

Estudio batimétrico del Dique El Cadillal

Mayo de 1984

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899



+info
www.argentina.gob.ar/ina

Autores:
José A. Santa, Mario A. Ferrero
Machado, Héctor Vigano y Silvio
Ambrosino

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS

INCYTH

Instituto Nacional de
Ciencia y Técnicas Hídricas

CONICET

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

ESTUDIO BATIMETRICO DEL

DIQUE EL CADILLAL

CIHERSA

CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRICAS
DE LA REGION SEMIARIDA

VILLA CARLOS PAZ, mayo de 1964

El presente trabajo fue realizado por
el CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRICAS DE
LA REGION SEMIARIDA
sito en Villa Carlos Paz, Córdoba, en el
mes de mayo de 1984.

EL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRICAS DE
LA REGION SEMIARIDA (CIHRSA), fue creado
por convenio entre el INCYTH, Instituto Na-
cional de Ciencia y Técnica Hídricas, y el
CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas, con el fin de reali-
zar estudios e investigaciones sobre los Re-
cursos Hídricos, tendientes a su mejor apro-
vechamiento como así también, contribuir a
la formación de Investigadores y Técnicos, y
prestar asesoramiento a Instituciones Fisca-
les, privadas, empresas, etc, sobre temas de
su especialidad.

Presidente INCYTH

Ing. Bruno FERRARI BONO

Presidente CONICET

Dr. Carlos R. ABELEDO

CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDRICAS
DE LA REGION SEMIARIDA

CIHRSA

COMITE DE REPRESENTANTES: Ing. Jorge J. BLANCHETIERE (INCYTH)
 Agrim. Carlos F. PFANDER (INCYTH)
 Dr. José A. HOFFMAN (CONICET)
 Dr. Juan C. GOTTIFREDI (CONICET)

DIRECTOR: Ing. Eduardo J. BUSTAMANTE

P R O Y E C T O

"ESTUDIO BATIMETRICO DIQUE EL CADILLAL"

RESPONSABLES: Ing. José A. SANTA

Geol. Mario A. HERRERO MACHADO

PERSONAL TECNICO: Hector VICANO

Silvio AMBROSINO

VILLA CARLOS PAZ, mayo de 1984

I N D I C E

CAPITULO I	-	INTRODUCCION
CAPITULO II	-	METODOLOGIAS
CAPITULO III	-	CUBICAJE
CAPITULO IV	-	CONCLUSIONES Y RESULTADOS
		RECOMENDACIONES
		AGRADECIMIENTOS
		BIBLIOGRAFIA
		GRAFICOS
		TABLAS

ESTUDIO BATIMETRICO DIQUE EL CADILLAL

CAPITULO I

INTRODUCCION

El presente trabajo se realizó a través de una solicitud del Gobierno/ de la Provincia de Tucumán, dada la necesidad de conocer el ataquinamiento/ y, en consecuencia, la capacidad útil actual que presenta el Dique El Cadillal.

Tal pedido, está motivado en los problemas ocasionados en el embalse / luego de una gran crecida del Río Salí, que llevó la turbidez de las aguas/ a valores cercanos a las 20.000 p.p.m., ignorándose en ese momento la can- / tidad de material sedimentado. Dicha situación originó, lógicamente, graves problemas en el suministro de agua potable a la Ciudad de San Miguel de Tu- cumán, la cual debió permanecer sin agua durante dos días consecutivos.

El Dique El Cadillal está ubicado entre los 26° 36' de latitud Sur, y/ los 65° 13' de longitud Oeste, a 25 Km. al Norte de la Capital de la Provin- cia.

La obra fue construída entre los años 1962-1965, siendo su destino la/ prestación de riego a 70.000 Has., la provisión de agua a la Ciudad de San/ Miguel de Tucumán, regular las crecidas del Río Salí y generar enegía eléc- trica. Constituyen la obra: una presa principal, tres cierres laterales, // vertedero y aliviadero de emergencia, túnel, canal, rápida, amortiguador de energía y un túnel de desvío.

