarios más importantes. Aproximadamente 450 m aguas arriba del puente sobre la R.P. N° 1 nace sobre su margen izquierda el Arroyo Colorado - Potrero, el cual luego de dar nacimiento al A° Ubajay, cruza la R.P. N° 1 y termina desembocando en la laguna Setúbal.

Los anchos medios del Arroyo Leyes considerando todo su recorrido, antes y después de la creciente de 1982 - '83 respectivamente, son los siguientes:

B = 160 m (determinado con información de 1971 - '74)

B = 190 m (determinado con información de 1988 - '93)

Por su parte los anchos del Arroyo Potrero a la altura del puente sobre la R.P. N° 1 antes y luego del evento mencionado son los siguientes:

B = 60 - 70 m (determinado con información de 1972)

B = 90 - 100 m (determinado con información de 1993)

(Todos los anchos mencionados corresponden a una situación de río encauzado con niveles

hidrométricos comparables).

La dirección de escurrimiento del Arroyo Potrero coincide con la general de los principales cursos fluviales del sistema en el lugar: aproximadamente NE - SO. El Arroyo Leyes en cambio, comienza escurriendo hacia el norte a lo largo de 650 m, para luego cambiar bruscamente de rumbo describiendo una curva muy cerrada y continuar con una dirección E - O, transversal al sentido general de escurrimiento (Fig. 1). La orientación particular de este río, tiene influencia sobre su pendiente hidráulica en relación a las de otros cursos principales del sistema.

La configuración en planta de ambos ríos presenta numerosas curvas y contracurvas (Fig. 1), con algunos tramos rectos extensos en el caso del A° Leyes. Es particularmente notable en este último curso, el tramo recto que se desarrolla a lo largo de aproximadamente 3 km a partir de unos 200 m aguas abajo del puente sobre la R.P. N° 1. La apariencia global en planta sugiere que tanto el Leyes como el Potrero responden a la dinámica general de cursos meandrosos. El análisis de este aspecto, clave para los objetivos del presente trabajo, se ha concentrado en los puntos II.3.3.3, II.3.3.4 y II.3.3.5, los más importantes de este Informe.

II.3.3.2. ASPECTOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS.

En Ref. 6, se ha demostrado mediante la superposición de curvas de descarga antes y después de 1983, como han variado los caudales líquidos que escurren por el Arroyo Leyes como consecuencia de la creciente de ese año. Esas curvas de descarga fueron ajustadas en secciones de aforo a la altura del puente de la R.P. N° 1. Los resultados de ese análisis, permitieron comprobar que hasta una cota de alrededor de 14.3 m IGM (6.5 m en la escala de la Vuelta del Pirata), los caudales del río no han variado mayormente antes y después de la fecha mencionada. También se señalaba en esa oportunidad (véase Tabla 1 reproducida de Ref. 6), que dado el gran incremento del área transversal producida por los procesos erosivos de la creciente, la constancia de caudales para los niveles mencionados, resultó en una marcada disminución de la velocidad media del escurrimiento. Ello trajo aparejado un intenso proceso de depositación que, como se demuestra en el Item II.3.4 de este Informe, abarca determinados sectores del Arroyo Leyes y continua hasta el presente.

Cuando el nivel supera los 14.3 m IGM, comienzan a escurrir por el río caudales progresivamente mayores que los registrados antes de 1983. Es así que para el nivel de desborde por ejemplo (\approx 15 m IGM; 7.3 m en la escala de la Vuelta del Pirata), la diferencia sería la siguiente:

$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ (curva de descarga de 1972)

$Q = 1300 - 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (curva de descarga luego de 1983)

(valores aguas abajo de la embocadura del A° Potrero)

Por encima de los 15 m IGM, la diferencia es cada vez más notable como consecuencia de la acción combinada de las secciones incrementadas y la diferencia de niveles aguas arriba y abajo de la R.P. N° 1 (Ref. 9).

En el Arroyo Potrero la información de caudales es escasa y la correspondiente a batimetrías aún más reducida. Sin embargo el incremento de anchos detectados a la altura del

puente sobre la R.P. N° 1 antes y después de 1983 y caudales aforados durante 1970 - 1972 (Ref. 10) y luego de 1983 (archivo Laboratorio de Hidráulica de la FICH), permiten inferir que su comportamiento a partir de esa fecha no sería similar al del Leyes, ya que estaría transportando caudales sensiblemente mayores para todos los niveles de agua:

Cota IGM (m)	Q antes de 1983 (m ³ /seg)	Q después de 1983 (m ³ /seg)
13.90 (6.14 m Vuelta del Pirata)	125	230
15.05 (7.30 m Vuelta del Pirata; niv. de desborde)	260	aprox. 600
16.80 (9.05 m Vuelta del Pirata)	---	3425 (máx. aforado crec. 1983)

En el Item II.3.4, se sugiere una explicación para este incremento de la capacidad de conducción del A° Potrero.

Los pocos datos de pendiente hidráulica disponibles están referidos únicamente al A° Leyes. En Ref. 10 se informa acerca de pendientes observadas entre 1971 y 1972 entre 0.4 cm/km para aguas bajas (3 - 4 m en escala de la Vuelta del Pirata) y 2 - 3 cm/km para niveles próximos a la cota de desborde (\approx 7 m en escala de la Vuelta del Pirata). Se destaca, asimismo, la reducida pendiente del Leyes en relación con la de los otros cauces principales del sistema, los ríos Colastiné y Paraná, con pendientes de entre 3.5 y 4.5 cm/km. El sentido del escurrimiento del Leyes, transversal a la llanura aluvial tal como se explicaba anteriormente, sería la causa de sus bajas pendientes. Teniendo en cuenta la morfología actual del río, el modelo matemático disponible (Ref. 5) ha predicho para un caudal cercano al de desborde (1700 m³/s), una pendiente general de 1.9 cm/km, en el orden de las mencionadas. Es interesante señalar con relación a este aspecto, que en el Canal de Acceso al Puerto de Santa Fe, con una dirección similar a la del Leyes, se han medido pendientes del orden de 0.7 cm/km (Ref. 12).

Con referencia a la composición granométrica del material que constituye el fondo de los ríos en estudio, los datos disponibles previos a 1983 (Ref. 10), (tres muestras en una sección del Leyes a la altura del puente sobre la R.P. N° 1), revelaron medianas (d₅₀) del siguiente orden: 39 μ m, 17 μ m y 125 μ m. Se mencionaba en esa oportunidad, que la existencia de dunas en varios sectores de este río sugería la presencia de cierta proporción de arena, muy fina en el lecho. Se interpretaba, asimismo, a la luz de esa y otras evidencias, que el río Colastiné transportaba la mayoría de la fracción arena tomando el Arroyo Leyes una muy pequeña proporción.

En las dos campañas llevadas a cabo con motivo de este trabajo, se tomaron 10 muestras de material de fondo, que permitieron contar con un panorama actualizado del sedimento del lecho. En la Tabla 2, se presentan los resultados de los análisis de esas muestras, en Fig. 1 la

ubicación aproximada de los puntos de muestreo y en Figs. 2 a 5 algunas de las distribuciones granométricas resultantes. En Tabla 2 también se incluyen datos de muestras tomadas en la desembocadura del Leyes (al comienzo de su delta), publicadas en Ref. 6. Se advierte que las muestras con 100% de arena, tomadas fundamentalmente en el thalweg, poseen diámetros medios en el tamaño de las arenas finas y medias.

Es interesante la composición de las muestras 2 y 8, tomadas en el centro del cauce de las secciones A y G respectivamente (ver Fig. 1). Ambas presentan altos contenidos de limo y arcilla, lo que evidenciaría los procesos de depositación a los que se aludía anteriormente y que se analizan en el Item II.3.4.

La muestra 3 tomada en el thalweg de la Sección B, localizada en el ápice de la gran curva que describe el Leyes luego de su embocadura, presentó una composición particular con un bajo porcentaje de la fracción de arena. La muestra al extraerla del río mostró una apariencia de arcilla dura y compacta no habitual a esa cotas (- 10 m IGM; Fig. 9) en la llanura aluvial del Paraná (Refs. 4 y 5). Este hecho, junto con la forma aproximadamente triangular de la sección relevada, con máximas profundidades del lado interno de la curva, evidenciarían algún tipo de control estructural del escurrimiento del río en esa zona. La verificación de estas circunstancias requerirían mediciones adicionales (relevamientos, muestreos detallados de material de fondo y perforaciones) que escapan a los objetivos del presente trabajo.

II.3.3.3. RELACIONES MORFOLÓGICAS Y DE RÉGIMEN EN EL ARROYO LEYES.

Con el fin de contribuir a la caracterización de las corrientes en estudio y contar con más elementos para comprender su comportamiento y futuras tendencias, se creyó conveniente:

- . determinar una serie de parámetros morfológicos de esos cursos de agua, además de los ya presentados, y comparar las relaciones entre ellos con las que se presentan en la literatura.

- . establecer las condiciones hidráulicas de régimen de estos ríos empleando las expresiones de la "teoría de régimen" (Ref. 13), como un medio para estimar por comparación, su grado de apartamiento de las condiciones actuales.

El Arroyo Leyes es el único curso en el que se contó con toda la información necesaria como para realizar las tareas planteadas. Es así que se llevó a cabo en base a las fotografías aéreas de 1974 y 1988 la medición de longitud (Lm), amplitud (Am) y radio de curvatura (rc) de los meandros identificados en las mismas. En el relevamiento de 1974 se consideraron 7 meandros y en el de 1988 sólo 5, como consecuencia de los procesos de rectificación que sufrió el río en alguno de sus sectores. Cabe señalar, que en ninguno de los dos casos se consideró como "meandro aluvial" (consecuencia de la dinámica de erosión y depositación del sedimento transportado por el río), a la gran curva existente luego de la embocadura del Leyes. Ello se debió a lo que se comentaba anteriormente sobre la posibilidad de la existencia de un "control estructural" para la dirección que sigue el río en ese lugar. En definitiva los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Año	Lm(m)			Am(m)			rc (m)		
	M	m	med	M	m	med	M	m	med
1974	1940	920	1400	820	90	360	2330	200	890
1988	2040	1280	1500	930	110	420	2020	320	830

M: máximo m: mínimo med: medio

En lo que se refiere al meandro a la altura del puente sobre la R.P. N° 1, sus parámetros específicos resultaron ser los siguientes:

Año	Lm (m)	Am (m)			rcm)	
		AA	aa	T	AA	aa
1974	1940	220	165	385	530	920
1988	2040	210	200	410	700	860

AA: curva aguas arriba del Puente; aa: curva aguas abajo del Puente; T: total.

Se advierte que este meandro en particular, cuya evolución se analiza en detalle en el Capítulo 4, presenta la máxima longitud de todos los relevados en el río para ambas fechas. Su amplitud total creció luego de 1983, pero fundamentalmente a expensas de la curva de aguas abajo del Puente de la R.P. N° 1, manteniéndose en el orden de los valores medios para todo el río. El radio de curvatura de la curva de aguas arriba se amplió luego de 1983 aproximándose a los valores medios para todo el río.

Es sabido que en corrientes meandrosas la longitud de los meandros y el ancho medio del curso están íntimamente relacionados. En la literatura se han propuesto valores para la relación entre Lm/B que varían entre 6 y aproximadamente 10 (Refs. 14 y 16). La no despreciable dispersión de los datos con que se ha ajustado la vinculación entre Lm y B , sería en buena medida la causa de esa variación. El primer valor (6), sin embargo, es el que posee mayor sustento teórico ya que está basado en la estructura de la macroturbulencia que da lugar a las corrientes secundarias que originarían los meandros. En el caso del A° Leyes la relación Lm/B adquirió los siguientes valores:

Año	1974	1988
Valor medio	8,75	7,9
Meandro Puente R.P.N° 1	12.10 (B = 160 m)	8.50 (B = 240 m)

Se advierte que el Leyes presenta relaciones de Lm/B que se encuadran perfectamente en el orden de las observadas para ríos típicamente meandrosos.

En lo que se refiere a la amplitud, las relaciones con el ancho que se han propuesto en la literatura no poseen la consistencia de la presentada para Lm , ya que tienen coeficientes con una muy elevada variación de acuerdo a su origen (Ref. 11).

Es interesante analizar en el Leyes la relación entre el radio de curvatura y el ancho en el meandro del puente sobre la R.P. N° 1. En este sentido, se ha demostrado (Ref. 14) que la relación rc/B debe tender a un valor entre 2 - 3, puesto que en este punto el meandro alcanza un máximo local de resistencia por curvatura y disipa energía con máxima eficiencia. Esta interpretación se basa en el hecho de que en corrientes meandrosas las curvas se desarrollan para neutralizar los excesos de energía. En el caso del meandro mencionado, los valores de rc/B , resultaron ser los siguientes:

Año	1974	1988
Aguas arriba	3.3	2.9
Aguas abajo	5.8	3.6

Se advierte que luego de 1983 el meandro en forma global ha evolucionado hacia valores de rc/B que le permiten disipar más eficientemente los excesos de energía. De acuerdo a la interpretación anterior no se deberían esperar cambios morfológicos futuros prolongados (un incremento continuo de la amplitud, por ejemplo) (Ref. 14).

Otro elemento que contribuye a entender el comportamiento del A° Leyes y sus probables tendencias, lo constituye la aplicación al mismo de las expresiones de la "teoría de régimen" (Ref. 13). Con ellas se pueden obtener las características geométricas e hidráulicas de canales y ríos aluviales "en régimen", es decir aquellos en que no se produce una erosión o depositación neta al cabo de un ciclo anual para un caudal de diseño dado. En el caso de corrientes naturales las expresiones de régimen estarían asociadas al caudal de desborde (o de "cauce lleno" o "formativo") (Ref. 11). Para el Leyes esos caudales tienen aproximadamente los siguientes valores (archivo Laboratorio de Hidráulica de la FICH):

	Antes de 1983	Luego de 1983
Aguas arriba embocadura A° Potrero	1300 m ³ /seg	1800 - 2000 m ³ /seg
Aguas abajo embocadura A° Potrero	1000 m ³ /seg	1300 - 1500 m ³ /seg

Las relaciones de régimen de Chang presentadas en Ref. 13, permiten establecer para esos caudales y anchos de cauce presentados, una pendiente de régimen del A° Leyes de alrededor de $3 \cdot 10^{-5}$. Si se compara este valor con las pendientes observadas del río antes de 1983 (Ref. 10) para su nivel de desborde, es posible advertir que son idénticas. Es decir, en aquella época el A° Leyes habría estado funcionando en condiciones muy próximas a las de régimen.

Luego de 1983 no existen datos disponibles de pendientes observadas en el Leyes, pero recurriendo a la modelación matemática se pudo obtener información al respecto. En Fig. 6 se presenta un perfil del "pelo" de agua del A° Leyes para un caudal de 1700 m³/s, obtenido con el modelo matemático. Se observa en esa figura, la pronunciada pendiente, superior a la de régimen, que posee el río luego de su embocadura. La gran curva que describe el curso en ese sector, a la cual ya se hizo referencia, podría ser la responsable de esa pérdida de carga. En todo el tramo recto previo al puente de la R.P. N° 1, la pendiente disminuye bruscamente por debajo de la de régimen. Las implicancias de esto se discuten en detalle en los Items II.3.4 y II.3.5. Luego del puente la pendiente sigue siendo muy reducida, menor que la de régimen. Teniendo en cuenta esta configuración, la pendiente media de todo el río es de $1.9 \cdot 10^{-5}$, como se mencionó en II.3.3.2. Esto equivale a decir que, si se mantiene el caudal de desborde, el Leyes estaría tratando de ajustarse a su pendiente de régimen por medio de diversos procesos en determinados sectores de su cauce. Esos procesos se analizan en lo que sigue, brindando especial atención a los tramos de probable emplazamiento de las obras previstas.

II.3.4. EVOLUCION HISTORICA DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS GENERALES Y LOCALIZADAS.

La cartografía más antigua (1918) a la que se pudo acceder con motivo de este trabajo, permitió comprobar que la fisonomía en planta del A° Leyes (Fig. 7) presentaba cualitativamente una gran semejanza con la resultante de relevamientos más recientes. Al comparar por ejemplo las Figs. 1 y 7, se observan claramente a principios de siglo la gran curva que describe el río luego de su embocadura, el meandro de la Vuelta del Pirata y el extenso tramo recto luego del emplazamiento del puente, en ese entonces de madera dura (Ref. 1).

Considerando este hecho y los alcances de la información recopilada: relevamientos batimétricos recién a partir de 1959 y sólo de sectores limitados del río (salvo el efectuado en 1971/72) y fotografías aéreas no restituidas, se decidió llevar a cabo el análisis de la evolución histórica en los tramos directamente relacionados con las obras previstas. Ello se complementó con el examen de otros sectores y secciones transversales, que pueden aportar elementos para interpretar más acabadamente las tendencias futuras de los puntos de interés. En definitiva, el estudio de la evolución morfológica del Leyes se concentró en los siguientes sitios de su curso:

- * Secciones transversales puntuales.
- * El tramo de la Vuelta del Pirata.
- * El tramo del puente de la R.P. N° 1.
- * El tramo recto aguas abajo del puente.

En lo referente al A° Potrero, se presentan aquí los primeros resultados de la evolución histórica en el tramo que comprende el puente de la R.P. N° 1, surgidos de la muy escasa información disponible.

A continuación se detalla lo ejecutado en cuanto a la evolución histórica de la morfología de los A° Leyes y Potrero:

ARROYO LEYES

Secciones transversales puntuales.

En Sección II.3.3.1 se mostró que la gran creciente de 1983, provocó en el A° Leyes un ensanchamiento global de su cauce en alrededor de un 20% (de 160 m a 190 m) en términos medios. Con el fin de visualizar con más detalle los efectos de esa crecida a lo largo del curso (fuera de los sectores analizados más adelante), se seleccionaron una serie de secciones transversales relevadas antes (1959 y 1972) y después de 1983 (1989 y 1993) cuya ubicación se puede apreciar en Fig. 1. En Figs. 8 a 13 se presenta la superposición de esas secciones y en Tabla 3 los valores de área y anchos de boca para el nivel de desborde (≈ 15 m IGM). Cabe señalar que el relevamiento de 1993 fue expeditivo, sin apoyo de tierra, por lo que en Fig. 9 (ápice de la gran curva de entrada) la ubicación en abscisas de los puntos correspondientes es solo aproximada. Para los valores de áreas y anchos de 1993 en Tabla 3, caben las mismas consideraciones: las secciones correspondientes se relevaron aproximadamente en las mismas zonas del cauce que las de los años anteriores.

Es evidente el incremento de las áreas que produjo la crecida de 1983 a lo largo de todo el curso, más aún si se tiene en cuenta que para la fecha del único plano batimétrico disponible luego de ese evento (1989) se pudo haber producido alguna recuperación del fondo en varios sectores del cauce. De acuerdo a los datos de Tabla 3 ese incremento de área habría sido más notable aguas arriba del puente de la R.P. N° 1. Obsérvese que la Sección I, en el tramo recto, aguas abajo del puente, actualmente ya habría recuperado las dimensiones de 1972. Esta sección junto con la H, en este último período, tendrían menores áreas que las previas al puente, probablemente como consecuencia del caudal que se deriva por el Arroyo Potrero. Este llega a ser del 30 - 35 % del caudal que entra al Leyes en situación de desborde, a diferencia del 20% que captaba antes de 1983.

Es notable el incremento de área en el ápice de la gran curva de entrada (sección B), y de los anchos en las secciones A, B y C. Teniendo en cuenta la pendiente a que está sometido este sector del cauce ($5.8 \text{ E-}5$, Fig. 6), que casi duplicaría la de régimen, no se puede descartar la posibilidad de que el río esté en franco proceso de degradación en este tramo a fin de reducir su pendiente y ajustarla a la de equilibrio. Otro hecho significativo en el vértice de esa gran curva, lo constituye la localización de las máximas profundidades en el lado interno de aquella (Fig. 9). Esta situación atípica, podría ser otra evidencia de la existencia de un control estructural para la dirección del escurrimiento en esta zona del Leyes, como se mencionara anteriormente.

El Tramo de la Vuelta del Pirata

En el área de la Vuelta del Pirata se ha verificado uno de los procesos habituales en ríos meandrosos: el corte de un meandro y rectificación consecuente del cauce. Ello ha significado un acortamiento de la longitud del Arroyo Leyes en alrededor de 500 m.

Con los planos batimétricos y fotografías aéreas disponibles, no se puede precisar el período exacto en que se verificó el corte. (En la fotografía de 1976, el meandro todavía existía; en el plano N° 14676 de la DNCP y VN de 1989, ya se había producido la rectificación). Sin embargo, a través de consultas realizadas con los pobladores del lugar, se pudo establecer que: en la creciente extraordinaria de 1977 (H = 5.91 m en Puerto Paraná), ya la intensidad del escurrimiento en el meandro de la Vuelta del Pirata habría disminuido de modo significativo; durante la creciente de 1983 se produjo el desvío definitivo del escurrimiento del río con la rectificación del meandro.

En Fig. 1, confeccionada en base a la fotografía aérea de 1993, se ha superpuesto en línea de trazos el sector de la Vuelta del Pirata tal como aparecía en la fotografía de 1974 (para ello se tuvo el cuidado de lograr la coincidencia de los caminos de acceso y calles interiores del poblado de ese lugar). Es posible, de este modo, observar claramente el recorrido anterior del río y el actual, junto con el ensanchamiento global del cauce, al que ya se ha hecho amplia referencia.

En Figs. 11 y 12, se han representado las secciones D y F, aguas arriba y aguas abajo del meandro de la Vuelta del Pirata, tal como aparecían en 1972 y 1989. En Tabla 3 se incluyen los valores de sus anchos y áreas junto con los de la sección E en el tramo rectificado. Se aprecia que uno de los cambios más notables, aparte del mencionado de áreas y anchos, se ha producido en la sección F, en donde la zona de máximas profundidades se desplazó de margen izquierda (antes del corte) a margen derecha (actualmente). Este último hecho sería consecuencia del comportamiento de los ríos meandrosos en sus tramos rectos. En efecto obsérvese (Fig. 1) que actualmente luego de la gran curva de entrada el cauce del Leyes es aproximadamente recto hasta la curva de aguas arriba del puente. Como se explica en Ref. 11, la rectitud del cauce no impide que la corriente divague dentro del mismo conformando, alternadamente sobre ambas márgenes, zonas de máxima profundidad. En la sección E, inmediatamente aguas arriba de la F, las máximas profundidades aparecen sobre margen izquierda en el plano de 1989 y en el relevamiento de diciembre de 1993.

Ante la evidencia de esta alternancia de zonas profundas sobre las riberas, surge de inmediato el interrogante de si el río no tenderá a conformar un nuevo meandro en la zona. La respuesta a ello tiene que ver con la diferencia entre las pendientes actuales y de régimen del río, lo cual se discute en la Item II.3.5 de este Informe.

En lo referente a la pendiente del Leyes luego de 1983 en la Vuelta del Pirata para caudales próximos a los de desborde, sorprende su bajo valor (Fig. 6) al compararla con la de la situación previa (3°E-5, según Ref. 10), correspondiente a un meandro activo. Esta circunstancia fue analizada en base a la fórmula de Manning aplicada con valores geométricos medios del cauce en el lugar obtenidos a partir de los relevamientos disponibles en 1971 y 1993. Los datos utilizados fueron los siguientes:

Año 1971:

$$Q1 = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h1 = 11 \text{ m}$$

$$B1 = 144 \text{ m}$$

$$n1 = 0,033 \text{ (calculado con la información hidráulica disponible)}$$

Año 1993:

$$Q_2 = 1800 - 2000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_2 = 11 \text{ m}$$

$$B_2 = 208 \text{ m}$$

$n_2 = 0,029 - 0,025$ (estimado teniendo en cuenta que en un tramo recto el valor de n se reduce en un 15 - 30% con respecto al de un meandro; Ref. 3).

donde: Q , caudal de desborde; h , tirante medio de desborde; B , ancho medio del cauce; n , coeficiente de rugosidad de Manning.

Aplicando la fórmula de Manning con estos valores se puede demostrar fácilmente que la relación de pendientes, I , resulta:

$$I_2 = 0,53 - 0,83 I_1$$

La relación no predice el valor absoluto de la pendiente I_2 que surge del modelo matemático en Fig. 6, debido a que en este último caso el caudal de cálculo es algo menor al de desborde y a probables efectos de remanso provocados por la sección de control del puente de la R.P. N° 1 para estos niveles, los cuales no son contemplados en el cálculo hecho con Manning. En cuanto a los valores de n utilizados, obsérvese que aun suponiendo $n_2/n_1 = 1$, la fórmula de Manning predice para $Q \leq 1900 \text{ m}^3/\text{s}$, $I_2 \leq I_1$.

En definitiva se deduce de aquí, que el gran incremento de la sección de escurrimiento luego de 1983, que se traduce fundamentalmente en el aumento del ancho, habría originado una disminución tal de la pendiente, que compensa sobradamente el incremento esperable por la rectificación del cauce.