La cota del coronamiento de la presa se encuentra a 616 mts. s.n.m. y/ el vertedero a 607,50 mts. s.n.m. La capacidad original del embalse a la // cota del vertedero era de 298 Hm³ y la superficie de 1295 Has.

El embalse tiene como afluente principal al Río Salí, y como afluentes menores a los Ríos India Muerta y Tapia. La cuenca de recepción abarca una/ superficie total de 4.700 Km².

Como consecuencia de las condiciones climáticas imperantes, la cuenca/ tributaria es de tipo torrencial. La precipitación media anual está en el / orden de los 700 mm.

En cuanto a los materiales de superficie, la cuenca de recepción res- / ponde a los cuadros geológicos de las Sierras Pampeanas, Cordillera Orien-

tal y Sierras Subandinas. Comprenden un basamento cristalino precámbrico // compuestos por materiales metamórficos de alto grado, filitas, cuarcitas, / esquistos y pizarras distribuídas en las Cumbres Calchaquíes, Sierra de Medina y Candelaria. Sobre este basamento se depositan los sedimentos ordo-// víicos, de amplia difusión en el marco de la Cordillera Oriental, repre-// sentados por lutitas y cuarcitas.

Siguiendo la secuencia geológica se depositan discordantemente, sedi- / mentos cretácicos manifestados en el Grupo Salta, compuesto por conglomerados, areniscas rojas y calcáreas, calizas oolíticas, arcilitas y margas multicolores.

En todo este complejo se presenta, aflorándose, el Terciario Superior/ Continental representado por el Grupo Choromoro (Formación Río Salí). Está/ integrado por limonitas rojas con intercalaciones de margas verdes, calizas oolíticas y potentes bancos de yeso.

Completando el cuadro litológico los materiales cuaternarios están representados por sedimentos aluvionales (gravas, arenas y limos).

CAPITULO II

METODOLOGIAS

Se entiende por reconocimiento batimétrico, el conjunto de operaciones encaminadas a obtener datos de la topografía y volúmen del vaso, sin necesidad de vaciarlo.

Los datos que se buscan con estos reconocimientos, se obtenían anteriormente por procedimientos lentos y no muy exactos, tales como el empleo de cables lastrados con plomo, por lo que estos trabajos resultaban muy costosos y de escasa utilidad.

Hoy en día, la aplicación de la electrónica a la medida de profundidades, permite disponer de aparatos adecuados que mediante emisiones de baja o alta frecuencia, proporcionan rápidamente perfiles continuos y de gran precisión en la configuración del fondo. Estos aparatos son las ecosondas.

Las ventajas que presentan estos reconocimientos batimétricos respecto a los topográficos, fotogramétricos y clásicos, se pueden resumir diciendo que reúnen las condiciones medias-óptimas de rapidez, precisión y economía, condiciones necesarias para que de hecho se efectúen y prosigan con regularidad las mediciones.

a) Apoyo topográfico:

El único antecedente cartográfico, a los fines de este trabajo, del Dique El Cadillal, es una planimetría del vaso confeccionada en escala 1:10.000 con una equidistancia entre curvas de 5 mts. Tal cartografía fue obtenida mediante un relevamiento aerofotogramétrico anterior a la construcción del dique y es hoy utilizada, a los fines prácticos de este trabajo, como carta base (Carta I).

b) Definición de Perfiles:

Para el perfecto conocimiento de las curvas isobáticas (curvas de nivel sumergidas), fue necesario realizar un gran número de perfiles, tanto longitudinales como transversales; es decir que se cubrió el embalse con una densa red de sondeos.

La situación de los perfiles de sondeo fue planteada de acuerdo a las/

siguientes condiciones:

- 1 - Que sean representativos (es aconsejable que los perfiles sean normales al cauce del río).
- 2 - Que los vértices extremos de perfiles cumplan los requisitos básicos indispensables en topografía: buena visibilidad, perfecto enlace con los mas posibles de los restantes, etc.

Los vértices extremos de perfiles, a efectos de este trabajo, han sido denominados como puntos notables, siendo ubicados en toda la línea de costa del lago.

La distancia a que han de situarse los perfiles, es variable y cada // embalse requiere un exámen particular. Se puede decir generalmente, que la separación entre perfiles debe oscilar entre 100 y 600 mts. o aún mayor, de acuerdo a las características morfométricas de cada embalse, y en este caso particular fue de alrededor de 500 mts.

A partir de la delimitación de los puntos notables, teniendo en cuenta las dos premisas anteriormente citadas, se determinaron, a escala 1:10.000, perfiles tentativos, que exigieron luego una comprobación a campo, en la // que se desestimó varios de ellos, reemplazándolos por otros.

Una vez efectuada dicha comprobación, se construyó una carta a escala/ 1:10.000, con los perfiles definitivos que cubrieron el área en estudio (// Carta II).

c) Levantamiento Batimétrico:

El procedimiento que se emplea, precisa de los medios adecuados para / el desplazamiento por la superficie del agua, de una embarcación portadora/ del personal y de los equipos necesarios para este tipo de trabajos. Para / la realización del proyecto, se utilizó como embarcación una lancha Zodiac/ Mark III, que es la que reúne las condiciones ideales en este tipo de estu-
dios.

El instrumental básico de los reconocimientos batimétricos es la eco- / sonda, siendo utilizado en este caso un ecógrafo portátil RAYTHEON tipo DE/ 719-B. La misión de este equipo, es medir la profundidad, facilitando un // registro gráfico y continuo de la misma en cada instante. Para ello emplea/ ondas ultrasónicas que se transmiten por medio de un proyector o transduc- /

tor, emitiendo en sentido vertical y hacia el fondo, una onda, de característica cónica. Parte de ella se refleja y regresa en forma de eco al receptor de sonido, en el que se induce un impulso eléctrico que se amplifica y pasa por un riel de contacto al estilete trazador del registro.

En el espacio del papel de gráfico o carta que corresponde al tiempo / transcurrido desde la emisión del impulso ultrasónico hasta su regreso queda trazada una marca negra. Como la carta se mueve horizontalmente y de una manera uniforme, las marcas producidas por el estilete dan una línea continua y a escala, que es la imagen del perfil que presenta el fondo sobre el que se ha pasado.

La escala vertical del registro, viene dada en el mismo gráfico, pero no ocurre así con la horizontal, pues varía con la velocidad de la embarcación portadora del aparato y la de desplazamiento de la carta. Por lo tanto, fue esencial realizar las tareas a una velocidad constante de la embarcación.

En el período en que se registraron las mediciones, el nivel de agua / del embalse, osciló entre 607,50 y 607,90 mts.

d) Confeción de la carta batimétrica:

En base a los perfiles de ecosondaje realizados, 24 en total, se confeccionó la carta batimétrica.

Obtenidos los puntos de referencia de los perfiles, y ubicados planimétricamente éstos, se procedió a buscar las nuevas cotas, determinando luego las curvas de igual profundidad (Curvas isobáticas o curvas de nivel sumergidas)(Carta III).

La equidistancia entre curvas, es de 5 mts.

CAPITULO III

CUBICAJE

El cubicaje del embalse fue realizado adoptando como procedimiento la fórmula del "tronco cónico":

$$V = ((a_1 + a_2) + (a_1 \cdot a_2)^{1/2}) \cdot \frac{h}{3}$$

Donde:

a_1 = área de la cota superior.

a_2 = área de la cota inferior.

h = equidistancia.

Dado que los distintos métodos de cálculo del volúmen de un vaso, dan resultados que presentan alguna diferencia, al confrontar el volúmen anterior (año 1966) con el actual (año 1984), fue necesario calcularlos por el mismo método. Como se desconoce el método utilizado en aquella época, se // recalcularon los valores por la fórmula del "tronco cónico".

En la Tabla II se observan los valores obtenidos mediante la aplica-// ción de la fórmula del tronco cónico, tanto para el año 1966, como para el año 1984, posibilitando así su comparación.