El tramo del Puente de la R.P. N° 1

Este tramo del Arroyo Leyes, concentra la mayor parte de la información histórica generada sobre la evolución del río, como lógica consecuencia de la importancia de la vía de comunicación que lo atraviesa y los problemas surgidos en la sección de control del puente.

De acuerdo a lo que se explica en Ref. 1, los primeros problemas de erosión de la M.I. con la consecuente amenaza al estribo del puente, se detectaron durante la creciente de 1959. Ello dio origen a uno de los primeros levantamientos batimétricos en el lugar.

Con posterioridad el proceso se fue agravando con el paso de las sucesivas crecientes, hasta que en el evento de 1966 ($H = 6.43 \text{ m}$ en puerto Paraná), se descalzó el estribo izquierdo del puente (foto 22 en Ref. 1), lo que obligó a la posterior prolongación de la estructura en ese sector. El ensanchamiento del cauce durante la creciente de 1983 determinó también la construcción de una ampliación sobre M.D. Sintéticamente, cabe señalar que luego de 1966, se fueron sucediendo hasta el presente una serie de medidas destinadas esencialmente a proteger el estribo y pila de M.I. (sector sur del puente). Esas medidas se intensificaron luego de 1983 y consistieron básicamente en el arrojado de gaviones y escoria de acería que circundaron la pila y el estribo del sector sur (Archivo del Laboratorio de Hidráulica de la FICH).

En la Fig. 1, a la situación actual del Leyes en el tramo del puente, se le ha superpuesto en línea de trazos la que se verificaba en 1974. Se observa nuevamente de manera clara las consecuencias resultantes de la crecida de 1983. Por su parte en Figs. 14 a 16 se ha representado la evolución de 3 secciones transversales ubicadas a 25, 125 y 225 m aguas arriba del puente respectivamente, donde se puede analizar con más detalle la historia de lo sucedido. Los hechos más significativos serían los siguientes:

a) El notable efecto erosivo de la creciente de 1983, ya ampliamente comentado y aquí visualizado con toda claridad. Como se ha explicado en otros trabajos (Refs. 6 y 7), ello ha sido el resultado, fundamentalmente, de la duración de esa crecida. Obsérvese que la sección de 1993 es comparable o menor incluso que la de 1989 a pesar de haber pasado la creciente de 1992 con caudales comparables, pero de mucha menor duración que la de 1983.

b) El intenso proceso de sedimentación que se viene verificando luego de 1983. En este sentido la creciente de 1992 solo habría atenuado ese proceso sin llegar a revertirlo. En Tabla 4 se lo ha evaluado con los siguientes resultados: el volumen depositado entre 1983 y 1993 alcanzó los 227.000 m³ en el área estudiada, lo que produce una tasa media anual de recrecimiento de 0.51 m/año equivalente a 23.000 m³ anuales (nótese que entre 1983 y 1989, antes del evento de 1992, esa tasa era de 0.84 m/año, que equivale a 35.000 m³/año). La reducida pendiente del río en este sector como consecuencia del aumento del área de escurrimiento, de acuerdo a lo que se demostró anteriormente, unido a un probable efecto de remanso del puente para los niveles de desborde, serían la causa de esta sedimentación. Ello da lugar a velocidades medias muy reducidas (véase Tabla 1), que propician la depositación de la arena en suspensión luego de las crecientes e incluso del sedimento más fino para niveles menores. En efecto, los datos de Tabla 2 revelan que el contenido de limo y arcilla de la muestra tomada en el centro del cauce de la sección G, ubicada en este sector (Fig. 1), alcanza un 34%.

c) La creciente de 1992 habría producido una erosión de ambas márgenes en las secciones más alejadas del puente (125 y 225 m aguas arriba del puente). Los desplazamientos de margen izquierda, sin embargo, no serían de importancia ya que alcanzan aproximadamente los 10 m., lo cual estaría en el orden de los errores habituales en el tipo de trabajo de superposición efectuado. Si son de significación, en cambio, los desplazamientos del thalweg en esa dirección entre 1983 y 1993 incrementando los taludes de margen izquierda. En Fig. 19 se puede cuantificar dicho desplazamiento el cual para el tramo comprendido entre las secciones estudiadas alcanza un valor promedio de 30 m. En la sección más cercana al puente (25 m aguas arriba), la ribera izquierda se mantuvo estable luego de 1983, como lógica consecuencia de las obras de protección ya comentadas.

En Fig. 17 y 18, se ha representado la evolución histórica en planta de la isóbata de 0 m referida al hidrómetro de 1971 (9.886 m IGM) y la de 5 m por debajo de ese cero, para el sector del puente, en una extensión aproximada de 1600 m de longitud. Se aprecian aquí nuevamente los signos del ensanchamiento generalizado del cauce luego de 1983 y los desplazamientos poco significativos de M.I. para este último período (1983 - 1993) aguas arriba del puente. Esta representación permite comprobar, además, que en este sector la máxima curvatura del meandro se habría desplazado hacia aguas abajo después de 1983. Se interpreta que esta migración también sería consecuencia de la creciente de ese año, ya que previamente la posición del ápice de la curva se mantuvo estable en el tiempo.

Las Figs. 17 y 18, también permiten estudiar la evolución de la curva del meandro aguas abajo del puente. Es notable luego de 1983, aparte del consabido aumento de ancho, el desplazamiento de la isóbata de 0 m sobre M.D. que llega a un máximo de 130 m en el vértice de la curva con respecto a su ubicación en 1972. El ápice, asimismo, ha migrado alrededor de 500 m hacia aguas abajo. Todos estos hechos llevaron la amplitud del meandro en este lugar de 165 m en 1974 a 200 m en 1988 y redujeron el radio de curvatura dando lugar a las relaciones que se comentaban en 3.3. Se estima que el origen de los fenómenos descritos en este caso, no se debe solo a la acción de la creciente de 1983, sino también a las obras de defensa ya señaladas sobre la M.I. del puente, que han concentrado y enfilado los filetes líquidos sobre M.D. aguas abajo, potenciando los efectos del evento de 1983. Corridas de flotadores efectuadas en el lugar (Ref. 8) sustentan esta interpretación.

Otro análisis efectuado en este sector clave del Leyes, fue el estudio de la evolución de la línea del thalweg en planta y en profundidad. En Figs. 19 y 20 se presentan los resultados. La evolución en planta (Fig. 19), permite apreciar que luego de 1983, el thalweg aguas arriba del puente se aproxima a M.I. en una extensión de aproximadamente 300 m aguas arriba de este. Tal situación se relaciona con la evolución del vértice de la curva comentado anteriormente. Aguas abajo del puente la evolución hacia M.D. de las máximas profundidades es consecuencia de los procesos ya descritos para este sector.

La historia del desarrollo de las profundidades en el thalweg (Fig. 20), revela que, salvo en las proximidades del puente, aquellas han recuperado las cotas previas a 1983 e incluso las han superado aguas abajo. Es notable la profundización que se verifica inmediatamente aguas abajo del puente, que entre 1989 y 1993 se acentuó en aproximadamente 6 m. En el puente mismo, el thalweg actualmente, se encuentra a cota - 6.5 m IGM, mientras que antes de 1983 estaba en alrededor de cota - 2 m IGM. Se interpreta que si no ha existido aquí una recuperación como la que se verifica lejos de la estructura (más allá de los +/- 200 m aproximadamente), ello se debería a efectos de erosiones locales producidas por las obras de defensa ejecutadas luego de 1983. En Fig. 20, se observa que las mayores profundidades inmediatamente aguas abajo del puente en 1993 superan en aproximadamente 3 m las verificadas en 1983, se debe aclarar sin embargo, que inmediatamente luego de la crecida de aquel año, los efectos de erosión local a que se hizo referencia generaron profundizaciones con cotas de hasta - 19 m IGM, pero cuya ubicación no coincidía con la trayectoria del thalweg. El plano de 1993 muestra un corrimiento de esas máximas profundidades que las ubica en correspondencia con la línea del thalweg de dicho plano. Se desprende de aquí la necesidad de llevar a cabo estudios en modelo físico, en lo posible a fondo móvil, para lograr el mejor diseño posible de las obras de regulación (si se decide implementarlas en este sector) y minimizar los efectos erosivos locales negativos que pueden traer aparejados.

El tramo recto aguas abajo del puente.

Luego de la curva que describe aguas abajo del puente de la R.P. N° 1, el A° Leyes comienza a escurrir por un cauce casi recto a lo largo de aproximadamente 3.0 km (Fig. 1).

Ese extenso tramo recto, ya aparece en el plano de 1918 (Fig. 7) y se ha mantenido casi sin variaciones hasta la actualidad. En Ref. 2, se atribuye esa estabilidad a que en el suelo "es preponderante la arcilla gris, lo que explica la resistencia de este curso para soportar la fuerte

carga dinámica fluvial a la que se ha visto sometido en los estados de máxima (crecientes)", sin brindar más datos.

Dada esta invariabilidad morfológica en el tiempo, una de las alternativas para las obras de regulación, contempla su construcción en este sector del Leyes mediante el desvío correspondiente de la R.P. N° 1. En virtud de ello se aconsejó la realización de dos perforaciones en el lugar sobre ambos márgenes del río, con el fin de contar con elementos objetivos acerca de las razones de su estabilidad. Los resultados de esas perforaciones se presentan en las planillas de Anexo I. Se desprende de estos datos, que en general la composición de la llanura aluvial en esta zona no difiere de la que se encuentra normalmente en el área (Refs. 4 y 5), esto es: un primer manto de 5 a 6 m de espesor de limos y arcillas arenosos de mediana plasticidad y baja compacidad, y luego arena limpia fina y/o mediana hasta gran profundidad. Es decir, la estabilidad de este extenso tramo del Leyes, no se debería a una composición particularmente resistente del suelo en donde labró su cauce y que le impide meandricar, sino que se originaría en otras razones. Obsérvese en Fig. 21, fotocopia del único relevamiento batimétrico realizado en este sector en 1972, la alternancia de las zonas de mayor profundidad sobre ambos márgenes que, como se explicó anteriormente son consecuencia de la divagación de la corriente, típicas en los tramos rectos de corrientes aluviales. Se deduce de todos estos elementos que, con márgenes erosionables en este lugar cuya composición no diferiría de las que posee el Leyes en la mayor parte de su curso, de presentarse las condiciones propicias las divagaciones mencionadas se podrían intensificar y la meandricación es perfectamente posible. En el Item II.3.5 se brinda una interpretación acerca de las razones por las cuales ello no se ha producido.

Solo resta señalar en este punto que, de acuerdo a los datos de Tablas 2 y 3, la muestra tomada en el thalweg de la sección I relevada en este tramo del Leyes, mostró que el lecho está constituido por arenas medias, lo cual coincide con la mayoría de las muestras captadas. En lo referente a las dimensiones geométricas de la sección, el área actual a nivel de desborde habría recuperado los valores previos a 1983, admitiendo una erosión generalizada durante el evento de ese año. En cuanto al ancho, las fotografías aéreas anteriores y posteriores a 1983 revelaron que en la mayor parte del tramo recto el ancho no se habría alterado mayormente, permaneciendo entre los 140 y 160 m, luego de un lógico ensanchamiento a la salida del meandro aguas abajo del puente.

ARROYO POTRERO.

A través de la escasa información disponible, en el A° Potrero, fue posible establecer el incremento sustancial de ancho a la altura del puente de la R.P.N° 1, luego de 1983: entre un 30 y un 65% como se explicó en II.3.3.1. En Fig. 1 se superpuso en líneas de trazos a la situación actual (1993), la existente en 1972, lo cual permite visualizar perfectamente lo explicado en cuanto a los anchos en la zona del puente. Todo ello condujo a la ampliación de la estructura en su tramo norte (margen derecha) luego de 1983 (Archivo del Laboratorio de Hidráulica de la FICH).

En la misma figura se puede apreciar asimismo, que salvo el aumento en los anchos, la morfología en planta del río en la zona del puente se ha mantenido. Es decir, la corriente no tendería a meandricar y amenazar la estructura en el sentido de lo que ha hecho el Leyes con el

punto respectivo. Esta situación habría sido una constante en el Arroyo Potrero, de acuerdo a las consultas realizadas.

A pesar de que aun no se dispone de batimetrías actualizadas, de Ref. 1, y del plano batimétrico de 1972, se puede conocer la evolución del área referida al nivel de desborde en la sección del puente, para las siguientes situaciones observadas:

Fecha	Cota pelo de agua (IGM) (m)	Area referida cota de desborde (m ²)	Prof. máx. referida cota de desborde (m)
17/03/66	1597	740	90
02/03/66	1487	460	51
18/02/72	1302	700	127
11/11/59	1240	280	61

Cota de desborde: \approx 15 m IGM

Se advierte a través de estos datos, que existiría una tendencia al incremento del área y la profundidad en el A° Potrero con el tiempo. Nótese que en 1972 para un nivel de agua medio, el área es apenas menor y la profundidad máxima mayor que las registradas en 1966 durante el pico de la cuarta creciente del siglo.

Este hecho es un síntoma de que en el A° Potrero se verificaba, ya en ese entonces, una tendencia a transportar mayores caudales. Los datos de caudales aforados antes y después de 1983, presentados en II.3.3.2, ratificaron esa tendencia para todos los niveles de agua. Se interpreta que la dinámica del meandro, ya descrita en detalle, ubicado aguas arriba del puente del Leyes en la zona de la embocadura del A° Colorado, que luego da nacimiento al Potrero, genera una concentración de caudales sobre M.I. que habría originado la derivación de mayores volúmenes líquidos por el Potrero. Los aumentos del ancho (y de las secciones) como consecuencia del evento de 1983, ha reafirmado y tal vez potenciado este fenómeno.

II.3.5. TENDENCIAS EVOLUTIVAS EN EL ARROYO LEYES.

De los análisis efectuados en los Item II.3.3 y II.3.4 se desprende que el Leyes, con anterioridad a 1983, habría funcionado como un río en régimen, con un cauce meandroso aproximadamente estable. La dinámica de sus meandros en las zonas de interés para los objetivos de este estudio, habría comenzado a intensificarse al impulso de sucesivas e importantes crecientes (1959, H = 5.53 m; 1961, H = 5.61 m; 1966, H = 6.47 m; 1977, H = 5.91 m; H = nivel máximo en hidrómetro Puerto de Paraná), con los consecuentes y conocidos problemas en las estructuras existentes. Esas crecientes, sin embargo, no alteraron en lo esencial de manera prolongada las dimensiones geométricas de las secciones transversales, la pendiente y otros parámetros

hidráulicos del río.

El gran evento de 1983, fundamentalmente debido a su prolongada duración, modificó de manera sustancial el tamaño de las secciones transversales del Leyes (Tabla 1 y Figs. 14 a 16), aumentó significativamente su caudal de desborde (especialmente entre su embocadura y el nacimiento de los Arroyos Colorado - Potrero) y alteró su morfología en planta acelerando la rectificación definitiva del meandro de la Vuelta del Pirata.

La conjunción de varios de estos hechos produjo, como lógica consecuencia, la variación marcada de la pendiente hidráulica a lo largo del río para el nivel de desborde (Fig. 6), con respecto a la situación anterior a 1983.

Es así que se llega a la actualidad con un río que estaría todavía ajustándose a los cambios mencionados, para alcanzar una nueva situación de equilibrio por medio de diversos procesos. El arribo a este diagnóstico debe, necesariamente, incluir una comprensión lo más definida posible de esos procesos, si se pretende producir un pronóstico del probable futuro comportamiento del A° Leyes, a fin de decidir el lugar más conveniente para el emplazamiento de las obras de regulación previstas.

Para ello, se recurrió a recientes desarrollos teóricos que brindaron las condiciones que se requieren para que una corriente aluvial tienda a meandrificar (Ref. 16). Con los elementos surgidos de la realización de este trabajo, se ha podido comprobar en qué grado cumple el Leyes con esas condiciones, con lo cual fue posible obtener las conclusiones acerca de su comportamiento futuro. En Ref. 16 se establece que para que un río meandrifique debe cumplir con los siguientes requisitos (necesarios y suficientes):

1. La corriente es aluvial, es decir transporta el sedimento que compone su cauce (de otro modo los contornos no se podrían deformar).

2. La corriente es turbulenta (de otro modo no existirían los remolinos macroturbulentos que inician las deformaciones periódicas de las márgenes con una longitud de onda $L_m \approx 6 - 10$ veces B).

3. Su pendiente I es mayor que la de régimen I_r (de otro modo la corriente no tenderá a reducir su pendiente incrementando su longitud y volviéndose sinuosa).

4. Sus valores iniciales de B/h y h/d en $t = 0$ (h = tirante; d = diámetro representativo del sedimento del fondo), deben ser tales que produzcan un punto localizado en la región de corrientes meandrosas en el plano (B/h ; h/d), (Fig. 22), (de otro modo la secuencia de macrorremolinos horizontales no serían del tipo necesario para deformar las márgenes de un modo asimétrico y periódico).

De acuerdo a los datos obtenidos en el A° Leyes luego de 1983 para nivel de desborde, se puede establecer lo siguiente:

a) Los valores de tensión de corte de fondo media a lo largo del curso para profundidades de desborde promedio entre 10 - 15 m, serían las siguientes:

	I	
	$5 \cdot 10^{-5}$	$0.7 - 1 \cdot 10^{-5}$
τ_o (kg/m ²)	0.58 - 0.87	0.07 - 0.15

Considerando diámetros medios del material de fondo entre 0.3 y 0.4 mm, las tensiones de corte crítica para la iniciación del movimiento (τ_{cr}) serían de 0.020 a 0.030 kg/m² (Ref. 15). Al comparar los valores de τ_o y τ_{cr} se advierte que el río, a pesar de la marcada reducción de su capacidad de transporte en los sectores de pendientes más bajas, es capaz de transportar el sedimento que compone su cauce y por lo tanto cumple con la condición 1 detallada anteriormente.

b) Si se calculan los números de Reynolds del A° Leyes ($= U_m \cdot h / \nu$; U_m = velocidad media del escurrimiento; ν = viscosidad cinemática), para los tirantes anteriores (10 - 15 m) y los reducidos valores de U_m que aparecen en Tabla 1, se puede comprobar que sus valores superan ampliamente el mínimo necesario para que la corriente sea turbulenta (≈ 2000). Luego, el Leyes también cumple con la condición 2.

c) En sección 3.3. se determinó que la pendiente de régimen, I_r , del A° Leyes para las actuales condiciones de caudales de desborde y anchos era de alrededor de $3 \cdot 10^{-5}$. Teniendo en cuenta este valor y los datos de pendiente brindados por el modelo matemático (Fig. 6), se deduce que el río, no cumpliría con la condición 3 a partir de aproximadamente 3.5 km aguas arriba del puente de la R.P.N° 1 y hasta su desembocadura.

d) Tomando a 1983 como tiempo $t = 0$ de la situación actual y adoptando los siguientes valores de B, h y d para ese momento:

$$B \approx 200 \text{ m}; h = 15 - 20 \text{ m}; d = 0.35 \text{ mm}$$

se comprueba que el A° Leyes queda comprendido en la región de corrientes meandrosas en el gráfico de Fig. 22. Por lo tanto cumple con la condición 4.

Se desprende de todo lo anterior que el A° Leyes no cumpliría con una de las condiciones necesarias y suficientes para meandrificar ($I > I_r$), en un prolongado sector de su cauce que comienza alrededor de 3.5 km aguas arriba del puente de la R.P. N° 1 y finaliza en su desembocadura.

De acuerdo a lo que se establece en Ref. 16, cuando $I < I_r$, el único modo de aumentar la pendiente se logra mediante el recrecimiento del fondo. Los análisis efectuados en II.3.4 en el sector del puente, revelaron que esto es efectivamente lo que está ocurriendo. Se deduce de aquí, que la actividad del meandro en este lugar no debería intensificarse en el futuro. En apoyo a esta aseveración están los resultados surgidos del estudio de evolución de la isóbata de 0 m. y del thalweg (Figs. 17 y 19) entre 1983 y 1993, donde se comprueba que la erosión de la margen

izquierda aguas arriba del puente en ese período, no es significativa aun habiendo pasado la creciente de 1992. Reafirmando, en cierto modo, esta conclusión acerca de la evolución futura del meandro del puente, cabe añadir que los efectos de la creciente de 1983, produjeron en el meandro una relación $rc/B = 2,9$, más cercana a la óptima necesaria para una disipación eficiente de la energía disponible, (2,5; Ref. 14) que la presentada en II.3.3.3 para la situación previa a la crecida. Ello habría contribuido a la estabilidad del sector de aguas arriba. Adoptando una postura conservativa se puede suponer que el meandro evolucionará, manteniendo su ancho, de modo de reducir su relación rc/B de 2,9 a 2,5. Mediante un sencillo procedimiento gráfico sobre cualquiera de las fotografías posteriores a 1983, pudo determinarse que, para que esto ocurra, la margen izquierda debería todavía desplazarse, en el ápice de la curva, alrededor de 50 m, desde su posición actual.

La diferencia entre I e I_r explicaría también la estabilidad que ha caracterizado al extenso tramo recto por donde escurre el Leyes aguas abajo del puente de la R.P. N° 1, a lo largo de lo que va del siglo. De acuerdo a lo que se explicaba en II.3.3.3, antes de 1983 el río escurría con su pendiente de régimen para su caudal de desborde. Por debajo de ese nivel, en Ref. 10 se puede comprobar que las pendientes observadas fueron muy reducidas casi siempre menores que I_r (recuérdese lo comentado en II.3.3.2 acerca de la dirección general del escurrimiento del Leyes y su influencia sobre la pendiente hidráulica). Fue lógica, en consecuencia, la estabilidad del tramo recto hasta ese entonces, ya que durante la mayor parte del tiempo se dio que $I < I_r$. Las presentes condiciones serían todavía más favorables para mantener la estabilidad del tramo, ya que al nivel de desborde: $I \approx 0,8 * E^{-5}$ en ese sector de acuerdo a los resultados de Fig. 6. Es decir, no es esperable una meandrificación futura en esta última zona del Leyes si se mantienen las actuales características del escurrimiento.

La zona del Leyes donde $I > I_r$, aunque no reviste mayor interés para los objetivos de este estudio, mostraría un comportamiento que en cierto modo se ajusta a las bases teóricas enunciadas. En este sentido, en Ref. 16 se explica que cuando $I > I_r$, se presentan dos opciones para la corriente: degradación y meandrificación y que, en general, la corriente "adopta" una cierta combinación de ambas. Los datos recogidos en las secciones transversales A, B, y C, mostraron ciertos signos de degradación de acuerdo a lo que se explicaba en II.3.4. A este hecho cabe recordar que la gran curva de entrada del Arroyo Leyes, no constituiría un meandro típico como consecuencia de factores comentados oportunamente.

Finalmente, es necesario señalar que los pronósticos efectuados en este Capítulo están basados en el supuesto de que se mantendrán los actuales caudales de desborde y anchos medios del cauce, con los cuales se estableció la pendiente de régimen, I_r , del Arroyo Leyes. El procedimiento empleado para estimar I_r y otros existentes en la literatura, muestran que esta pendiente disminuye con el aumento del caudal de desborde y el ancho de régimen del cauce (i.e., con el "tamaño" del río). Se deduce, en consecuencia, que si el caudal de desborde del Leyes aumenta disminuiría I_r y con ella la probabilidad de que los sectores de interés se mantengan estables (lo inverso sucederá, si disminuye el caudal de desborde). Sin embargo, cabe señalar que el método utilizado para estimar I_r (Ref. 13), predice que el caudal de desborde debería aumentar a alrededor de 3000 m³/s para que I_r disminuya a $1 * E^{-5}$ (el orden de la pendiente transversal del área por donde escurre el Leyes). Se deduce que tal incremento de caudal es altamente improbable si se lo compara con los verificados luego de un evento como el de 1983.

II.3.6. LA SITUACION DE LAS EMBOCADURAS DE LOS RIOS COLASTINE - COLORADO Y DESEMBOCADURA DEL RIO SAN JAVIER.

II.3.6.1. CONSIDERACIONES GENERALES E INFORMACIÓN UTILIZADA.

En un marco general de análisis del comportamiento del Sistema Leyes Setúbal, surgió la inquietud de conocer el proceso de evolución sufrido por las embocaduras de los ríos Colastiné y Colorado, emisarios del río Paraná que nacen sobre su M.D. frente a la Isla del Chapetón, aproximadamente a la altura del km 638 de la ruta de navegación. Las razones de este interés se explicitaron en el último de los objetivos enunciados en el Capítulo 1.