A partir de los datos de áreas y volúmenes (Tabla I y II) se confeccionaron las Curvas de Areas y Volúmenes e Histograma de Volúmenes de Sedimentos (Gráficos I y II).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El Dique El Cadillal, tiene una cota a nivel del vertedero de 607,50 / mts. s.n.m., con un volúmen original a esa cota de 298 Hm³.

El relevamiento batimétrico realizado en esta oportunidad se ha volcado en un mapa a escala 1:10.000, tomando una equidistancia entre curvas de igual profundidad de 5 mts. En base a este mapa y utilizando la fórmula del "Volúmen del Tronco Cónico", se cubicó el volúmen actual.

Como resultado de ello se observa un decremento de volúmen del embalse de 73 Hm³, que resulta de comparar los nuevos valores (año 1984) con el volúmen primitivo, siendo la capacidad útil actual de 225 Hm³.

El volúmen del embalse se ha reducido, en estos 18 años, en un 24,5%, / con una disminución anual de 4,013 Hm³, lo que representa en porcentaje del volúmen inicial, un 1,34% anual.

Esta tasa de sedimentación, comparada con otras de distintos embalses / del país, es lo suficientemente alta como para preocupar, ya que indicaría, efectuando un cálculo lineal de colmatación, que la vida de la presa a cota del vertedero (607,50 mts.) es de 56 años.

Ahora bien, este valor sirve para apreciar la magnitud del proceso de / sedimentación que se viene produciendo en el Dique El Cadillal desde su /// puesta en funcionamiento, pero no refleja exactamente lo que puede aconte- / cer de aquí en adelante, ya que estos procesos no se producen en forma li- / neal, sino que guardan estrecha relación con los eventos meteorológicos. // Por ello, este período se acortaría si ocurrieran precipitaciones excepcio- / nales de alta intensidad, o por el contrario puede prolongarse si se dan // precipitaciones normales para la zona.

A fin de encontrar las causas de la gran sedimentación producida, se / tuvo la oportunidad de recorrer la cuenca y observar los procesos de ero-// sión. Además, y gracias a la gentileza del Area Exploración Minera de la // Región NOA, del Servicio Minero Nacional, se contó con los antecedentes /// geológicos de la cuenca imbrífera del embalse en los que se aprecia que una parte de ella está compuesta por sedimentos cretácicos, los cuales son muy / diluibles y fácilmente transportables por la escorrentía. Contribuyen a este cuadro erosivo, las grandes pendientes que con valores en algunos casos /

del 30% y 40% permiten los deslizamientos en masa de las laderas.

Existe, por lo tanto, una correlación estrecha entre la sedimentación/ producida y la erosión de la cuenca. Si tomamos como base los valores de // sedimentación encontrados, y suponiendo un valor unitario al peso específico de los sedimentos, se podría estimar la degradación específica de la /// cuenca imbrífera que estaría alrededor de las 853 Tn/Km² año, lo cual habla de una degradación bastante alta.

Por expreso pedido a la Dirección Provincial de Obras Sanitarias y de la Dirección Provincial del Agua de Tucumán se intentó sondear la profundidad sobre el lugar exacto de ubicación de las torres de toma, a fin de observar el nivel de sedimentación sobre ellas.

Dicho trabajo no arrojó resultados satisfactorios dada la falta de antecedentes que permitieran ubicarlas planimétricamente sobre el espejo de / agua. De todos modos, el área en que se encuentran dichas tomas presenta una sedimentación muy pareja, por lo que puede ser válido considerar que el nivel de sedimentación en las torres de toma sea de 560,60 mts. (Profundidad mínima relevada en la zona adyacente a la presa). De acuerdo a ello, y/ siendo el nivel inferior de descarga de la torre de toma de 562 mts., el nivel de sedimentación estaría 1,40 mts. por debajo del nivel inferior de /// descarga.