El carácter expeditivo del estudio requerido y la reducida información cartográfica disponible, aconsejaron centralizar el análisis en los cambios impuestos al Sistema por el paso de la crecida de 1982 - '83. Bajo esta premisas se efectuó una recopilación de documentación específica que se detalla a continuación:

Año	Sector	Característica de la información
1971	Embocaduras Ríos Colastiné y Colorado	Plano N° 13157. Lámina 3 Fuente: DNCP y VN
1971	Desembocadura Río San Javier	Plano N° 13349. Lámina 1 Fuente: DNCP y VN
1971	Bifurcación A° Leyes Río Colastiné	Plano N° 13349. Lámina 2 Fuente : DNCP y VN
1989	Embocadura Arroyo Colorado	Plano N° 14721. Lámina 2 Fuente: DNCP y VN
1989	Embocaduras Ríos Colastiné Desembocadura Río San Javier	Plano N° 14676. Lámina 1 Fuente : DNCP y VN
1989	Bifurcación A° Leyes Río Colastiné	Perfiles transversales relevados con sonda ecógrafa Fuente: FICH

Las fechas de relevamiento detalladas en el cuadro anterior son las más próximas disponibles antes y después de la crecida 1982 - '83. Si bien éstas distan del momento de la gran crecida, la no existencia de otros eventos extremos en el período de análisis, permiten suponer que la situación observada en los relevamientos de 1971 se mantuvo sin mayores cambios hasta el momento de la crecida. Además, la magnitud y principalmente la duración de ésta, hicieron que sus efectos se perciban incluso hasta el presente, como se ha comprobado en el Leyes y otros cursos del Sistema (Refs. 6 y 7).

En cada uno de los sectores en consideración se definieron una o más secciones transversales a los fines de su superposición y análisis comparativo. Para el logro de la adecuada superposición de las secciones se definieron las coordenadas de ubicación de las mismas en el

plano del relevamiento de 1971, reproduciéndolas luego en el plano de 1989. En los casos en que no se dispuso de un sistema común de coordenadas, se emplearon puntos visibles de referencia y como último recurso, se fijó un origen común de progresivas sobre una de las márgenes del escurrimiento en cada uno de los relevamientos.

En el croquis de la Fig. 23, se detalla la ubicación de los diferentes sectores en estudio.

II.3.6.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE SECCIONES.

II.3.6.2.1. EMBOCADURA A° COLORADO.

La observación de la información cartográfica recopilada revela que en la embocadura del A° Colorado se ha producido un importante aumento de sección producto de un marcado proceso erosivo de su margen derecha. Esto trajo como consecuencia la degradación del banco que separa al A° Colorado del brazo principal del río Paraná provocando un desplazamiento del extremo del mismo de aproximadamente 1800 m hacia aguas abajo. Las secciones superpuestas de la embocadura del Arroyo Colorado se muestran en la Fig. 24. Se observa en la misma un significativo aumento del ancho y del área de escurrimiento aunque sin cambios en las máximas profundidades de la sección. Lamentablemente el relevamiento posterior a 1983 solo permitió conocer la sección de entrada al A° Colorado, no siendo posible completar el análisis mediante la comparación de secciones ubicadas alguna distancia aguas abajo de la embocadura. Asimismo la sección relevada presentó un sesgo importante respecto de la dirección del escurrimiento lo que se traduce en un ancho y área sensiblemente mayor que el que correspondería a la sección transversal de escurrimiento. La falta de mayor información en el plano de 1989 obligó a la elección de esta sección, por lo cual el interés del análisis de la misma debe estar centrado en las variaciones porcentuales más que en los valores absolutos obtenidos. Dentro de estas limitaciones de la observación de la Fig. 24 surgen algunos aspectos de interés:

* La margen derecha no presenta cambios significativos, con taludes aproximadamente verticales y profundidades importantes próximas a la margen.

* La sección cambia sustancialmente su forma pasando de una sección en V con máximas profundidades sobre M.D. a una sección en U con máximas profundidades sobre el centro del cauce.

* Los parámetros de área, ancho y tirante hidráulico se incrementan notablemente luego de la crecida de 1982 - '83. El cuadro siguiente resume los valores obtenidos en cada caso y el porcentaje de variación correspondiente

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	971	1989	
Area (m ²)	5038	11678	132
Ancho (m)	820	1210	47
Tirante Hidráulico (m)	610	965	58

Si bien no se cuenta con aforos realizados sobre el A° Colorado en fechas previas y posteriores a la crecida de 1983, los cambios sufridos por la morfología de la sección harían suponer un aumento en la capacidad de conducción de este arroyo. Un análisis más detallado de este aspecto se efectúa en II.3.6.3.

II.3.6.2.2. EMBOCADURA RÍO COLASTINÉ.

Para el análisis comparativo de secciones en la embocadura del Río Colastiné se contó con dos secciones: una ubicada en la naciente misma del río sobre la M.D. del río Paraná y otra ubicada 300 m aguas abajo de la primera. Ambas secciones fueron superpuestas en los relevamientos de 1971 y 1989 mediante el empleo de las coordenadas MOP disponibles en la cartografía utilizada. Las Figs. 25 y 26 muestran la superposición de las secciones referidas.

Si bien la embocadura del río Colastiné se ubica inmediatamente aguas arriba de la embocadura del A° Colorado, el efecto que la crecida de 1983 tuvo sobre la morfología de la misma fue contrario y de mucha menor magnitud que el observado en la embocadura del Colorado. Probablemente haya influido para ello la ubicación en planta de la embocadura del río Colastiné respecto de la dirección general de la corriente principal del río Paraná. Las características más sobresalientes de la evolución observadas para las dos secciones consideradas pueden resumirse como sigue:

* Ambas secciones mostraron una reducción de sus áreas de escurrimiento.

* La sección ubicada en la naciente del río Colastiné presenta un cambio sustancial de su forma, desplazando las mayores profundidades de M.D. a M.I. Esta tendencia se corresponde bien con los mayores caudales que ingresan en el A° Colorado.

* La sección ubicada a 300 m de la embocadura, la cual en 1971 presentaba una sección prácticamente simétrica, en 1989, muestra las mayores profundidades sobre M.D. aunque con una sección menos irregular que la relevada en igual fecha en la embocadura.

* En el cuadro siguiente se detallan los parámetros de área, ancho y tirante correspondientes a cada sección para las fechas de relevamiento y las variaciones porcentuales

observadas de dichos parámetros.

Sección embocadura.

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1989	
Area (m ²)	1296	1026	-21
Ancho (m)	320	250	-22
Tirante Hidráulico (m)	4.05	4.10	1.2

Sección 300 m aguas abajo embocadura.

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1989	
Area (m ²)	976	676	-29
Ancho (m)	235	176	-25
Tirante Hidráulico (m)	4.15	3.95	-4.7

Se observa que ambas secciones presentan variaciones comparables mostrando una reducción del área de escurrimiento y con ello la posibilidad de una merma en los caudales entrantes en este curso.

Las características de ancho y profundidad que muestra el río Colastiné aguas abajo de su embocadura en el río Paraná hasta su encuentro con el río San Javier pone en evidencia, ya en el plano de 1972, una reducida capacidad de conducción. Sin embargo luego de la desembocadura del San Javier la sección de escurrimiento del Colastiné aumenta notablemente, lo cual evidencia el significativo aporte de caudal brindado por este afluente ya en ese momento.

Con posterioridad a 1983 el tramo del río Colastiné aguas arriba de la desembocadura del San Javier muestra una reducción de profundidad aunque no muy significativa, mientras que aguas abajo de dicha desembocadura se observan profundizaciones de hasta 3 m. respecto de la situación previa a la crecida.

Estas consideraciones indicarían que el tramo del Colastiné entre los ríos Paraná y San Javier, que de por sí presentaba baja capacidad de conducción previo a 1983, luego de esa fecha ha visto reducida su sección de escurrimiento, en porcentajes similares a los cuantificados a nivel

de su embocadura. Por el contrario el tramo del Colastiné aguas abajo del San Javier ha aumentado su sección luego de 1983 como producto de los mayores caudales que le estaría aportando este último (ver II.3.6.2.5).

II.3.6.2.3. COLASTINÉ LUEGO DE BIFURCACIÓN LEYES - COLASTINÉ.

En el año 1971 la sección del río Colastiné inmediatamente aguas abajo de la bifurcación Leyes - Colastiné, presentaba dos brazos separados por un pequeño islote. Tal configuración se observa claramente en la fotografía aérea del año 1974.

Si bien el brazo izquierdo poseía un ancho muy superior al derecho, las mayores profundidades de este último hacían que su área de escurrimiento sea solo un 24% menor a la del brazo izquierdo. Las áreas, anchos y profundidades medias de cada brazo fueron las siguientes:

brazo	Area (m ²)	Ancho (m)	h med. (m)
izquierdo	370	115	321
derecho	280	44	6.36

No se contó en este sector del río con información cartográfica actualizada que permitiera efectuar una comparación de secciones a partir de la superposición de las coordenadas de ubicación. Solo se dispuso de registros de ecografía correspondientes a relevamientos efectuados en diciembre de 1993 sin apoyo de tierra. Debido a ello la superposición de secciones debió hacerse en forma aproximada en base a referencias identificables en ambos relevamientos. En las Figs. 27 y 28 se han representado las secciones superpuestas de los relevamientos de 1971 y 1993 correspondientes a este sector.

La Fig. 27 muestra el comparativo de la sección ubicada en coincidencia con el islote (ver croquis de Fig. 23). El cambio más notable en esta sección es el cegamiento del brazo derecho, mientras que el brazo izquierdo no ha sufrido modificaciones significativas. Esto trae como consecuencia una reducción sustancial del área de escurrimiento. El proceso de embancamiento que sufre este sector del río Colastiné se muestra con claridad en la foto aérea de 1993 (Fig. 29). Allí la diferencia de coloración del agua denota que mayoritariamente la carga de sedimento se deriva por el A° Leyes, lo que estaría indicando una orientación del escurrimiento en este sentido con la consiguiente reducción del caudal de ingreso al río Colastiné luego de la bifurcación.

Otra sección ubicada aproximadamente 150 m aguas abajo de la ubicada en coincidencia con el islote (Fig. 28), muestra una tendencia similar aunque con una evolución menos marcada.

En el cuadro siguiente se detallan los valores de área, ancho y tirante correspondientes a cada una de las secciones consideradas en este sector para los relevamientos de 1971 y 1993:

Sección Islote

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1999	
Area (m2)	651	334	-48.6
Ancho (m)	172	110	-25
Tirante Hidráulico (m)	3.78	3.04	-19.7

Sección 150 m aguas abajo Islote

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1989	
Area (m2)	548	411	-24.9
Ancho (m)	146	150	2.7
Tirante Hidráulico (m)	3.75	2.74	-26.9

II.3.6.2.4. EMBOCADURA ARROYO LEYES.

En contraposición al proceso de embancamiento observado en las secciones del río Colastiné inmediatamente aguas abajo de la bifurcación, la embocadura del A° Leyes muestra un incremento de área si se comparan las secciones de los relevamientos de los años 1972 y 1989 (Fig. 30). Se observa en la figura que no ha existido una profundización del cauce sino más bien una erosión de margen que genera un talud más tendido sobre M.D.

En el cuadro siguiente se detalla la geometría característica de la sección para los relevamientos de 1972 y 1989.

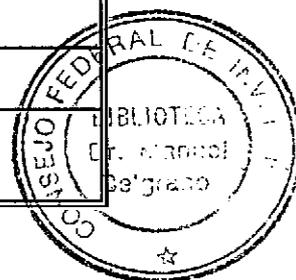
Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1989	
Area (m2)	1010	1333.2	32
Ancho (m)	110	140	27.3
Tirante Hidráulico (m)	9.18	9.52	3.7

II.3.6.2.5. DESEMBOCADURA RÍO SAN JAVIER.

Los datos de Ref. 10 acerca de los caudales erogados por los distintos componentes del Sistema Paraná Santa Fe demostraron la importancia del río San Javier como aporte de caudal al Sistema Leyes - Setúbal. Este hecho, como ya se mencionará, se corresponde con el aumento de ancho y profundidad que presenta el río Colastiné aguas abajo de la desembocadura del San Javier. Estas circunstancias aconsejaron evaluar los cambios morfológicos que se verificaron luego del pasaje de la crecida de 1982 - '83 en una sección próxima a la desembocadura. Para ello se compararon los planos correspondientes a los relevamientos de 1972 y 1989. En la Fig. 31 se muestran ambas secciones superpuestas. Se observa un aumento del área de escurrimiento a pesar de la sedimentación que se debe haber verificado entre 1983 y el momento del relevamiento. (Esta última consideración es igualmente válida para las restantes secciones analizadas).

Los parámetros geométricos característicos en cada uno de los relevamientos y la variación sufrida en el período se detalla en el cuadro siguiente:

Parámetro	Año		% de variación (89/71)
	1971	1989	
Area (m ²)	1426	1868	31
Ancho (m)	158	210	33
Tirante Hidráulico (m)	9.02	8.90	-1.3



II.3.6.3. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES.

Las modificaciones observadas en las secciones de escurrimiento analizadas en II.3.6.2, son una evidencia de las variaciones sufridas en la repartición de caudales entre los ríos Colorado y Colastiné y en la bifurcación Colastiné - Leyes. Es evidente que la geometría de la sección no es la única variable que interviene en la determinación del caudal de escurrimiento de un río. Sin embargo ante la falta de mayores datos, el adecuado tratamiento de la información morfológica, permite efectuar una estimación de las probables modificaciones sufridas en la capacidad de conducción a cauce lleno de los distintos ríos y arroyos en consideración, luego del paso de la crecida de 1983.

Los datos sobre geometría de secciones disponibles fueron complementados con la siguiente información de caudales:

* Curva de descarga del río Colastiné. Sección puente R.N. N° 168.
(Archivo Laboratorio de Hidráulica de la FICH).

* Curva de descarga del A° Leyes. Sección puente R.P. N° 1 previa y posterior a la crecida de 1983. (Ref. 10 y 6)

* Curva de descarga Río San Javier y Arroyo Las Conchillas previo a la crecida de 1983. (Ref. 10)

Existen evidencias (Archivo del Laboratorio de Hidráulica de la FICH, Fig. 32) que el % de caudal que eroga el río Colastiné respecto del total del sistema, se ha mantenido constante a lo largo del tiempo sin que haya influido en este proceso la crecida de 1983. Sobre esta base pudo determinarse el caudal de cauce lleno del río Colastiné a partir de su curva de descarga. Se adoptó como cota de desborde 15.05 m IGM lo que produjo un caudal de:

$$Q_d = 3775.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

En el Item II.3.3 de este Informe se han evaluado los caudales de desborde en el A° Leyes previos y posteriores a la crecida de 1983. La cota de desborde se adoptó igualmente en 15.05 m IGM. Los valores obtenidos fueron :

Antes de 1983 $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$
 Después de 1983 $Q = 1800 - 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

Con esta información y las geometrías de las embocaduras de los distintos cursos del sistema, se determinó la probable repartición de caudales previa a 1983. Para este fin se estableció el supuesto de la igualdad del parámetro $(I^{.5})/n$ en los dos brazos del río que aportan al Colastiné (I: pendiente de energía; n: coeficiente de rugosidad de Manning). El cuadro siguiente resume los resultados hallados:

Río o Arroyo	Q (m ³ /seg)
Colorado	3273
Colastiné después bifurcación	500
Leyes	1300
Colastiné antes bifurcación	1800

Los datos de Ref. 10 permitieron establecer que con anterioridad a 1983 el aporte del río San Javier para su conducción de cauce lleno oscilaría alrededor de los 850 m³/s. Con lo cual la embocadura del río Colastiné en el Paraná solo habría captado alrededor de 950 m³/s.

Es notorio, tanto en los relevamientos de 1971 como de 1989, la presencia de una gran banco, que prácticamente abarca todo el ancho del cauce, aguas arriba de la desembocadura del río San Javier.

Cabe aclarar que para el cálculo del porcentaje de caudal derivado por el A° Colorado se relevaron en el plano de 1972 secciones normales al escurrimiento y equiespaciadas en un tramo de 1200 m inmediatamente aguas abajo de la embocadura.

Luego de la crecida de 1983 las modificaciones observadas de área necesariamente contribuyeron a modificar las reparticiones de caudales entre los distintos brazos que conforman el sistema. Se estima que el A° Colorado provea casi la totalidad de los caudales que eroga el Colastiné, como consecuencia del importante aumento de su sección de escurrimiento y el proceso de cegamiento observado en el río Colastiné luego de la bifurcación con el A° Leyes.

El río San Javier presenta un aumento de sección en su desembocadura, lo cual podría indicar un incremento de los caudales derivados desde este río hacia el Colastiné - Leyes. Este incremento sería absorbido en su totalidad por el A° Leyes, lo cual también es debido al cegamiento progresivo mencionado del brazo del Colastiné luego de la bifurcación.

Si se analiza la pérdida de sección del brazo del Colastiné luego de la bifurcación, en base a las modificaciones observadas en la relación de $B \cdot h^{5/3}$ antes y después de 1983, (B: ancho; h: tirante medio), se concluye que por este brazo escurriría no más de 200 m³/s. Sumado a este valor el caudal de desborde del Leyes (1800 - 2000 m³/s), se obtiene el gasto erogado por el Colastiné antes de la bifurcación, el cual estaría en el rango de los 2000 a 2200 m³/s. Este caudal debería ser aportado desde la embocadura del Colastiné en el Paraná y por el San Javier.

La pérdida de sección en la embocadura del Colastiné indicaría que por él estarían ingresando alrededor de 800 m³/s. De esta manera el aporte mayoritario estaría dado por el río San Javier con un caudal de 1200 a 1400 m³/s, el cual se corresponde en buen grado con el aumento de sección que se verificó en el mismo.

II.3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El estudio morfológico realizado en los A° Leyes y Potrero con el fin de identificar las zonas más adecuadas, desde el punto de vista de su estabilidad, para la construcción de las obras de regulación previstas del sistema, arrojó las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El tramo recto del A° Leyes que se extiende por aproximadamente 2.5 km luego de la curva que describe el río aguas abajo del puente, es el sector morfológicamente más estable (y por lo tanto adecuado y seguro), para el emplazamiento de las futuras obras.

2. El sector del Leyes donde está emplazado el puente de la R.P. N° 1, también presentaría buenas condiciones de estabilidad futuras. El meandro en este lugar, sin embargo, colocan al tramo como segunda posibilidad con respecto al recomendado en 1, en cuanto a sitio morfológicamente estable para construcción de las obras. En este sentido, un cálculo en cierto modo conservativo, permitió determinar que el meandro de aguas arriba del puente debería desplazar aún 50 m hacia M.I. para alcanzar las dimensiones óptimas con las que lograría máxima eficiencia en la disipación de energía.

3. La selección del sector del Leyes definitivo de emplazamiento, deberá surgir necesariamente de una evaluación económica donde fundamentalmente se contemple:

* En el caso del tramo recto, los costos de construcción de desvío de la R.P. N° 1 para acceder a él.

* En el caso del sitio del actual puente, los costos de,
- la construcción de una extensión de la actual defensa de margen izquierda por lo menos hasta el nacimiento del A° Colorado o, en su defecto,
- la construcción de una ampliación de por lo menos 50 m del puente en su sector sur. Se recomienda alguna de estas dos variantes, en virtud de lo explicado en 2 en cuanto a la posibilidad de desplazamiento del meandro sobre margen izquierda.

4. En cualquiera de los dos sectores que se elija, se recomienda la construcción y explotación de un modelo físico para estudiar el diseño más adecuado de las obras a fin de,
- minimizar las erosiones locales que se puedan producir (se trata de evitar las erosiones de gran magnitud que se han producido a partir de 1983 aguas abajo del sector sur del puente, como consecuencia de las obras de defensa allí ejecutadas), (véase Fig. 20 y explicación de la misma en el Item II.3.4),
- minimizar las alteraciones (fundamentalmente los incrementos) que puedan introducir las obras en las pendientes normales del río en los tramos de emplazamiento. Esto último, en virtud de lo que se explica en el punto 5 a continuación.

5. Los pronósticos sobre la estabilidad morfológica futura de los tramos del Leyes de asentamiento probable de las obras, estuvieron basados en desarrollos teóricos sustentados esencialmente en la estimación de la pendiente de régimen, I_r , del Leyes para las características actuales del escurrimiento (véase Item II.3.5). Cualquier alteración artificial de las pendientes actuales normales del río en los sectores señalados, que las lleve por encima de I_r , podría desencadenar un proceso de inestabilidad y consecuente meandrificación del cauce, con amenaza para las obras. Otro efecto negativo sería una reducción de la pendiente de régimen como consecuencia de un aumento natural del caudal de desborde del Leyes. Las estimaciones efectuadas en el Capítulo 5, sin embargo, revelaron la poca probabilidad de ocurrencia de esto último dada la magnitud de los incrementos de caudal involucrados.

6. La información morfológica e hidráulica disponible en el A° Potrero es escasa y/o incompleta, por lo que no se pudo llevar a cabo un análisis exhaustivo como el realizado en el Leyes. No existen en el Potrero, por ejemplo, datos de pendientes observadas y de las características de se material de fondo. No obstante ello, se ha podido establecer un incremento continuo de la sección de escurrimiento (y de ancho luego de 1983), en el sector de emplazamiento del puente de la R.P. N° 1. Asimismo, sobre la base de la superposición de fotografías aéreas previas a 1983 y actuales, no se han visualizado cambios de dirección en la morfología del cauce en la zona del puente.

En lo referente a la situación de las embocaduras de los ríos Colorado - Colastiné y desembocadura del San Javier, también prevista en el actual estudio morfológico, las conclusiones respectivas son las siguientes:

7. La crecida de 1983 fue aquí también el evento determinante de los cambios morfológicos observados a partir de la cartografía disponible. Sin embargo, el hecho de no haber contado con relevamientos más próximos a la crecida, en particular posterior a ella, puede enmascarar parte de los cambios ocurridos en razón de la probable sedimentación ocurrida durante la bajante.

8. Los mayores cambios de sección se verificaron en los dos brazos que confluyen en el río Colastiné: el A° Colorado y el Colastiné. El primero de ellos muestra un importante aumento de sección mientras que el segundo presenta un proceso de cegamiento luego de la bifurcación Leyes - Colastiné.

9. El aumento de sección en la embocadura del A° Leyes se corresponde con un aumento de sección en la desembocadura del río San Javier. Si se analizan estos cambios, en conjunto con la reducción de sección en la embocadura del Colastiné en el Paraná, se puede concluir que el río San Javier constituiría el principal aporte de caudal al A° Leyes.

10. El cuadro siguiente resume los valores de secciones transversales referidas al nivel de desborde de los distintos cursos que componen el sistema estudiado, correspondientes a los relevamientos de 1971/72 y 1989/93.

Río o Arroyo	Area (m2)		% Variación
	1971/72	1989/93	
Colorado	5038	11678	132
Embocadura Colastiné	1296	1026	-21
San Javier	1426	1861	31
Colastiné luego bifurcación Leyes Colastiné	651	334	-49
Leyes	1010	1333	32

11. En base a la información de caudales disponibles y evaluadas las variaciones de la capacidad de conducción a partir de la relación $B \cdot (h^{5/3})$, se pudo estimar la distribución de caudales en los distintos brazos del sistema antes y después de la crecida de 1983. En el siguiente cuadro se detallan los valores de caudal, correspondientes al nivel de desborde, para las dos situaciones referidas:

Río o Arroyo	Q (m3/seg)		% Variación
	1971/72	1989/93	
Colorado	3275	3575	9.2
Embocadura Colastiné	950	800	-15.8
San Javier	850	1200/1400	41.1/64.7
Colastiné luego bifurcación Leyes Colastiné	500	200	-60
Leyes	1300	1800/2000	38.5/53.8

12. Las mayores reducciones de caudal verificadas en el Colastiné luego de la bifurcación Leyes - Colastiné se corresponden con la mayor reducción de área de escurrimiento verificada en esa misma sección. Esta disminución de caudal no compensa el incremento de caudal observado en el A° Leyes, el cual sería mayoritariamente aportado por el incremento de la descarga del río San Javier.

13. Se advierte en el cuadro presentado en el punto 10, que si se pretendiera disminuir el caudal derivado por el Leyes, probablemente la medida más conveniente sea concentrar los estudios tendientes a ello en el brazo del Colastiné que nace en el Paraná. En ese sector la sección de embocadura estaría en un proceso de cegamiento que disminuyó su caudal de entrada en un 16%. Posiblemente obras de refulado adecuadamente planificadas puedan acelerar este proceso que, en última instancia (cegamiento total), reducirían el caudal de desborde del Leyes en alrededor de un 40%. Obsérvese que el caudal del río Colastiné luego de la confluencia Colorado-Colastiné prácticamente no sufriría variaciones, ya que proviene fundamentalmente del primero de estos dos ríos.

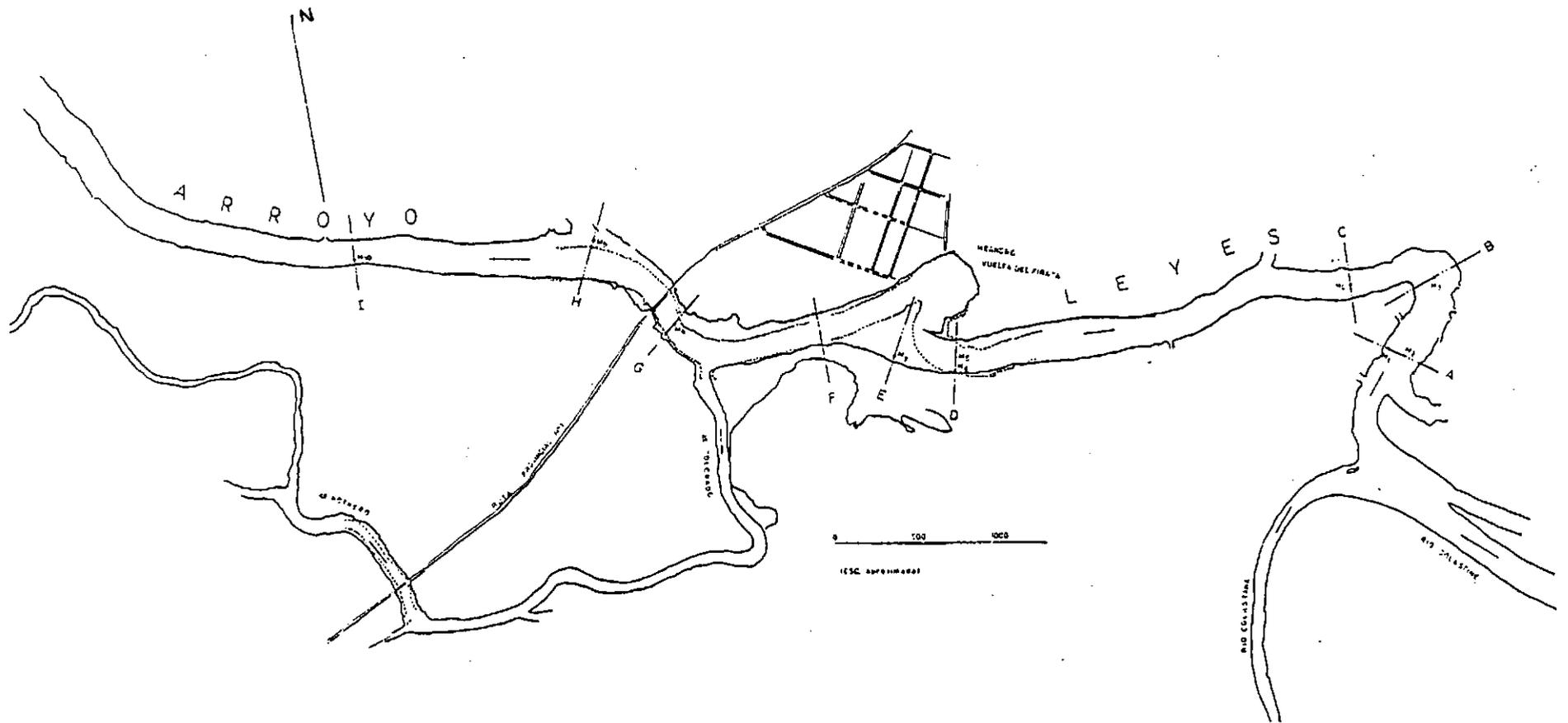
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) CABRAL, S., "La Creciente Anual 1965-66, Interpretación de sus efectos", DNCP y VN, 1967.
- 2) CABRAL, S., "El Sistema de la Setúbal", Librería y Editorial Colmegna, Santa Fe, 1970.
- 3) CHOW, V.T., "Open Channel Hydraulics", 680 pp., Mc Graw-Hill Kogakusha Ltd., Tokio, 1959.
- 4) FABBRI, A.J. y PERINI, T.F., "Fundaciones sobre Rellenos Hidráulicos Recientes", Memorias del VII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Rosario , 1982.
- 5) FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS (FICH), INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS (INCyTH), AGUA Y ENERGIA ELECTRICA (AyEE), "Estudio de Prefactibilidad de Soluciones al Subsistema Hídrico Leyes - Setúbal", Comitente Consejo Federal de Inversiones (CFI) - Provincia de Santa Fe, 1993.
- 6) FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS (FICH), "Proyecto Reconstrucción Avenida 7 Jefes, Santa Fe, Estudios Básicos: Hidráulica e Ingeniería Fluvial", Comitente: INCOCIV S.R.L., Santa Fe, 1993.
- 7) FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS (FICH), INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS (INCyTH), "Proyecto Reconstrucción Acueducto Colasine - Santa Fe, Anexo C: Hidráulica Fluvial", Comitente: Dirección Provincial de Obras Sanitarias (DIPOS), Santa Fe, 1993.
- 8) FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS (FICH), "Relevamientos Batimétricos Periódicos Arroyo Leyes", Comitente: Dirección Provincial de Vialidad, Santa Fe, 1993.
- 9) INCOCIV S.R.L., "Estudio del Mejoramiento de la Descarga de la Sección Santa Fe - La Guardia en Situación de Crecida", 1989.
- 10) INCyTH - LABORATORIO DE HIDRAULICA APLICADA, "Estudio del Sistema Fluvial Paraná - Santa Fe", Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, UNESCO, Programa SF/ARG/66/521, Ezeiza, febrero 1974.
- 11) LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. Y MILLER, J.P., "Fluvial Processes in Geomorphology", 522 pp., Freeman and Company Ed., San Francisco, 1964.
- 12) NAVNTOFT, K.E., "On Siltation of Canal de Acceso a Puerto Santa Fe, Causes and Solutions", Proyecto ARG/73/023/C, setiembre 1976.
- 13) RAUDKIVI, A.J., "Loose Boundary Hydraulics", Third Edition, 538 pp., Pergamon Press, New York, 1992.

14) RICHARDS, K., "Rivers: Form and Process in Alluvial Channels", 358 pp., Methuen & Co Ltd. Ed., New York, 1982.

15) VANONI, V.A., "Initiation of Motion" (en Chapter II - Sediment Transportation Mechanics, pp. 91-114), Sedimentation Engineering, ASCE, N° 54, V.A. VANONI Ed. New York, 1975.

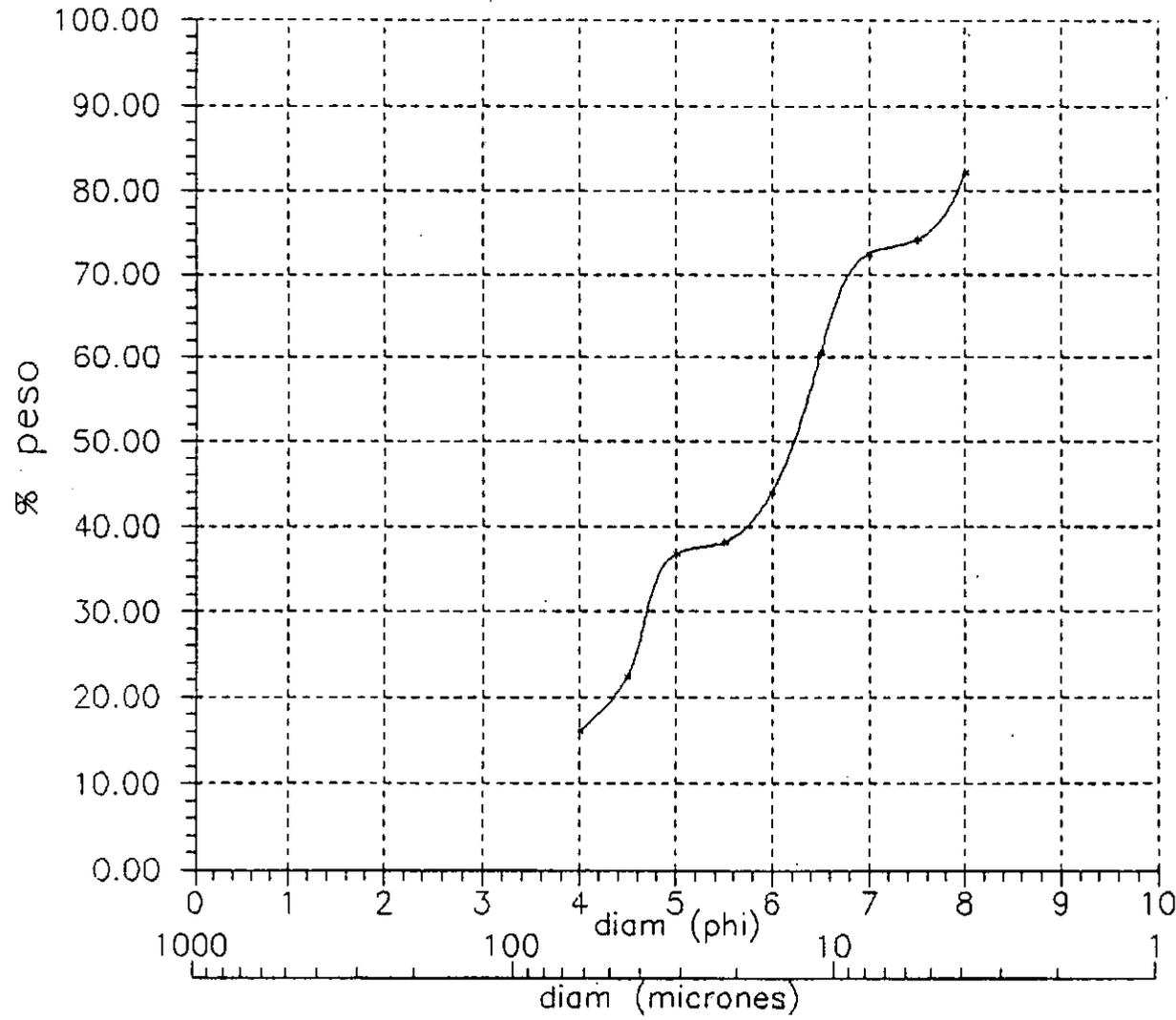
16) YALIN, M.S., "River Mechanics", First Edition , 220 pp., Pergamon Press, 1992.



Vista en planta del Arroyo Leyes, secciones relevadas en campañas del 28 - 30/12/93 y localización de puntos de muestreo de material de fondo (—: fotografía aérea del 10/08/93; - - -: fotografía aérea del 07/11/74; M: muestra de material de fondo).

Fig.1

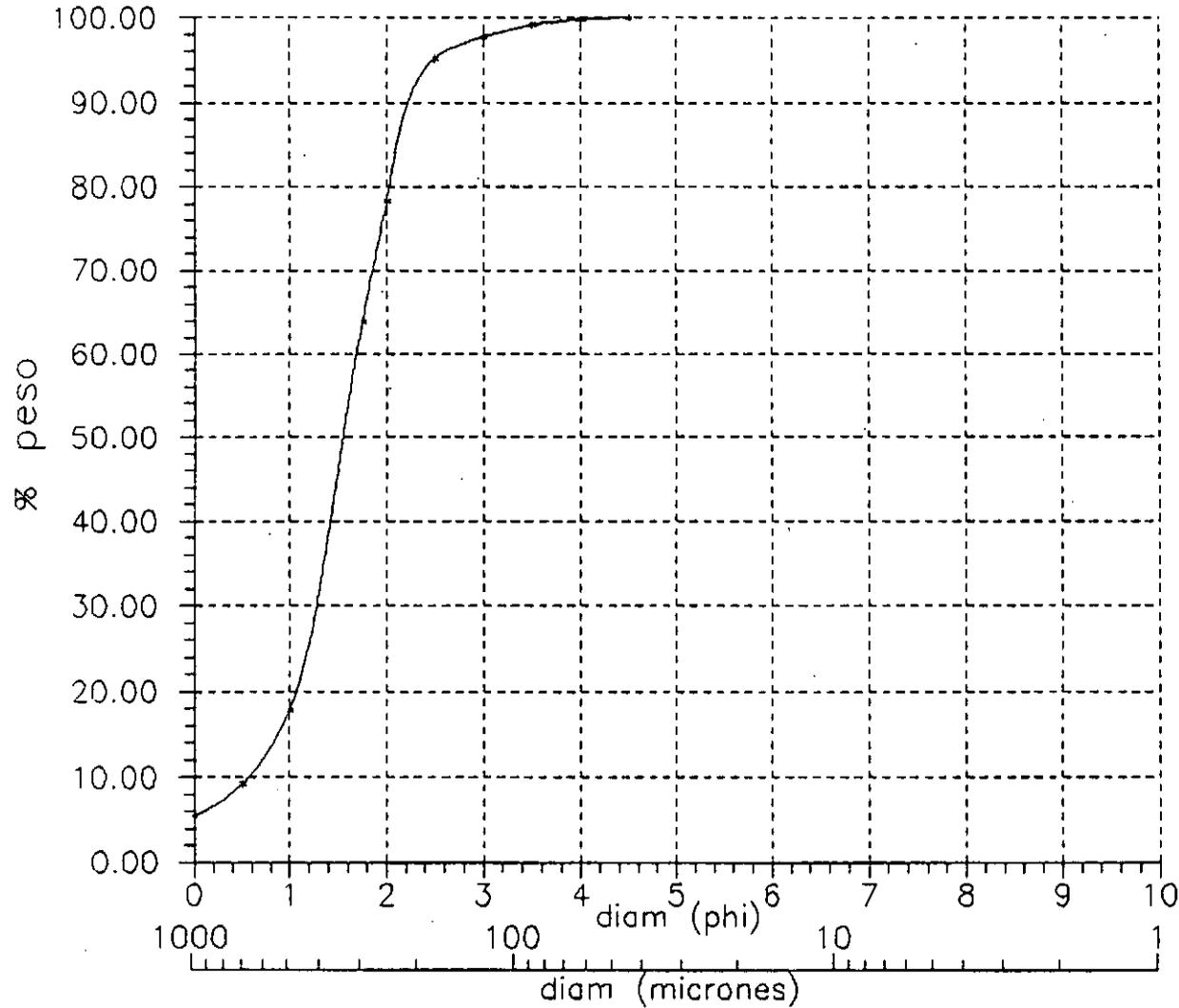
ARROYO LEYES
CURVA GRANULOMETRICA
MUESTRA 3



d16 = 0.063 mm
 d35 = 0.035 mm
 d50 = 0.014 mm
 d65 = 0.010 mm
 d84 = 0.004 mm
 d med = 0.016 mm
 desv = 3.97

Fig. 2

ARROYO LEYES
 CURVA GRANULOMETRICA
 MUESTRA 5



d16 = 0.536 mm
 d35 = 0.392 mm
 d50 = 0.332 mm
 d65 = 0.289 mm
 d84 = 0.233 mm
 d90 = 0.217 mm
 d med = 0.353 mm
 desv = 1.52

Fig. 3

ARROYO LEYES
CURVA GRANULOMETRICA
MUESTRA 8

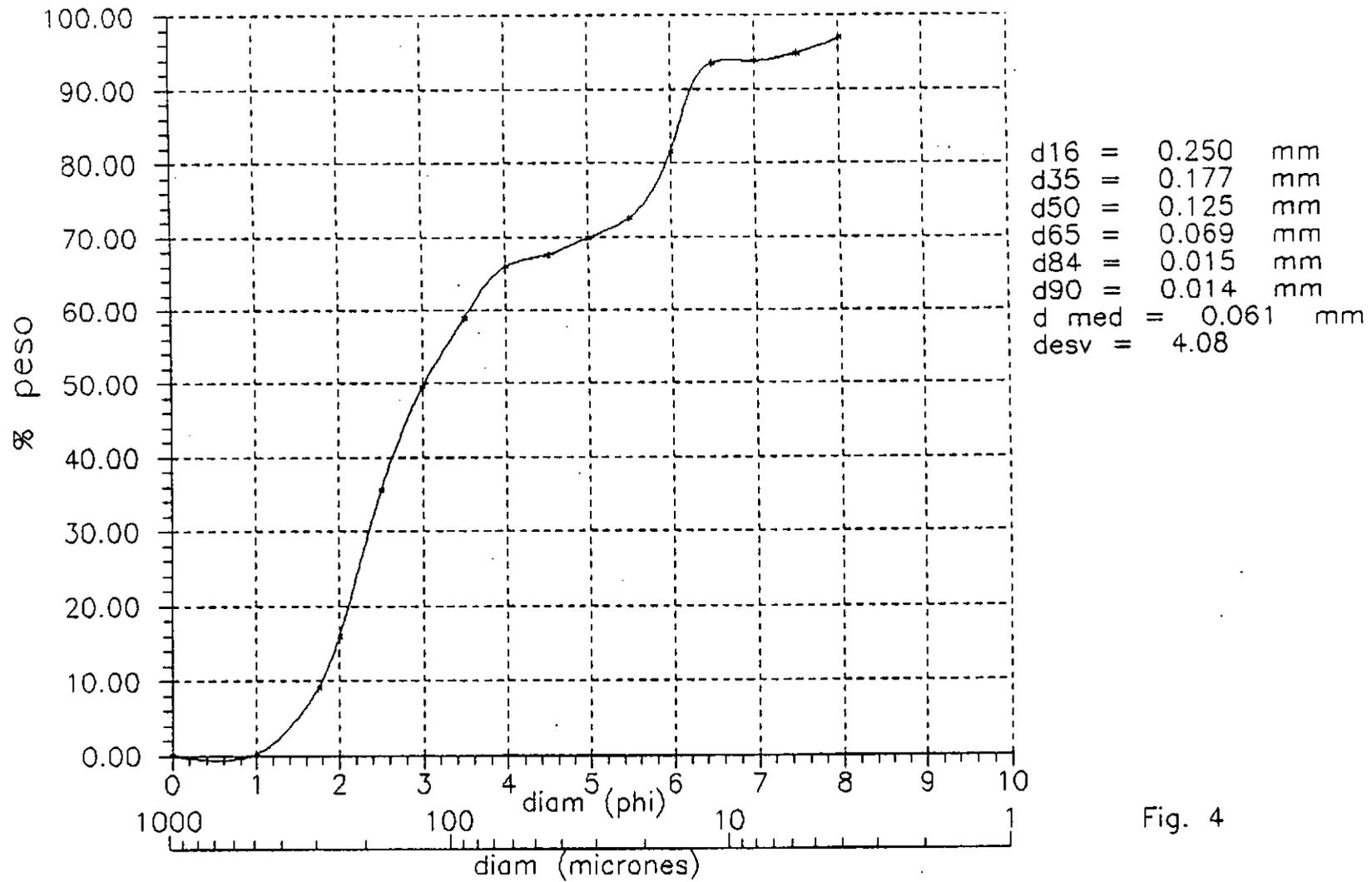
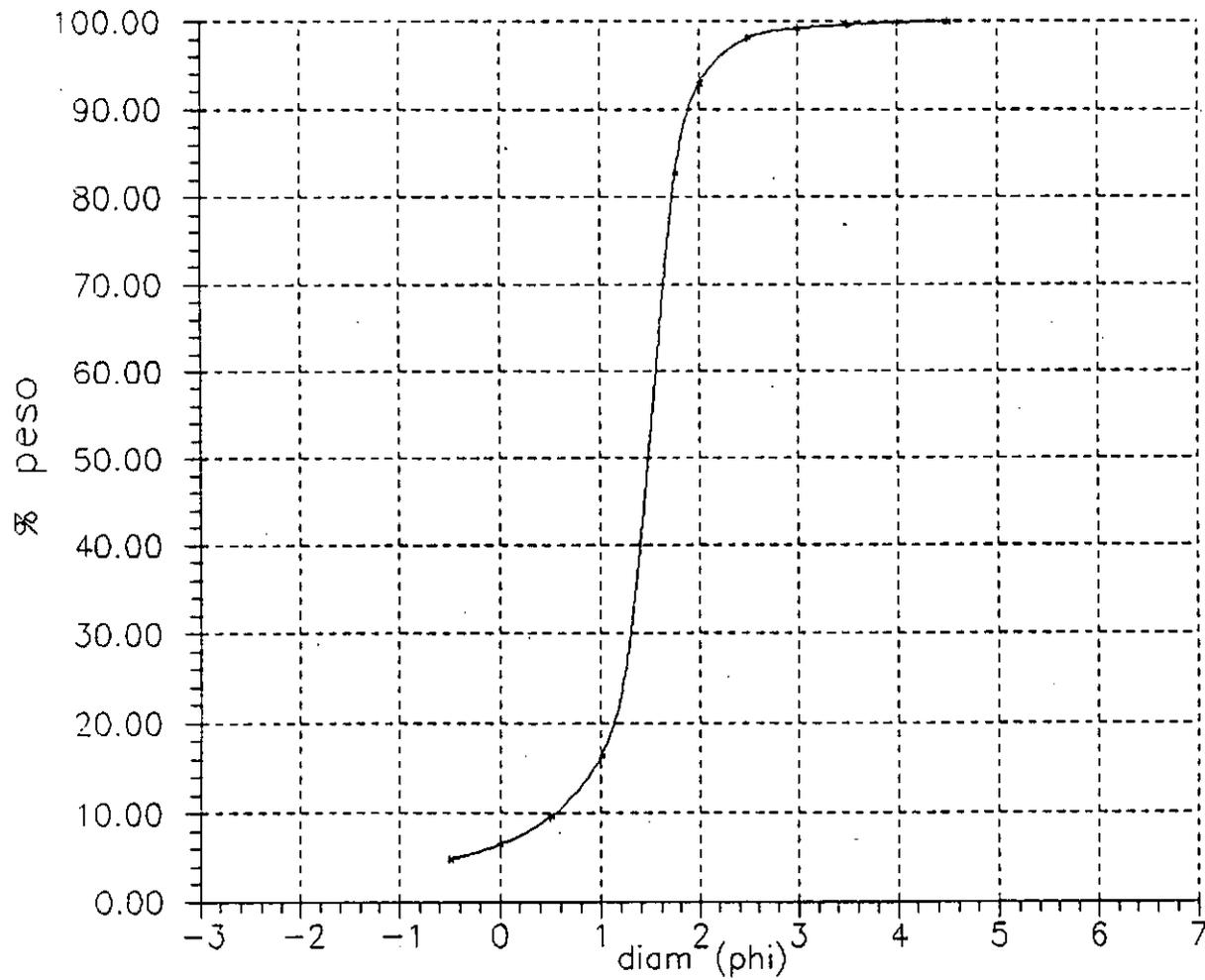


Fig. 4

ARROYO LEYES
 CURVA GRANULOMETRICA
 MUESTRA 10



d16 = 0.500 mm
 d35 = 0.392 mm
 d50 = 0.354 mm
 d65 = 0.329 mm
 d84 = 0.289 mm
 d90 = 0.268 mm
 d med = 0.380 mm
 desv = 1.32