RECOMENDACIONES

Dado los altos valores de sedimentación que presenta el Dique El Cadi-llal, es totalmente necesario efectuar un estudio detallado de su cuenca // imbrífera, en lo que hace fundamentalmente a la naturaleza de los procesos/ erosivos que en ella se producen. Dicho estudio permitirá observar si las / causas de tales procesos se deben a una erosión geológica normal, o si bien son el producto de una combinación entre la composición geológica de la /// cuenca y algún otro factor que pueda ser controlado, por ejemplo la acción/ del hombre. Por otro lado, es necesario investigar si las precipitaciones / ocurridas en Febrero de 1984 fue un fenómeno excepcional o si se presenta / con cierta periodicidad.

Por otro lado, sería conveniente efectuar relevamientos periódicos del fondo del embalse. Ello tiene dos propósitos muy claros: en primer lugar, / reactualizar continuamente la curva de capacidad del embalse, a fin de un / óptimo manejo del mismo; en segundo lugar, observar el desarrollo de los // procesos sedimentarios que afectan las obras de toma.

Cabe acotar, por último, que este Centro dispondrá en las próximas se- manas de un Sistema Posicionador que permite realizar los distintos releva- mientos con una gran precisión en la ubicación planimétrica de los perfiles o itinerarios, el cual, conjuntamente con los técnicos y profesionales, se/ encuentran a disposición de la Provincia de Tucumán.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección Provincial de Obras Sanitarias, a la Direc- ción Provincial del Agua y al Area Exploración Minera de la Región NOA, del Servicio Minero Nacional.

BIBLIOGRAFIA

- DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA (PROV. TUCUMAN), 1965. Inspección Dique El Cadillal.
- AGUA Y ENERGIA ELECTRICA. JEFATURA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS R. I., 1979. // Batimetría El Cadillal.
- SANTA, J. y HERRERO, M., 1979. Estudio Sedimentológico Lago San Roque. IX Congreso Nacional del Agua. San Luis.
- SANTA, J. y HERRERO, M., 1983. Estudio Batimétrico en cinco embalses de la Provincia de San Luis. XI Congreso Nacional del Agua. Córdoba.
- KLOHN, WULF E., 1971. Medición de Sedimentos en Lagos y Embalses. Bogotá (Colombia).
- HERAS, R., 1970. Manual de Hidrología. La Erosión y La Sedimentación y / Técnicas Específicas en Hidrología. Tomo VI, pag. 227-245.

T A B L A S I Y II

ESTUDIO BATIMETRICO
DIQUE EL CADILLAL
AÑO 1984

I

TABLA DE AREAS

COTAS	AÑO 1966	AÑO 1984	DECREM. DE AREAS
m.s.h.m.	Has.	Has	Has
607.5	1295	1131	164
605	1159.9	995.8	164.1
600	974.3	795.8	178.5
595	833.9	685.4	148.5
590	706.7	514.8	191.9
585	595.7	487.0	108.7
580	492.0	363.2	128.8
575	410.7	299.6	111.1
570	322.6	231.4	91.2
565	221.7	144.4	77.3
560	156.6	—	—
555	67	—	—
550	17.5	—	—
545	1.4	—	—

ESTUDIO BATIMETRICO
DIQUE EL CADILLAL
AÑO 1984

II

TABLA DE VOLUMENES

COTAS	AÑO 1966	AÑO 1984	DECREM. DE VOL.
m.s.n.m.	Hm ³	Hm ³	Hm ³
607.5 - 605	30.671	26.567	4.104
605 - 600	53.288	44.697	8.591
600 - 595	45.158	36.996	8.162
595 - 590	38.471	29.903	8.568
590 - 585	32.519	25.042	7.477
585 - 580	27.15	21.179	5.971
580 - 575	22.537	16.545	5.992
575 - 570	18.287	13.238	5.049
570 - 565	13.528	9.310	4.218
565 - 560	9.411	2.118	7.293
560 - 555	5.432	—	5.432
555 - 550	1.978	—	1.978
550 - 545	0.339	—	0.399
	<u>298.829</u>	<u>225.595</u>	<u>73.234</u>