Fig. 5

PERFIL LONGITUDINAL LEYES CAUDAL APROXIMADO 1700 M3/S

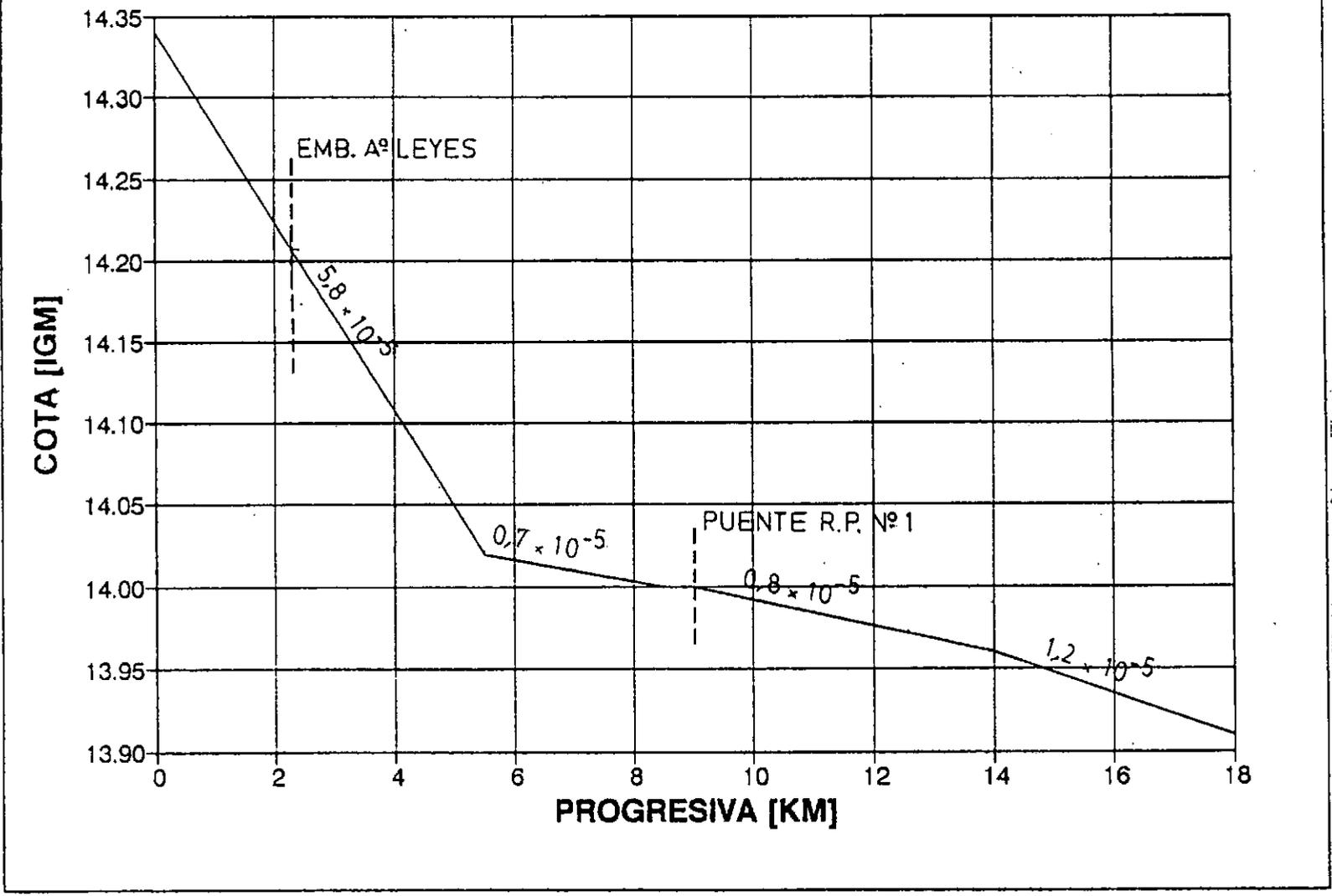
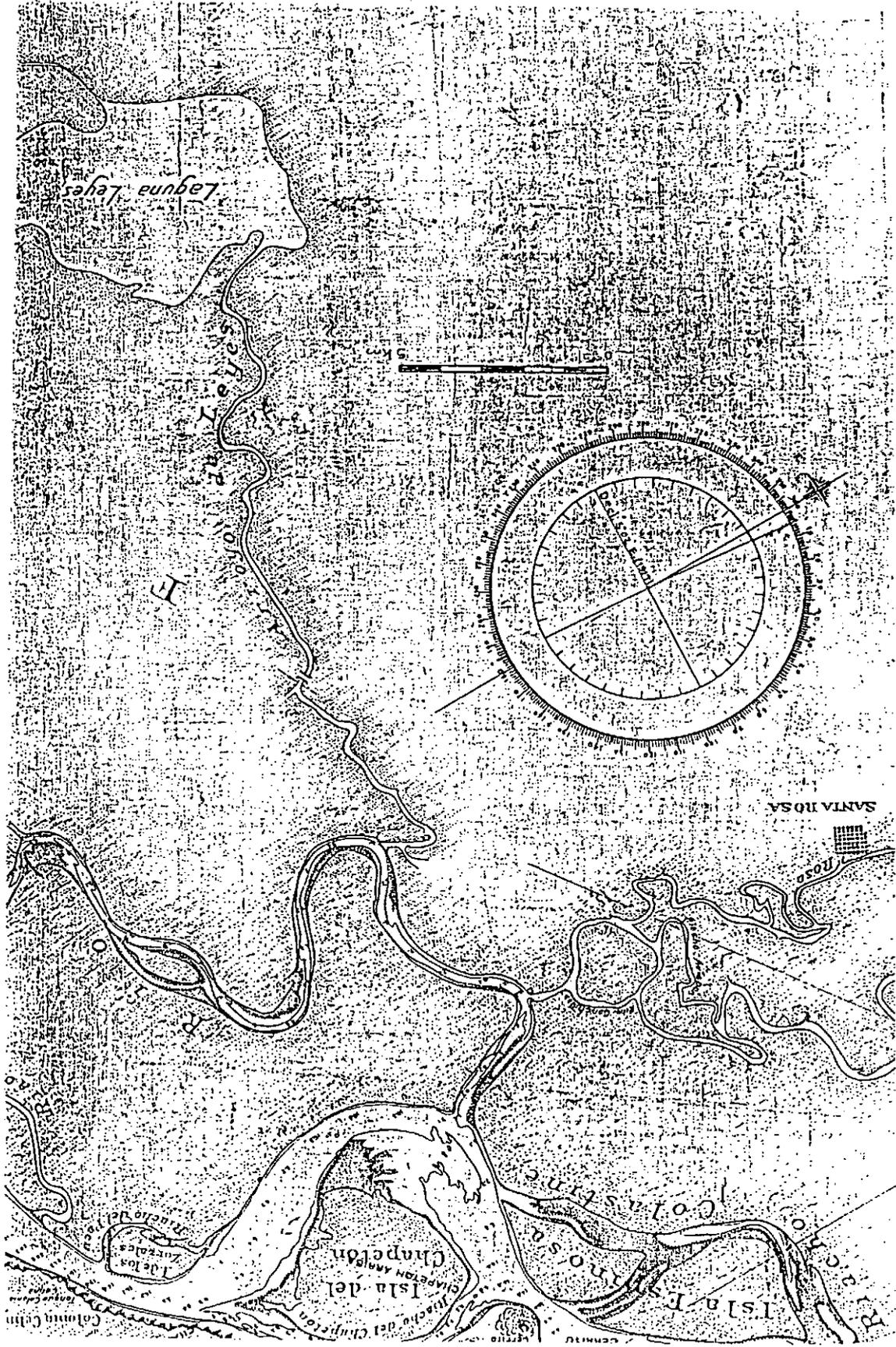


Fig.6



Vista en planta del Arroyo Leyes - Levantamiento general de 1918 (DNCP y VN)

Fig.7

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales
Seccion A

130

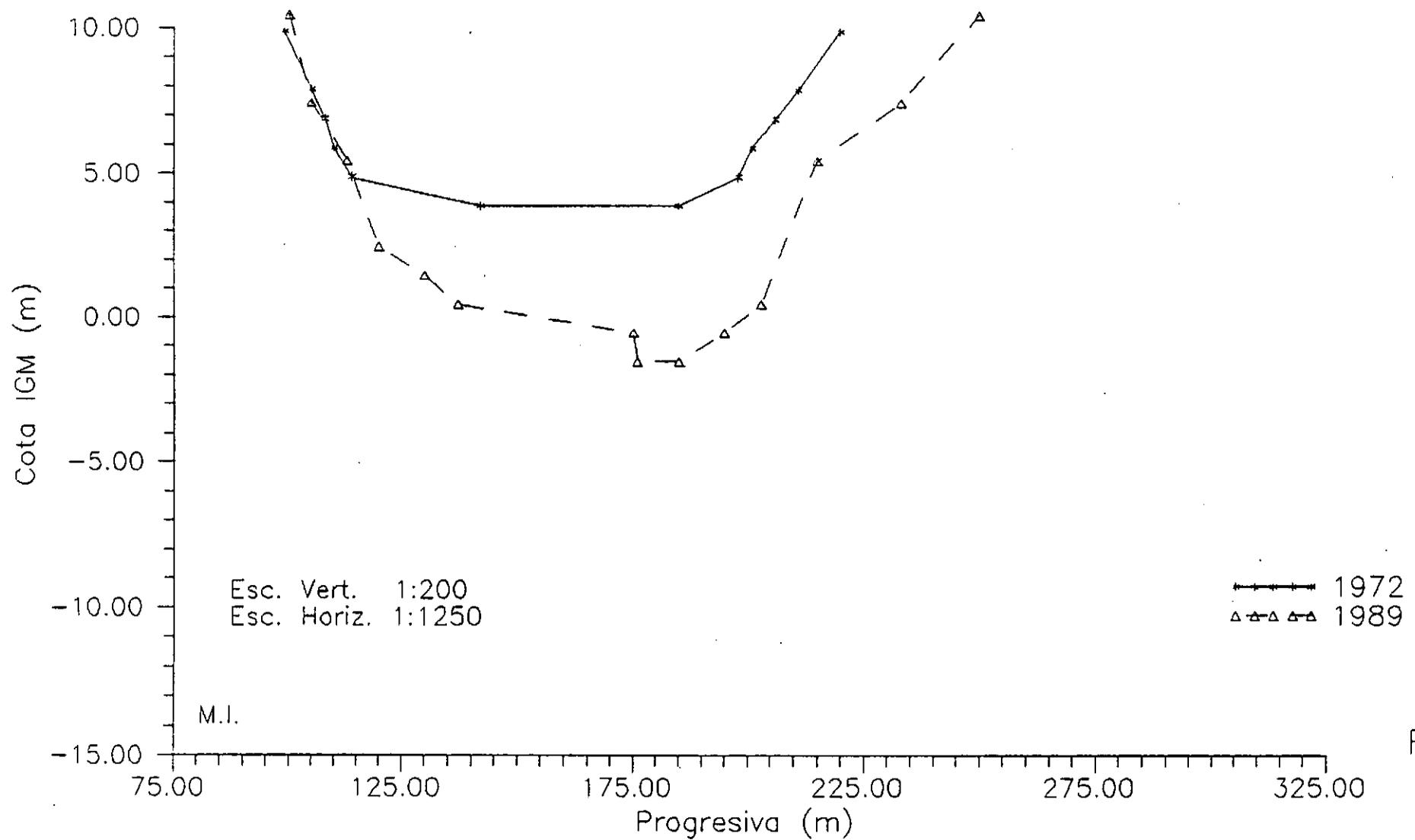


Fig. 8

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales
Seccion B

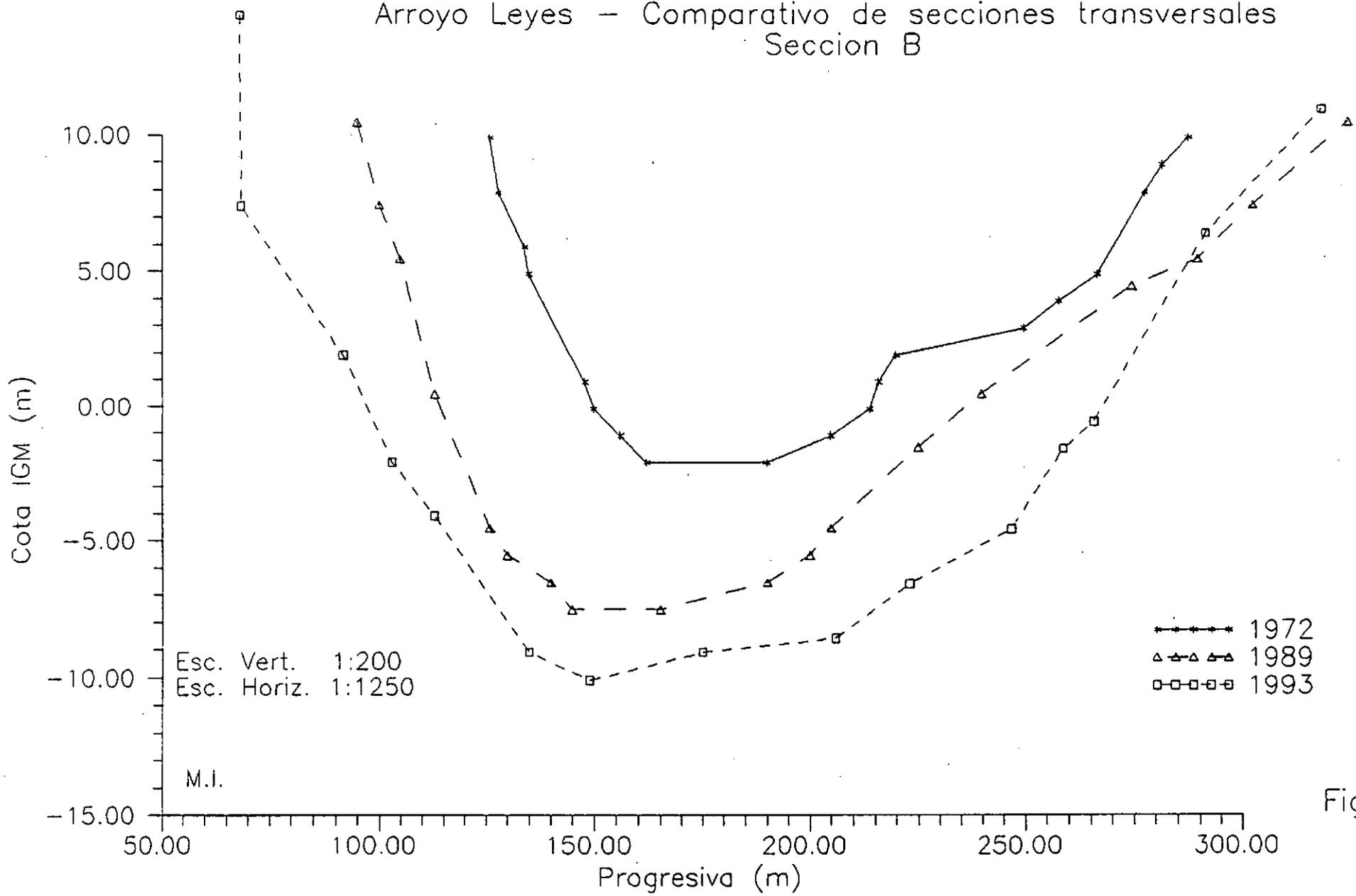


Fig. 9

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales Seccion C

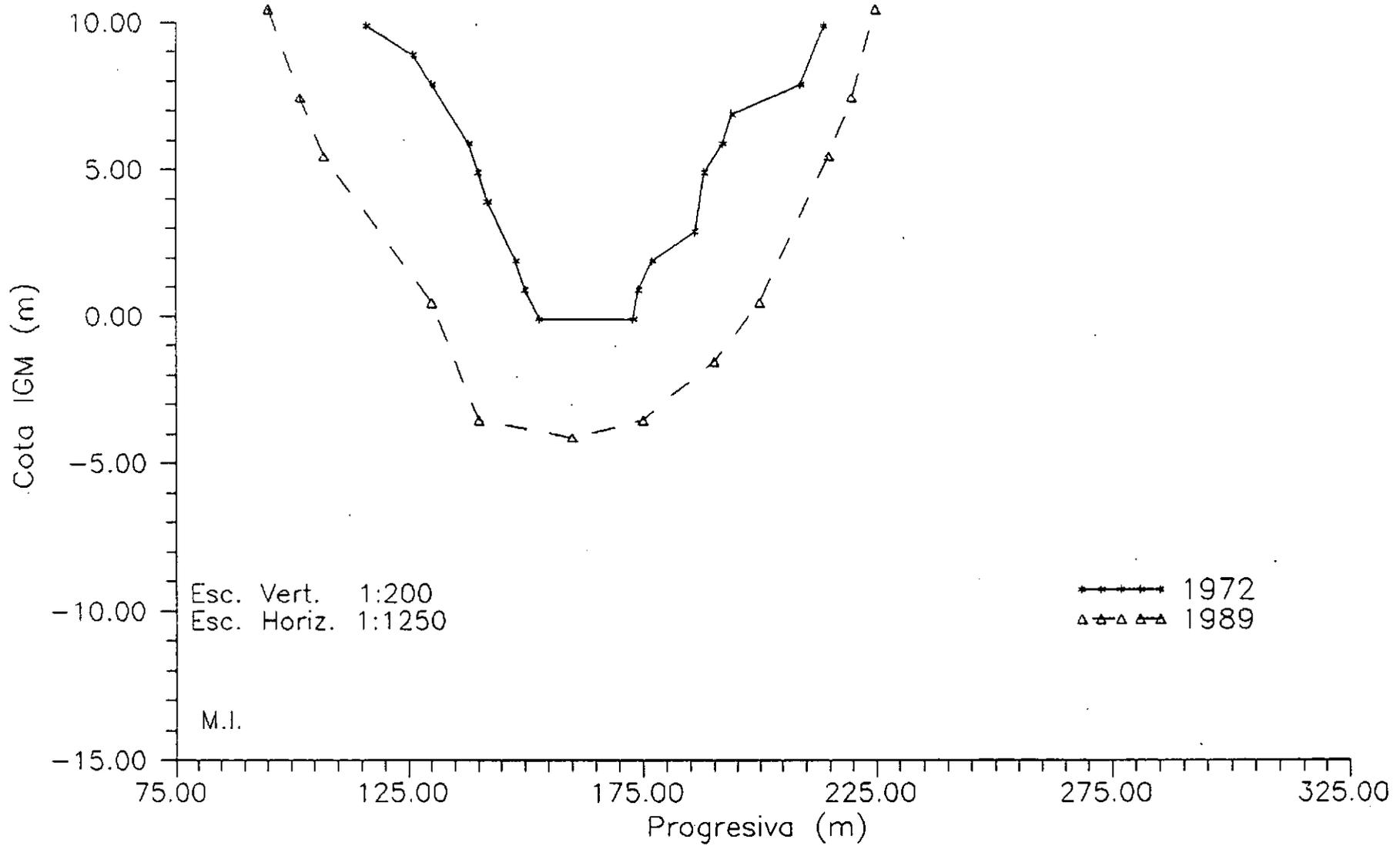


Fig. 10

Arroyo Leyes – Comparativo de secciones transversales
Seccion D (aguas arriba de la Vuelta del Pirata)

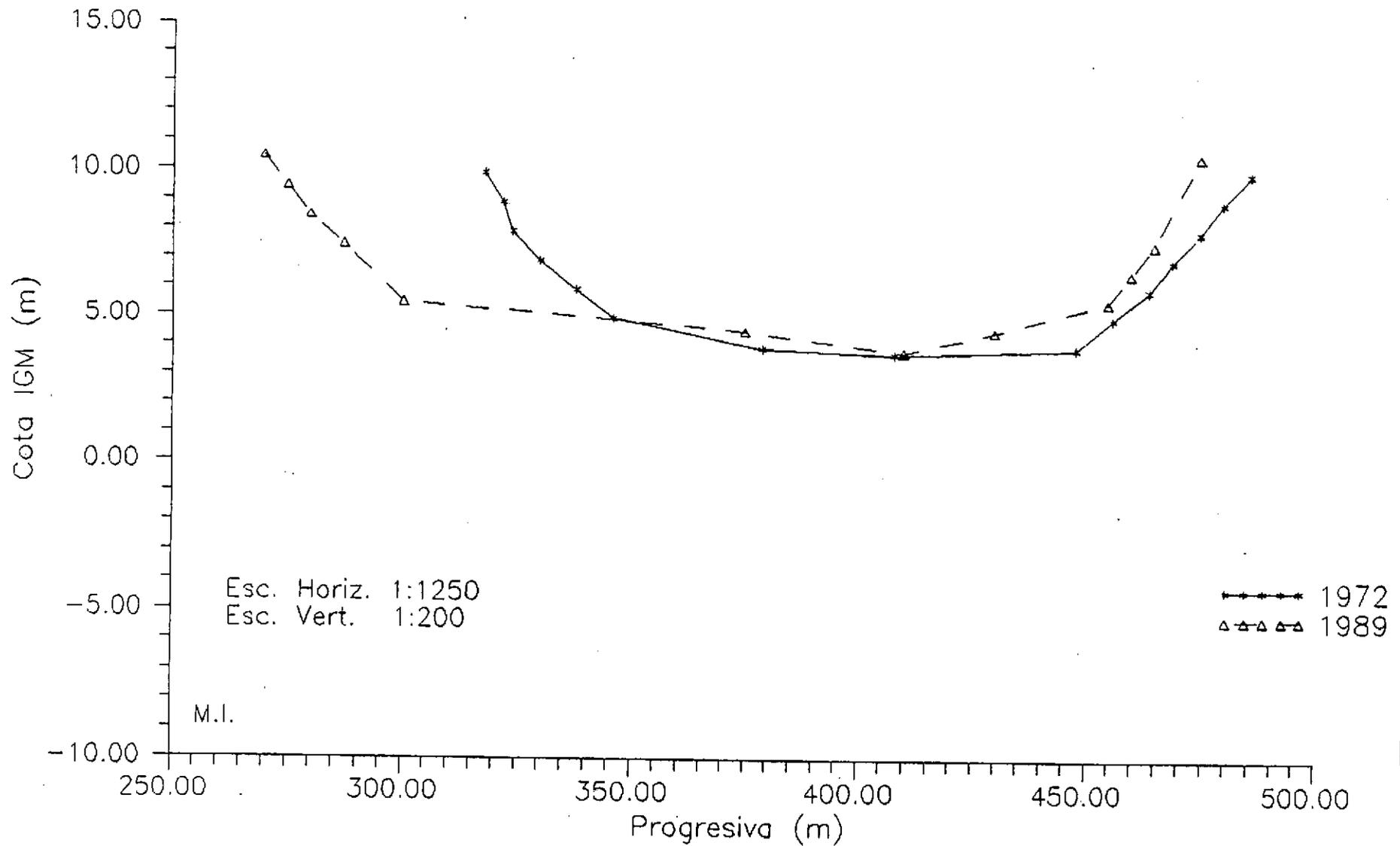


Fig. 11

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales
Seccion F (aguas abajo de la Vuelta del Pirata)

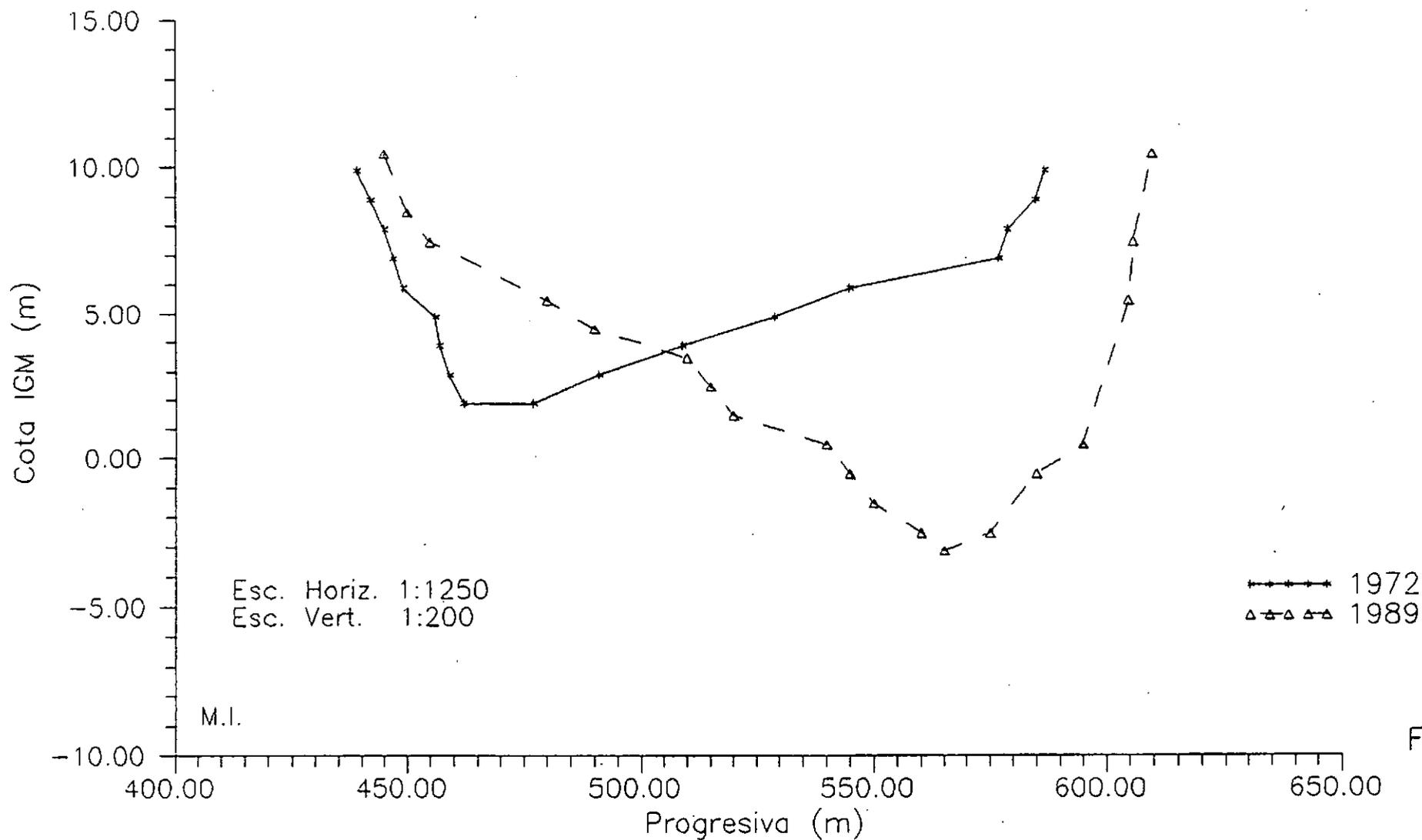


Fig. 12

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales
Seccion H

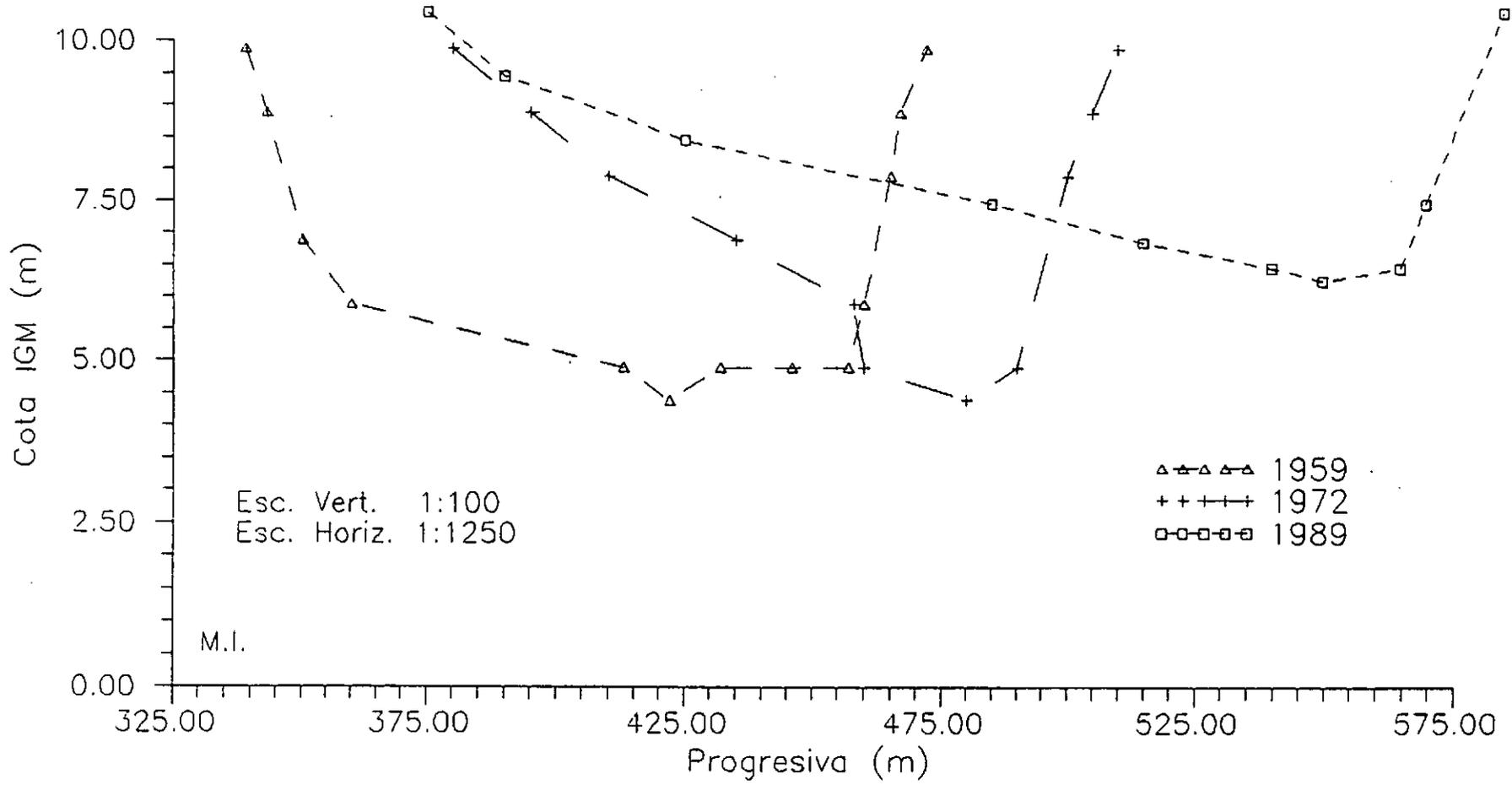


Fig. 13

Arroyo Leyes - Comparativo de secciones transversales
Seccion 25 m aguas arriba Puente R.P. 1

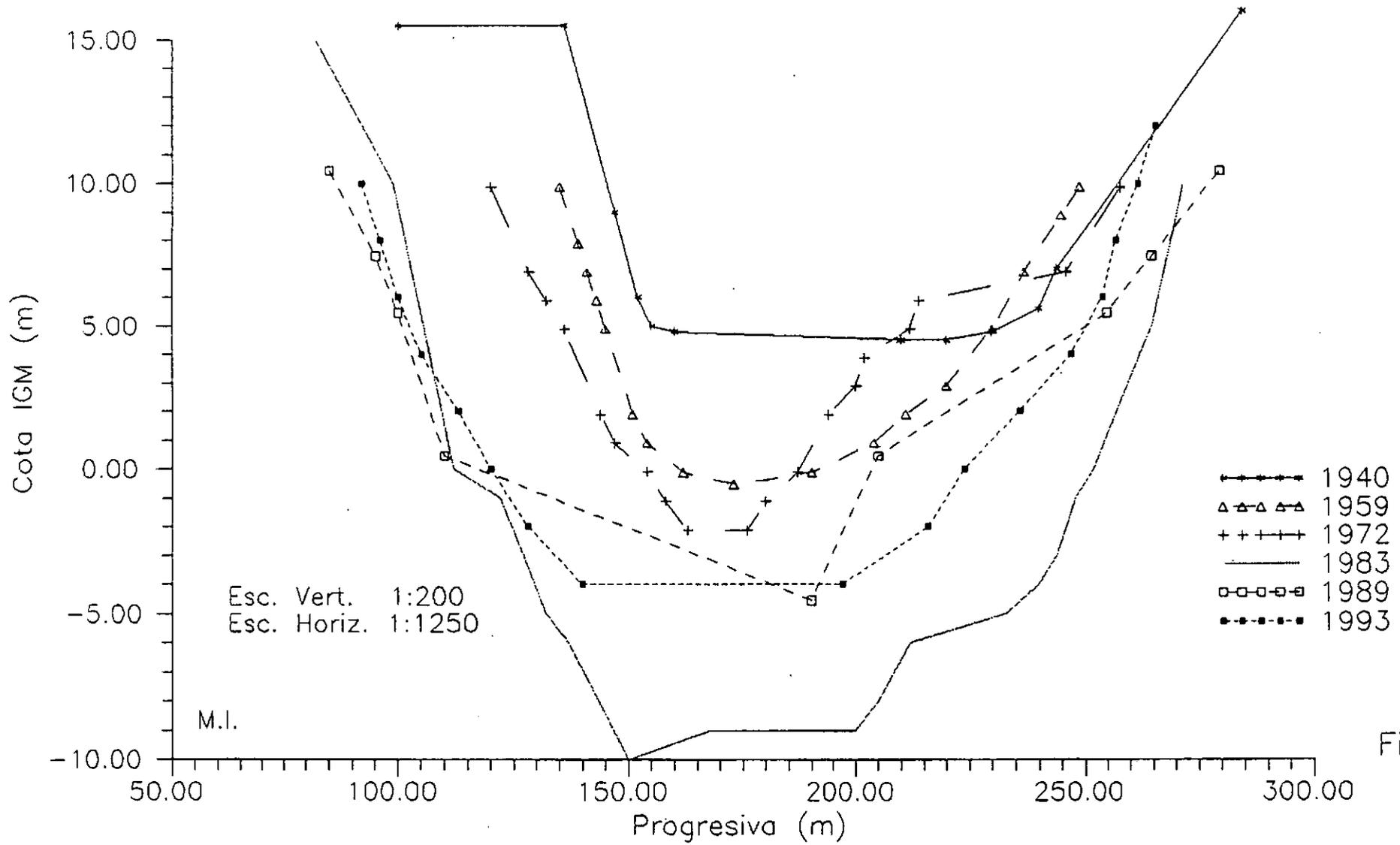


Fig. 14

Arroyo Leyes – Comparativo de secciones transversales
 Seccion 125 m aguas arriba Puente R.P. 1

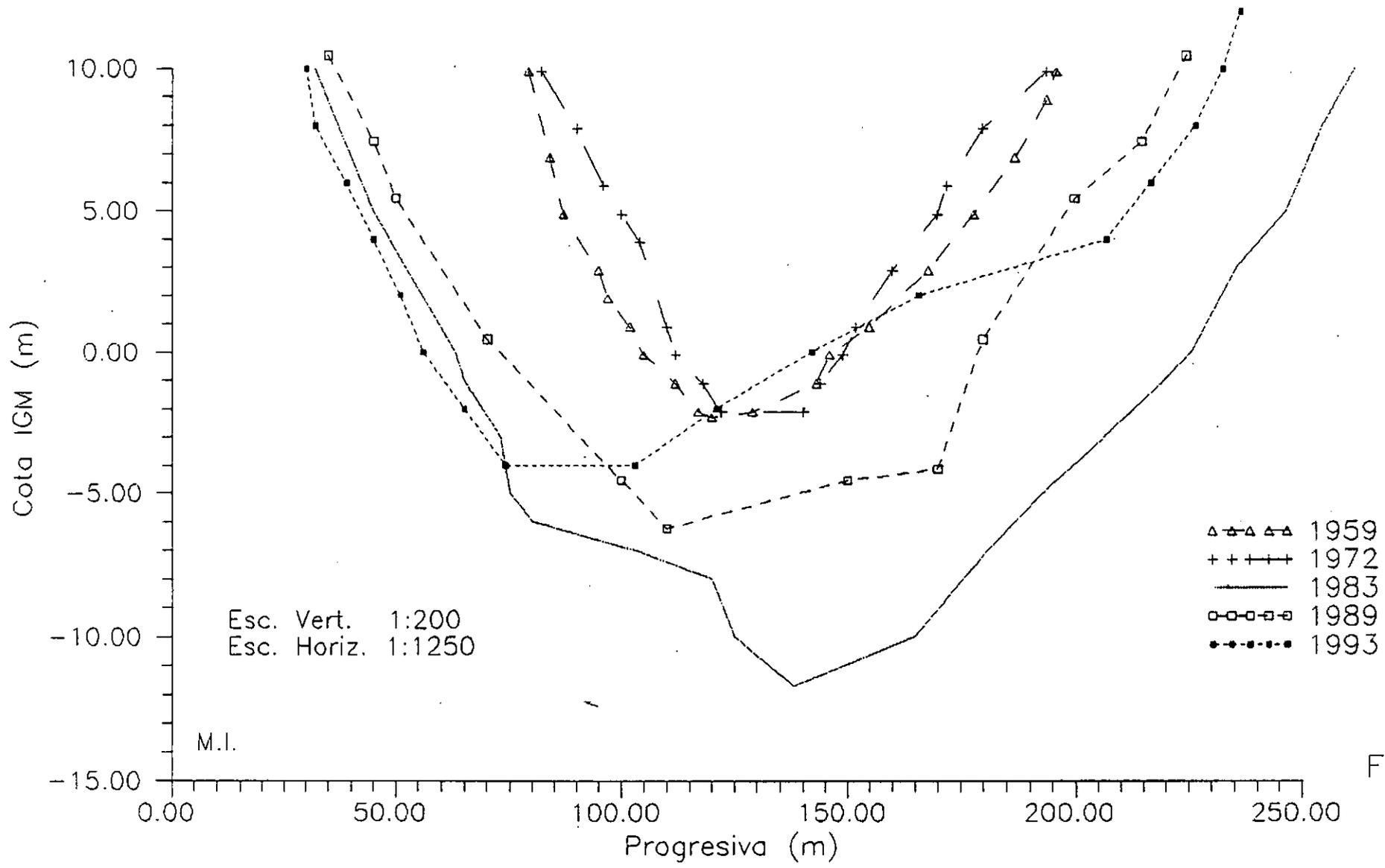


Fig. 15

Arroyo Leyes – Comparativo de secciones transversales
 Seccion 225 m aguas arriba Puente R.P. 1

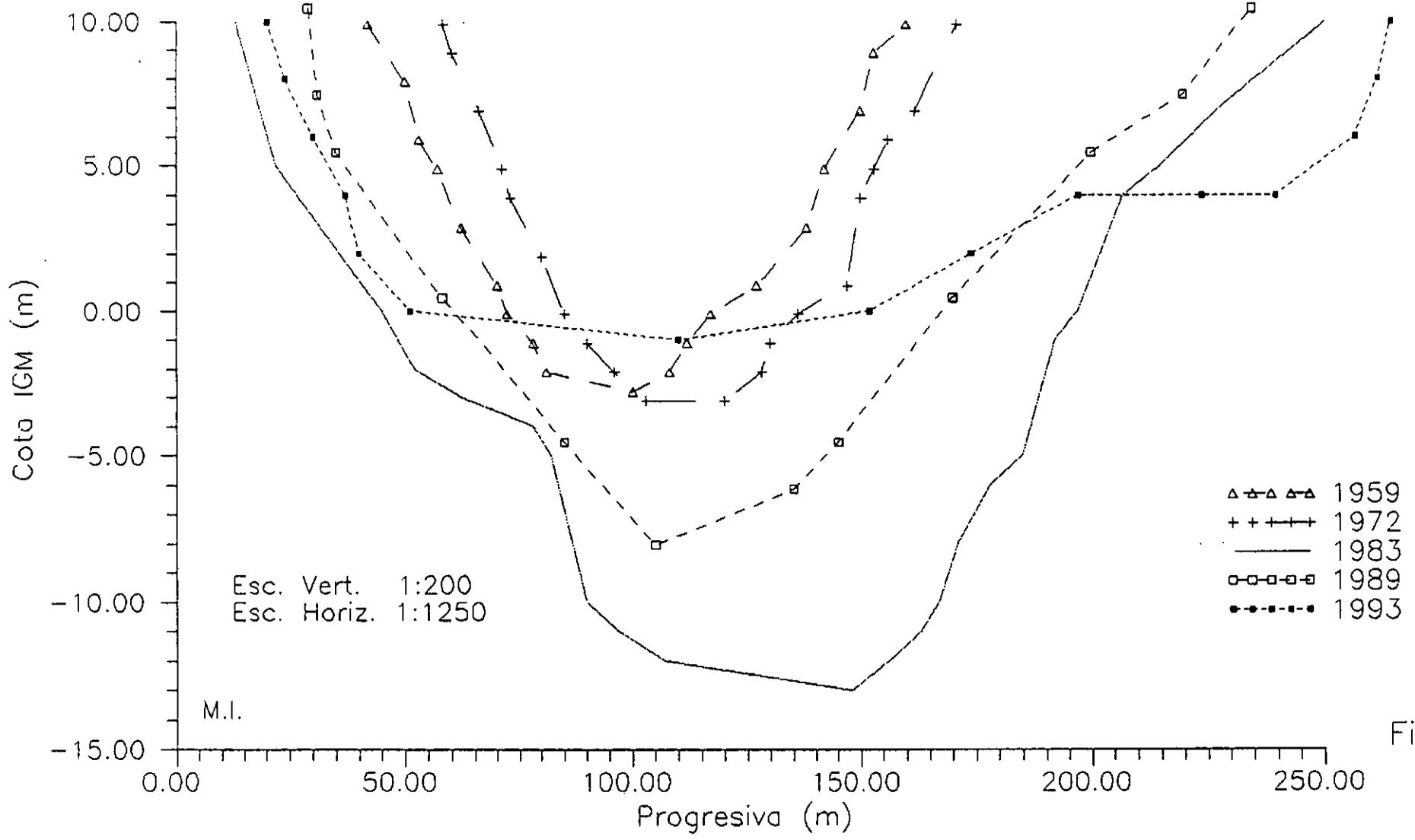


Fig. 16

Evolución de la isobta del cero del hidrometro
(Cota cero: 9,886 m IGM)

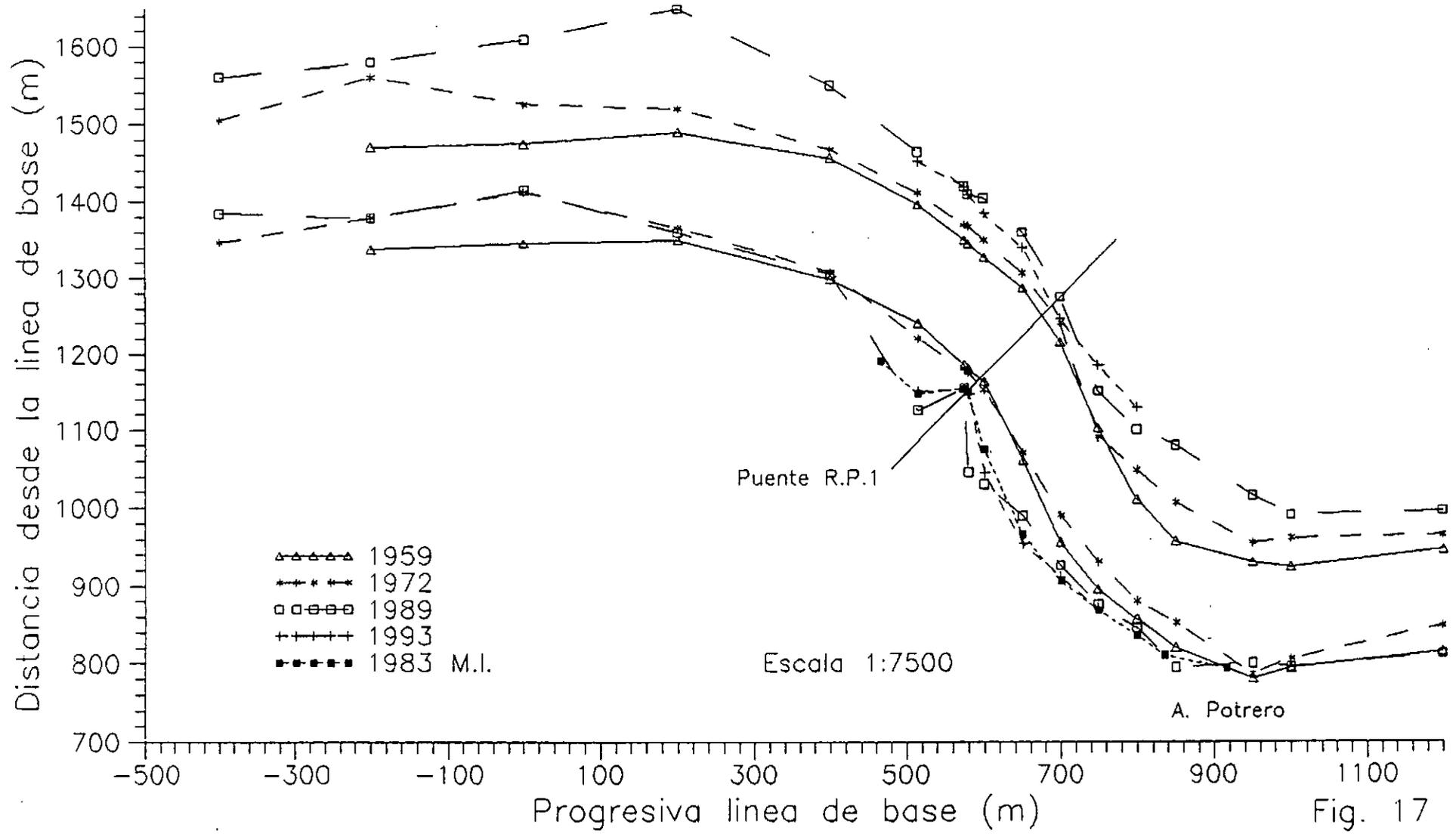


Fig. 17

ARROYO LEYES

Evolucion de la isobata de 5 m. por debajo del cero del hidrometro
(Cota cero: 9,886 m IGM)

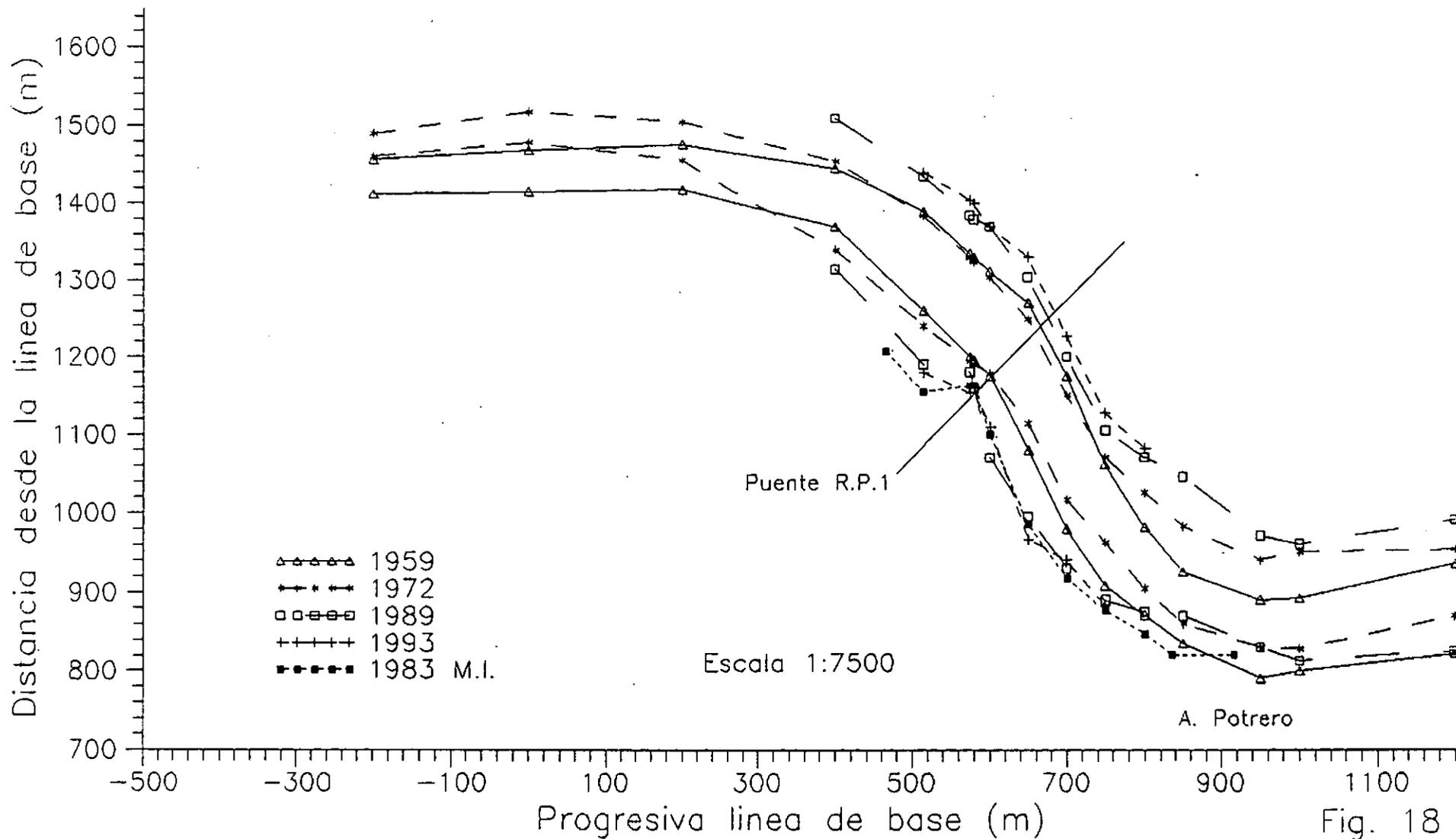
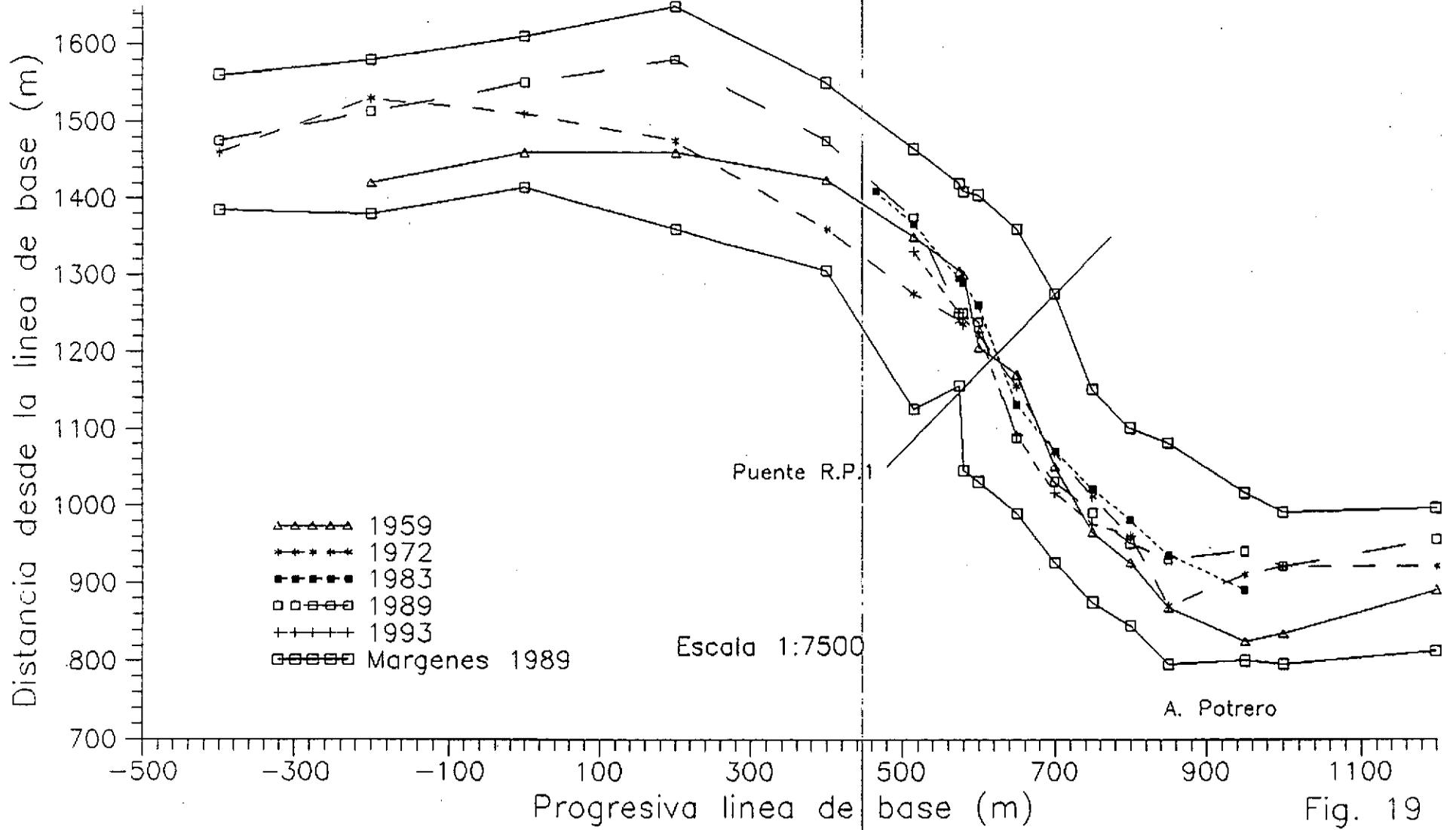


Fig. 18

ARROYO LEYES

Evolucion de la linea del thalweg



Evolucion de la profundidad del thalweg

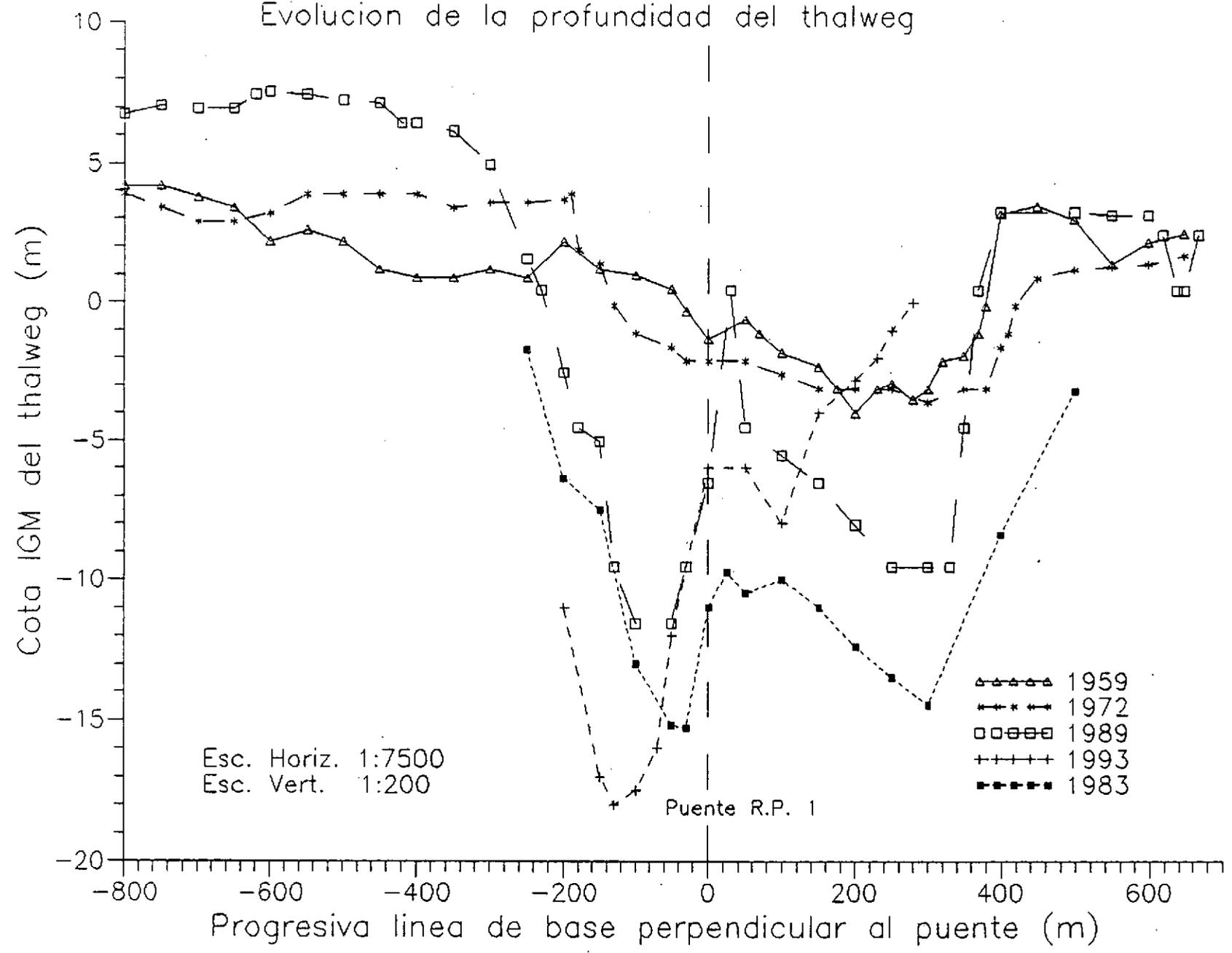
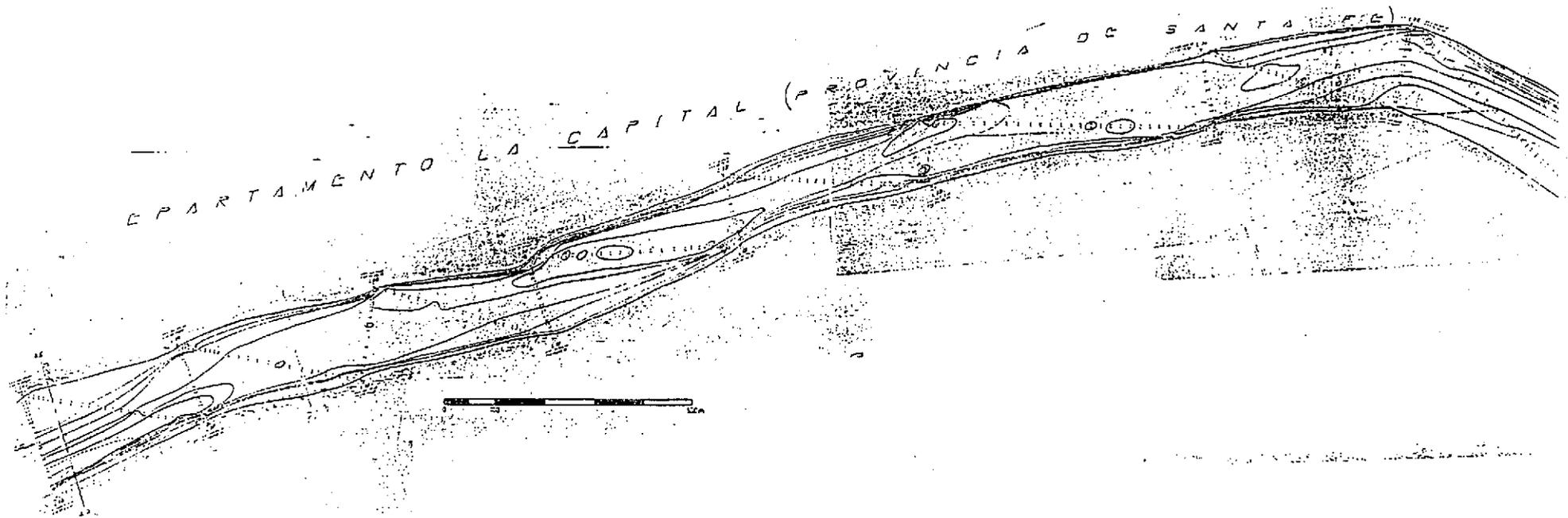
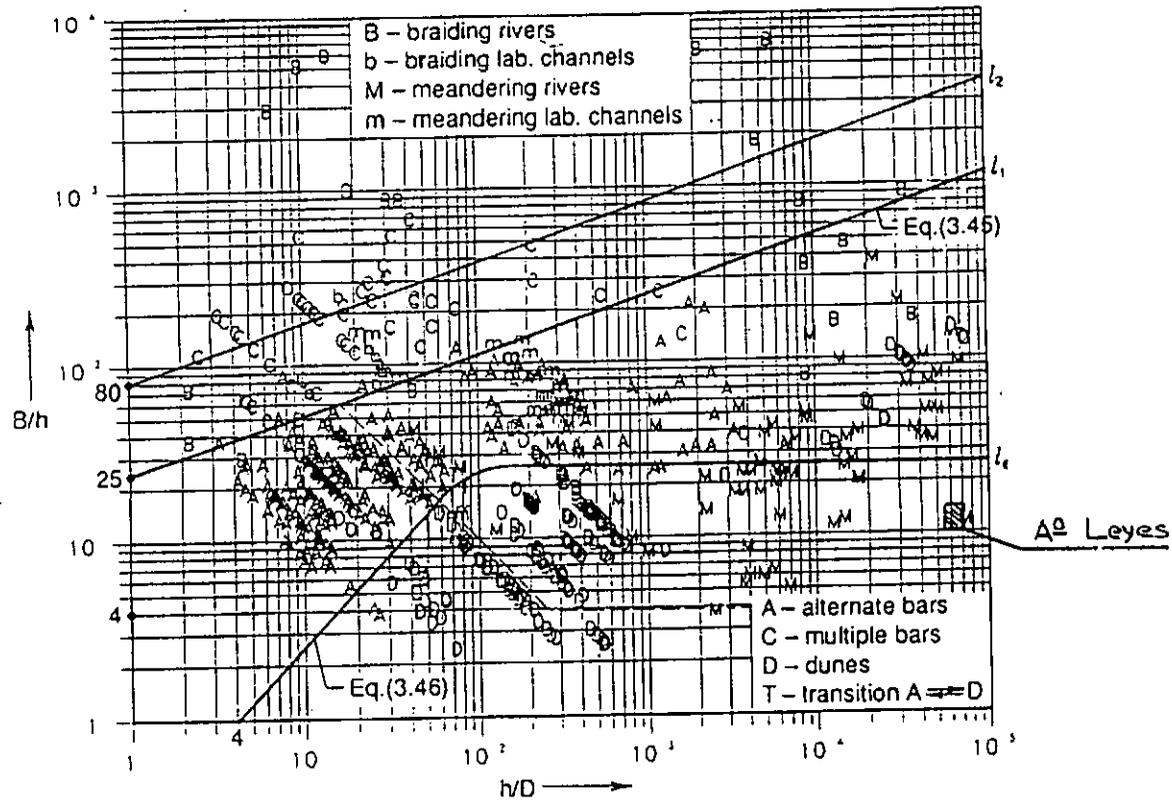


Fig. 20



Batimetria tramo recto aguas abajo del Puente
de la R.P.No 1 - Relevamiento de 1972 (DNCP y VN)

Fig.21



Ubicación del Arroyo Leyes en el plano (B/h; h/d)
 (Figura reproducida de Ref. 16)

Fig.22

Embocadura Arroyo Colorado Comparativo de secciones transversales

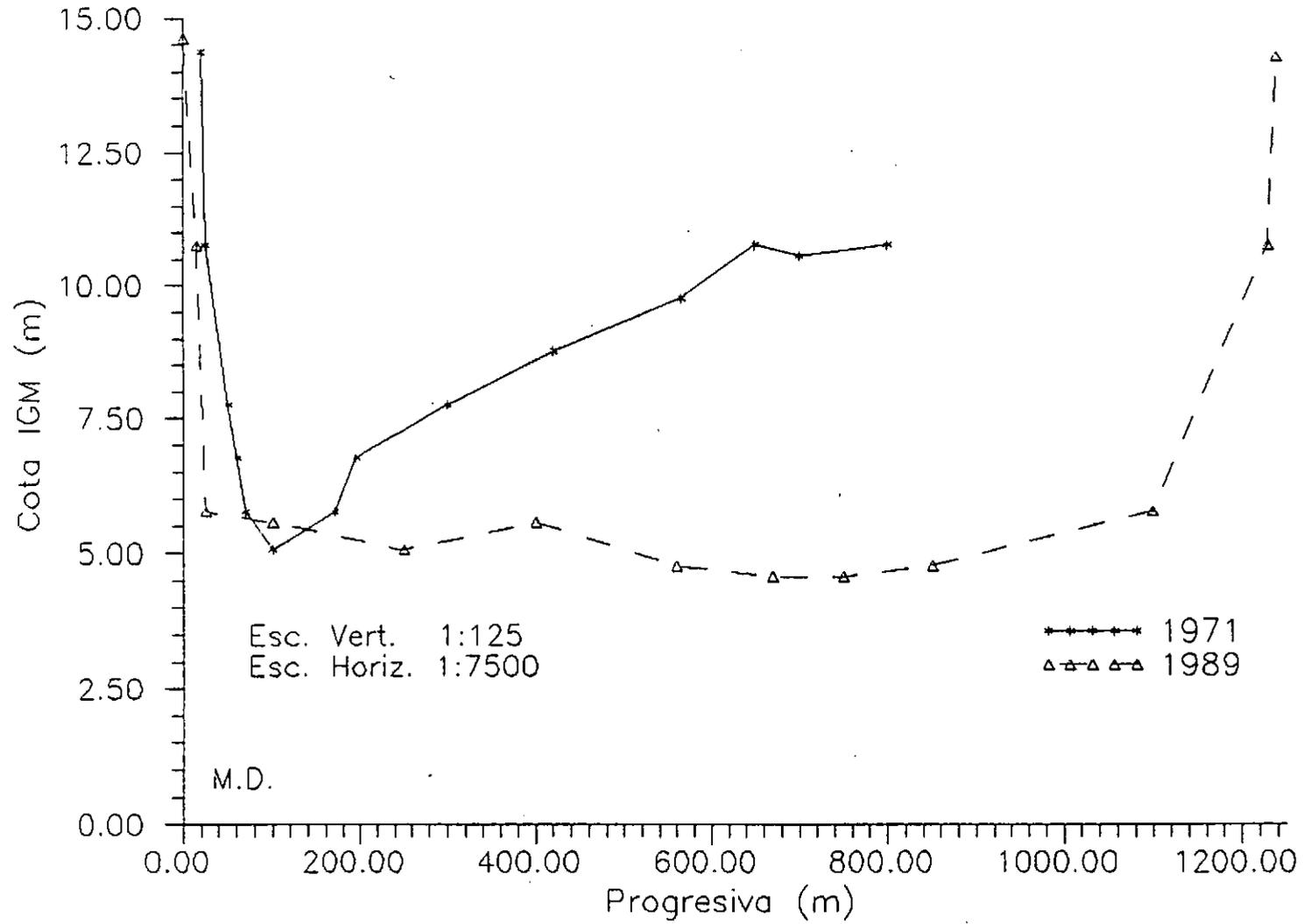


Fig. 24

Embocadura Rio Colastine
Comparativo de secciones transversales

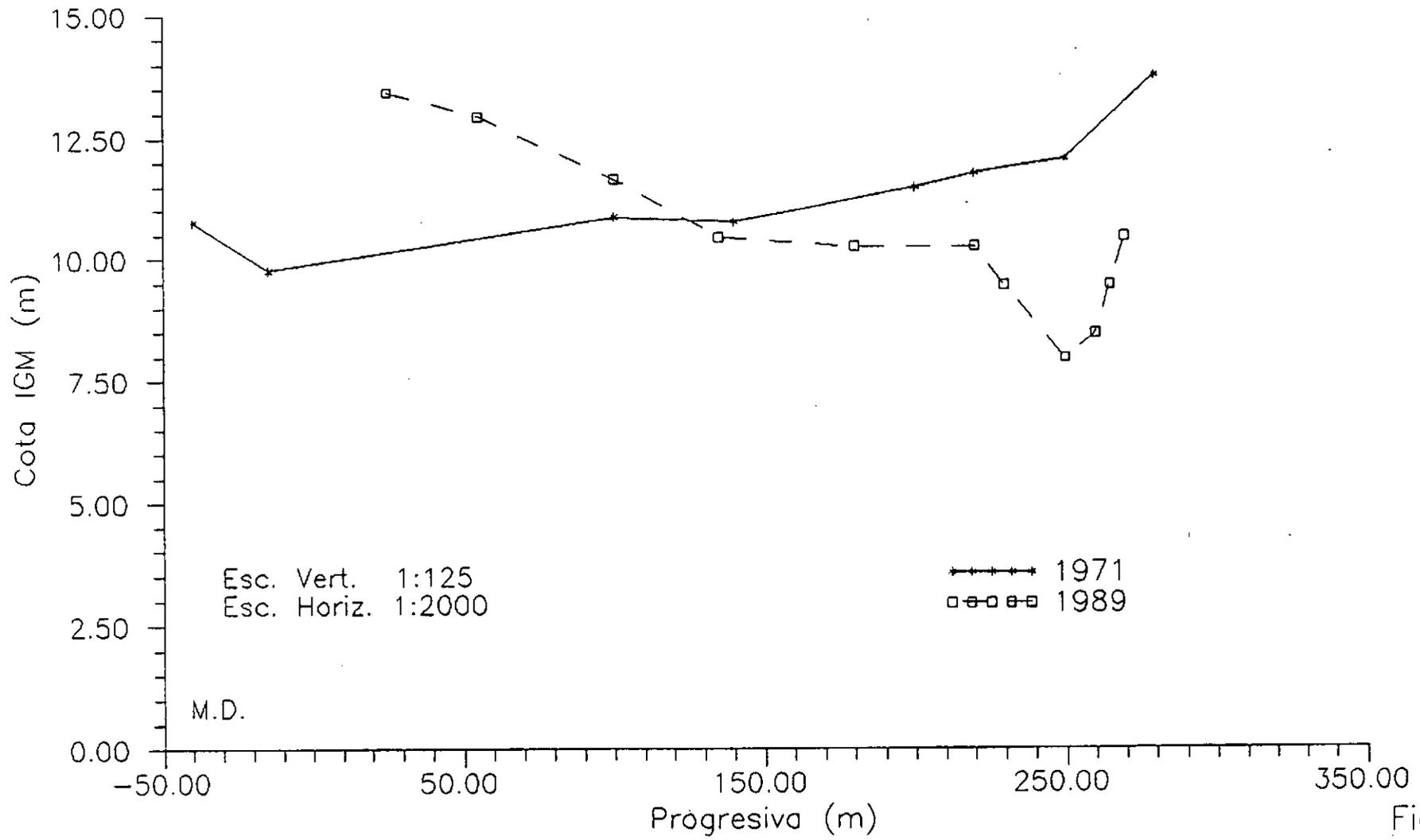


Fig. 25

Rio Colastine - 300 m. aguas abajo embocadura
Comparativo de secciones transversales

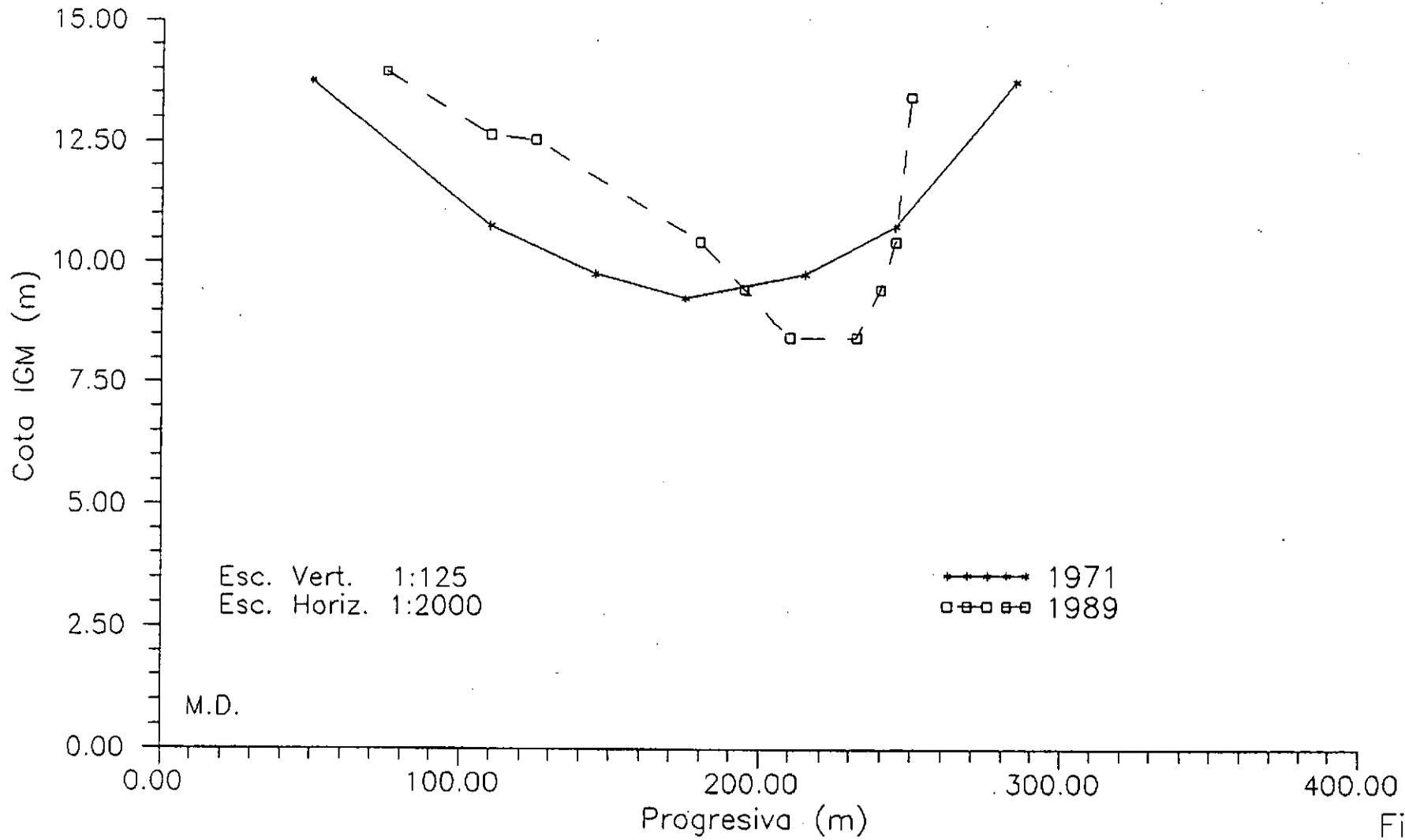
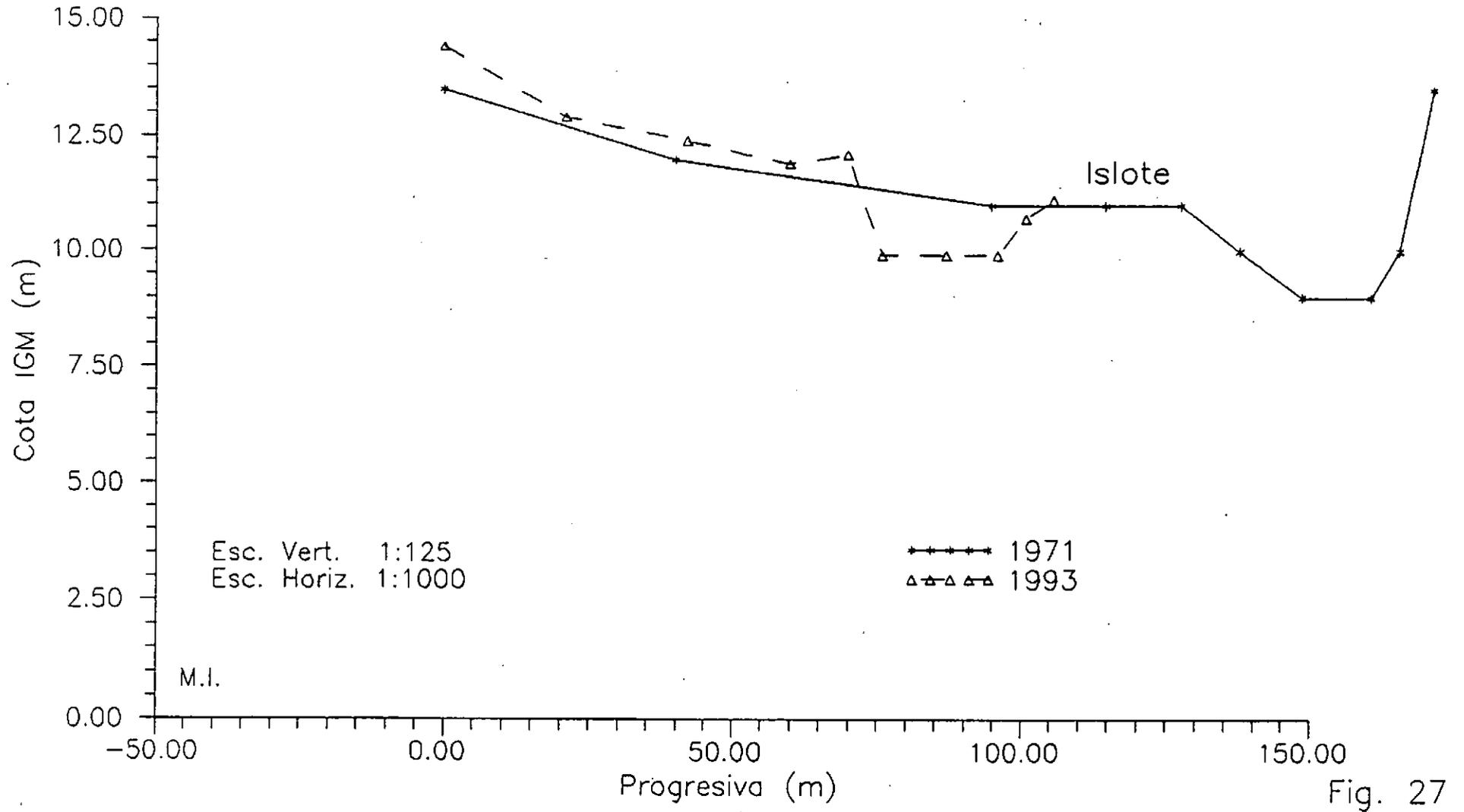


Fig. 26

Comparativo de secciones transversales Seccion Islote



Comparativo de secciones transversales
Seccion aguas abajo Islote

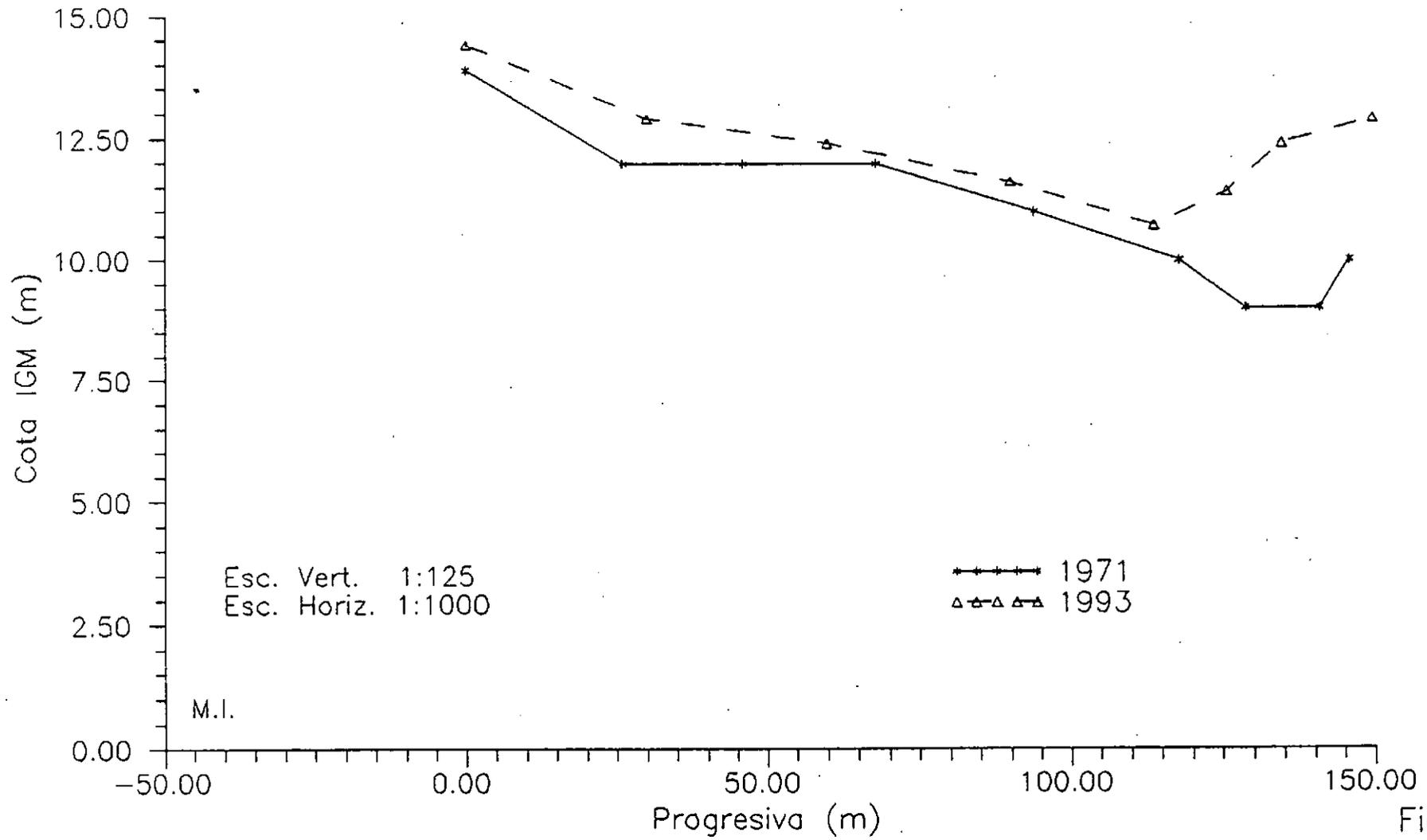


Fig. 28



Bifurcacion Leyes - Colastine

Fig. 29

Embocadura Arroyo Leyes Comparativo de secciones transversales

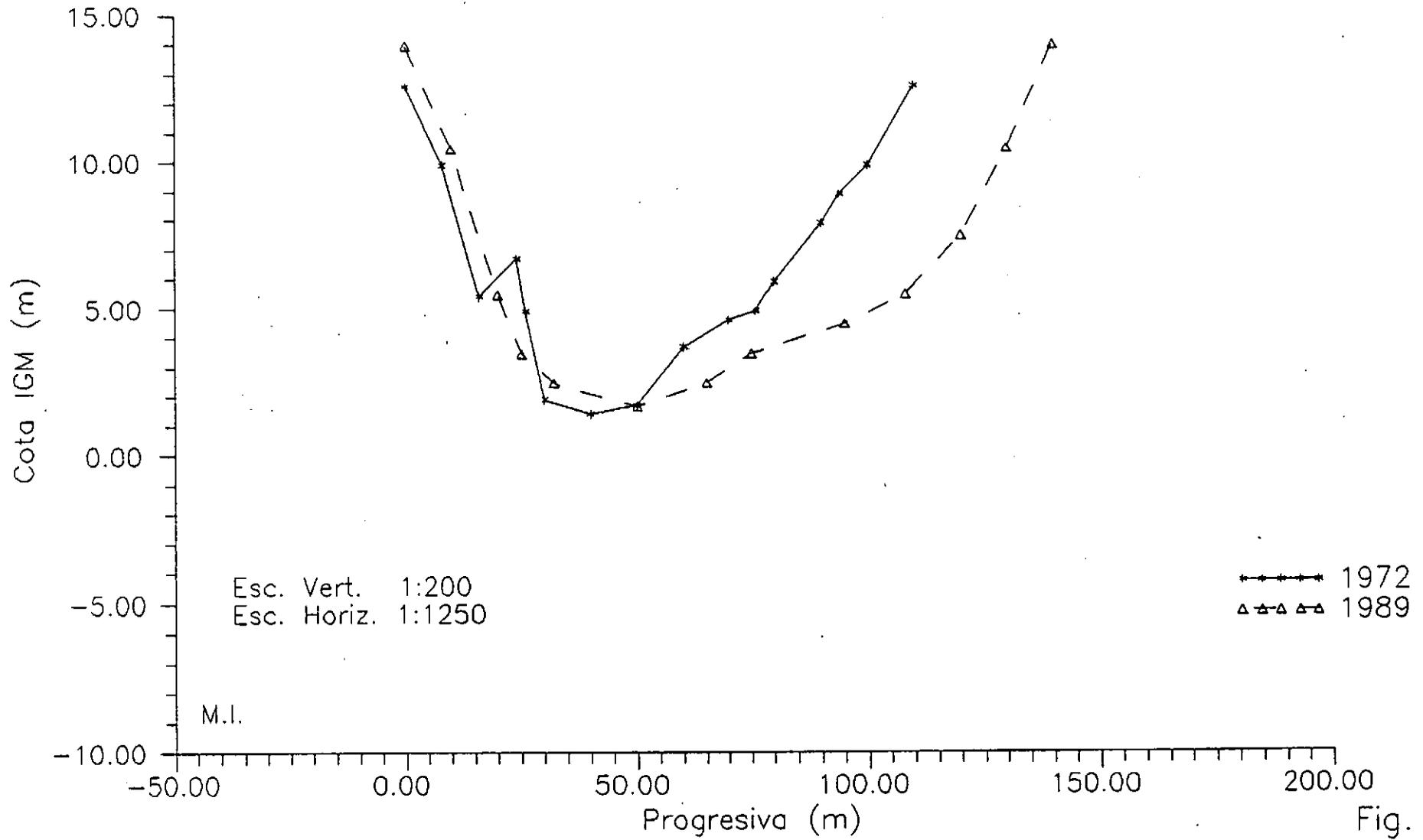


Fig. 30

Desembocadura Rio San Javier Comparativo de secciones transversales

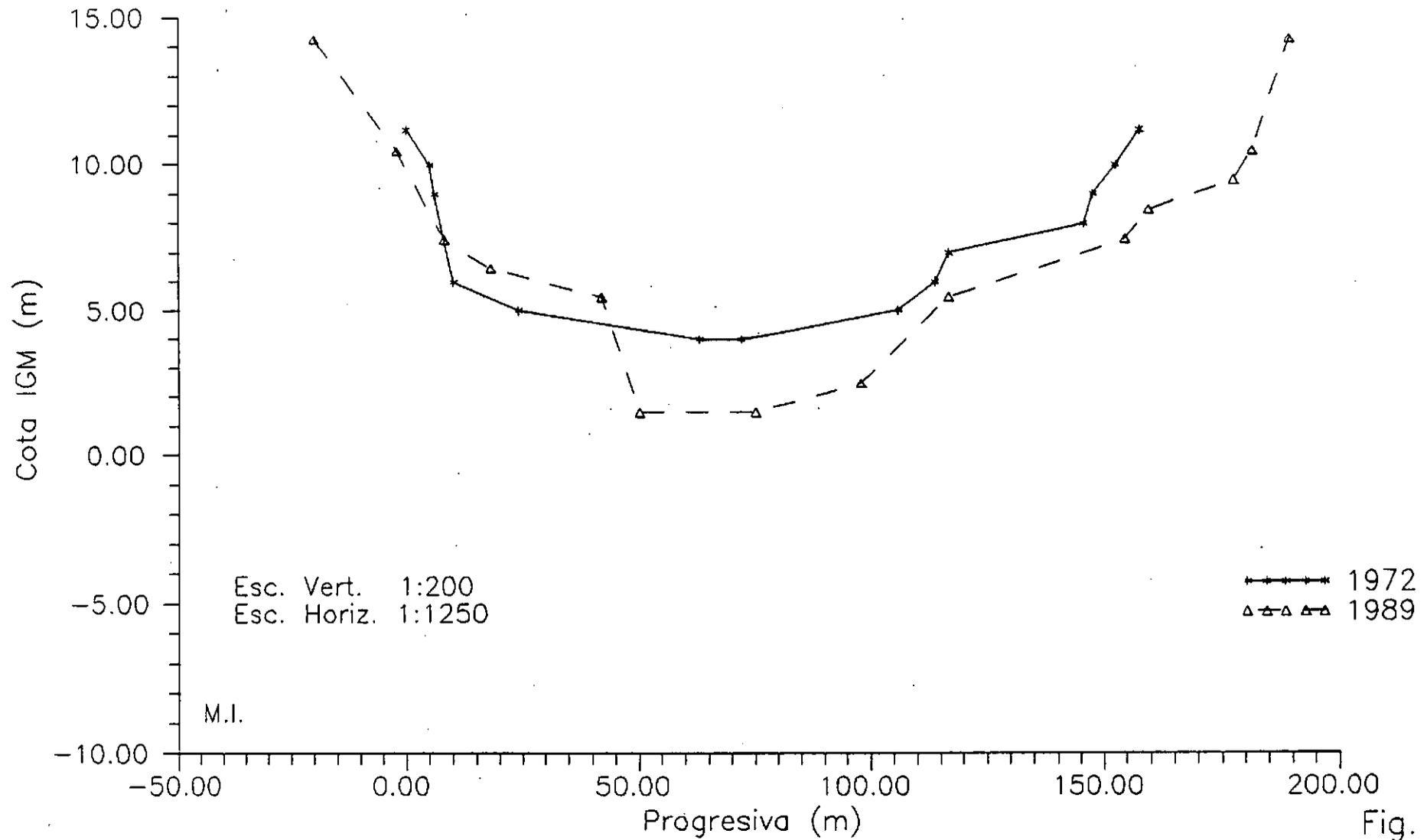


Fig. 31

TABLA 1 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL ARROYO LEYES EN LA ZONA DEL PUENTE DE LA R. P. Nro 1 ANTES Y DESPUES DE 1983

H (esc.V.del Pirata) (m)	1971 - 1972			1976 - 5/83			Luego del 5/83		
	Q (m3/s)	AREA (m2)	Um (m/s)	Q (m3/s)	AREA (m2)	Um (m/s)	Q (m3/s)	AREA (m2)	Um (m/s)
5.06-5.19	469	838	0.56	573	991	0.58	543	2653	0.21
6.14-6.22	607	1078	0.56	991	1158	0.86	832	3427	0.24
6.98-7.04	875	1187	0.74	1524	1506	1.01	1712	3693	0.46

(Tomado de Ref. 6)

TABLA 2 CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE LOS SEDIMENTOS DE FONDO DEL ARROYO LEYES
(Muestras de fecha: 31/03/93 (Ref. 6) , 28-30/12/93)

Número de muestra	d50 (mm)	dg (mm)	Desvio	h (m)	Arena	Limo	Arcilla	Lugar
					[%]			
1	1.740	1.760	5.56	14.5	100	-	-	Sección A (thalweg)
2	0.165	0.090	2.47	10.0	75	21	4	Sección A (centro cauce)
3	0.014	0.016	3.97	24.0	16	67	17	Sección B (thalweg)
4	0.308	0.301	1.15	12.0	100	-	-	Sección C (thalweg)
5	0.334	0.345	1.51	11.0	100	-	-	Sección D (centro cauce)
6	0.072	0.042	3.03	6.5	55	41	4	Sección D (margen izq.)
7	0.330	0.325	1.29	12.5	100	-	-	Sección E (thalweg)
8	0.125	0.061	4.08	14.5	66	30	4	Sección G (centro cauce)
9	0.308	0.281	1.37	8.0	100	-	-	Sección H (thalweg)
10	0.366	0.379	1.30	10.0	100	-	-	Sección I (thalweg)
11	0.435	0.516	1.46	6.0	100	-	-	Sección J-Desembocadura (thalweg - M.I.)
12	0.233	0.246	1.30	4.7	100	-	-	Sección J (centro cauce)

TABLA 3 EVOLUCION DE AREAS Y ANCHOS DE BOCA DE SECCIONES TRANSVERSALES EN EL ARROYO LEYES PARA LA COTA DE DESBORDE (aprox. 15 m. IGM).

Sección (*)	Parámetro	Fecha			
		1959	1972	1989	1993 (**)
A	Area (m2)		1200	1830	2300
	Ancho (m)		120	150	270
B	Area (m2)		2130	3550	4590
	Ancho (m)		160	230	280
C	Area (m2)		1030	1870	2060
	Ancho (m)		98	130	192
D	Area (m2)		1680	1980	2060
	Ancho (m)		170	205	200
E	Area (m2)			1540	2040
	Ancho (m)			150-160	235
F	Area (m2)		1500	2080	2420
	Ancho (m)		150	165	190
H	Area (m2)	1230	1055	1510	1800
	Ancho (m)	130	130	210	265
I	Area (m2)		1340		1330
	Ancho (m)		160		160

(*) Ubicación de las secciones en Fig. 1

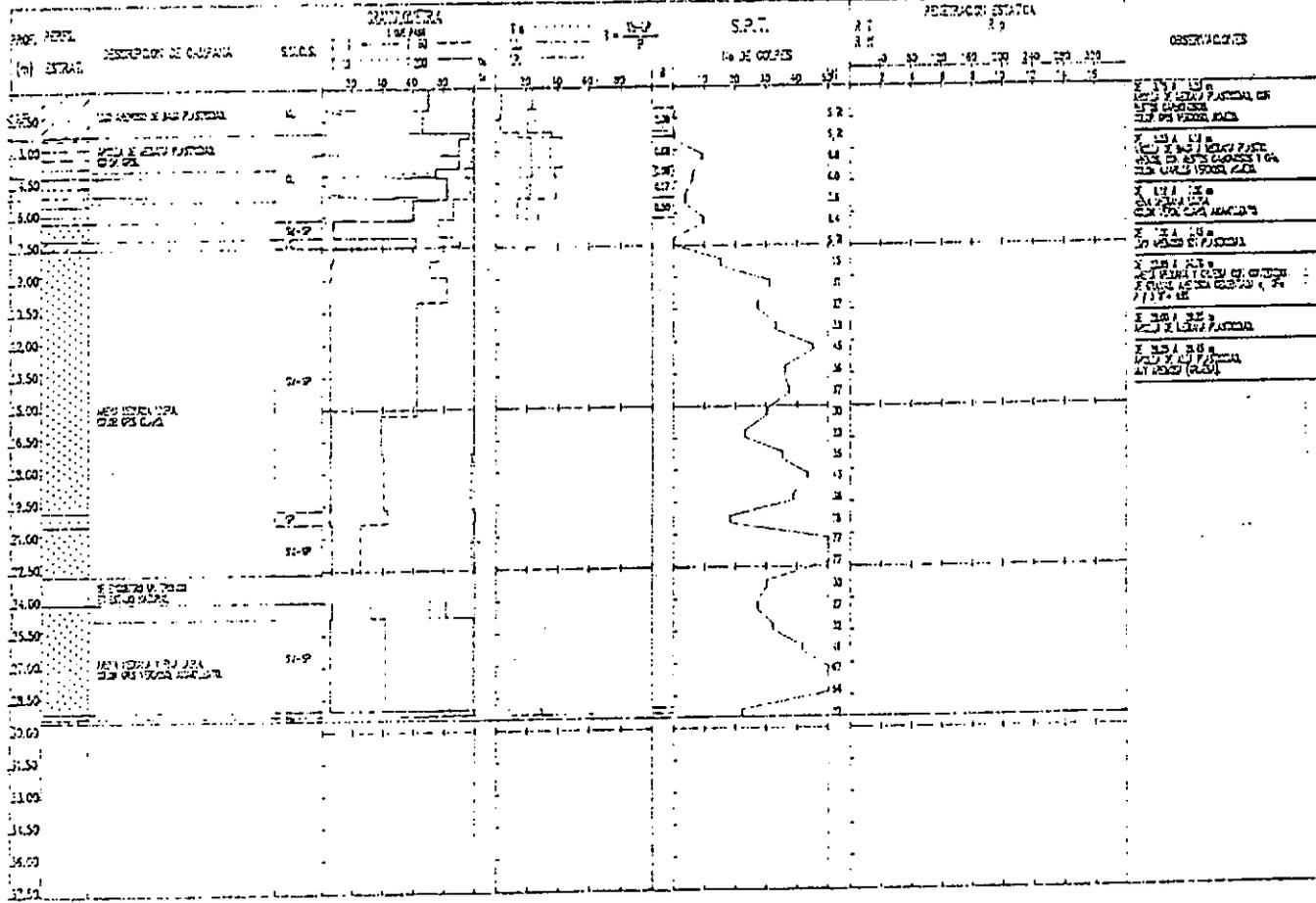
(**) Ubicación aproximada de las secciones
(relevamiento expeditivo sin apoyo de tierra)

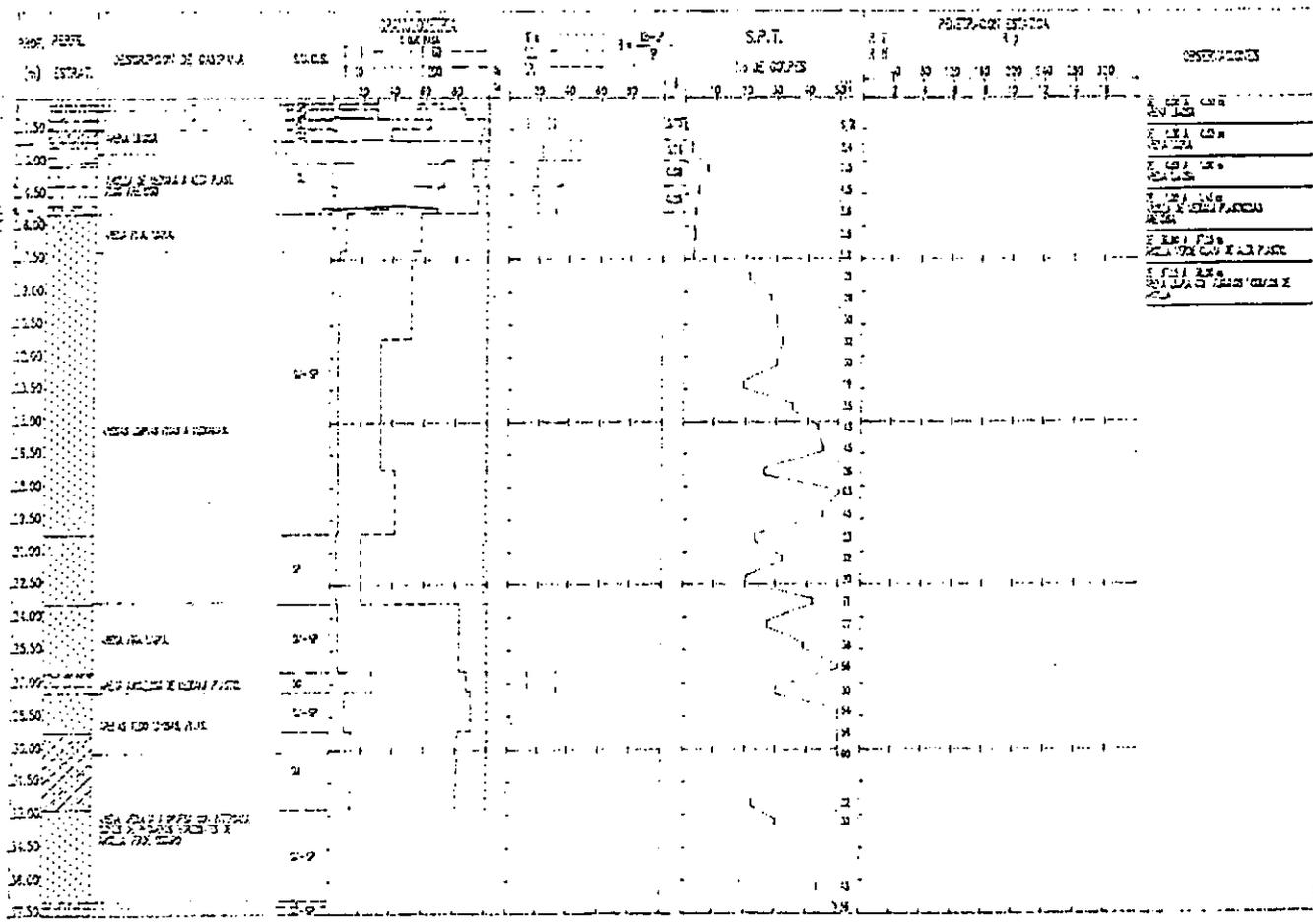
TABLA 4 EROSION Y SEDIMENTACION EN EL TRAMO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DE R.P. No 1

Periodo	Sección 25 m A.A.		Sección 125 m A.A.		Sección 225 m A.A.		Promedio tramo			
	Dh medio (m)	D Area (m2)	Dh medio (m)	D Area (m2)	Dh medio (m)	D Area (m2)	Dh medio (m)	Tasa anual (m/año)	D Vol. (m3)	Tasa anual (m3/año)
1972/83	10.12	1574	13.56	2318	12.56	2204	12.08		420718	
1983/89	-4.55	-821	-5.69	-1173	-4.80	-1066	-5.01	-0.84	-211648	-35275
1989/93	0.69	124	-0.49	-95	-1.05	-237	-0.28	-0.07	-15178	-3794
1983-93	-4.06	-697	-5.86	-1268	-5.40	-1304	-5.11	-0.51	-226825	-22683

El signo "-" denota sedimentación.

ANEXO I





SECCION REGULACION: SECCION - LEYES 20: LEYES 2

CONDICIONES: ...
 RIESGO: ...

CROQUIS DE UBICACION



161