GRAFICO I

Grafico 1

CURVAS DE AREAS Y VOLUMENES (DIQUE EL CADILLAL)

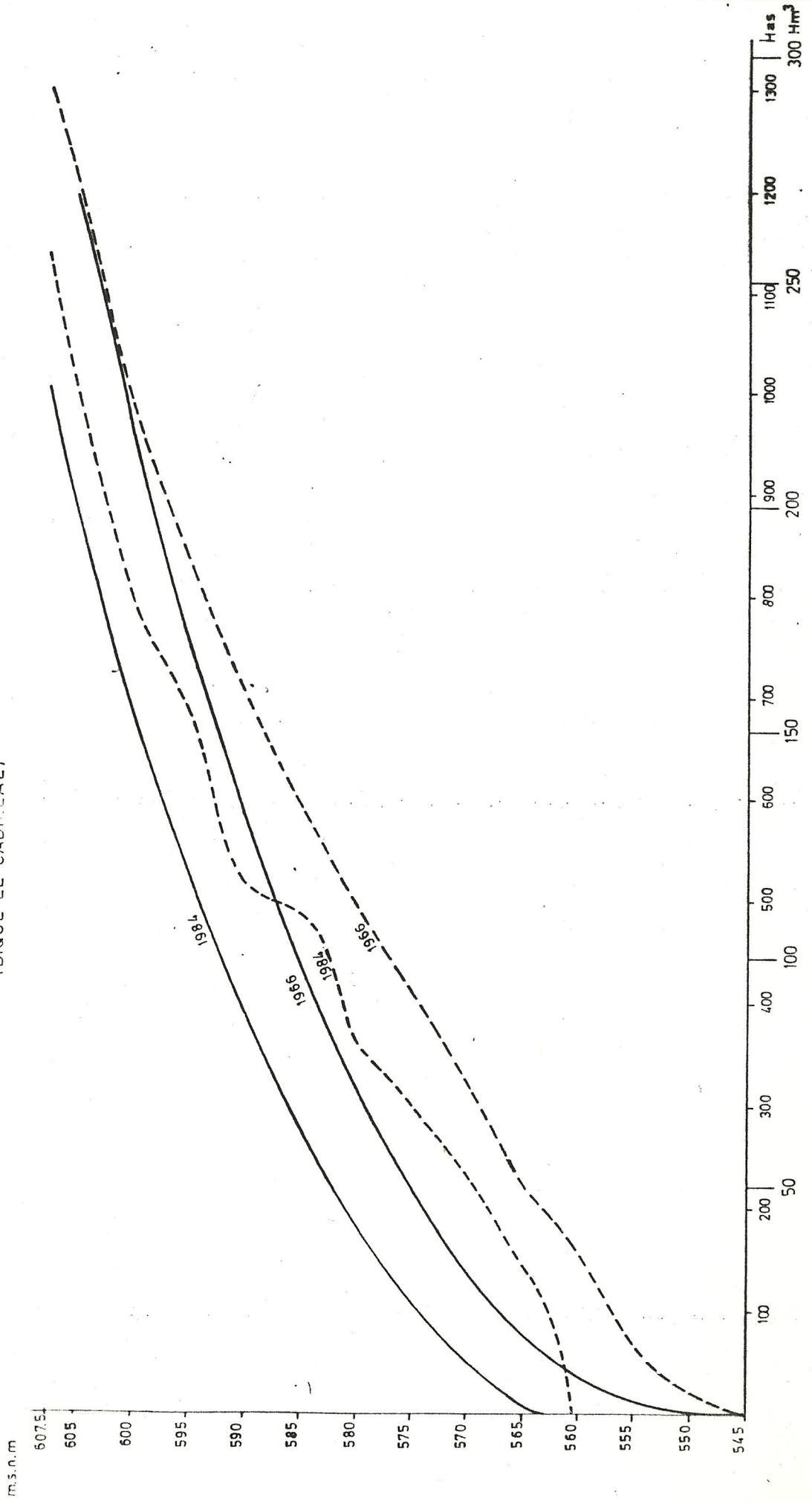
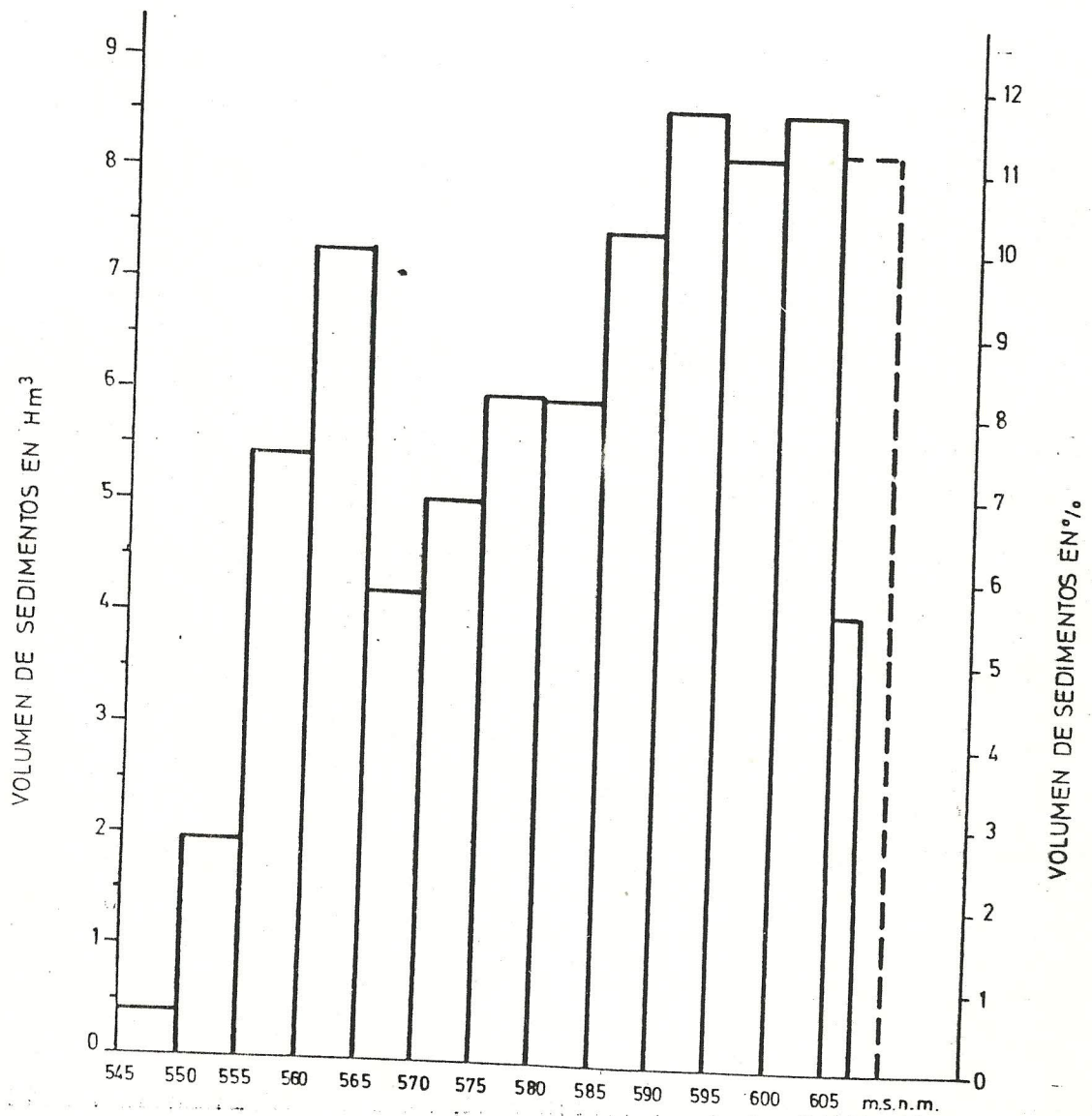


GRAFICO II

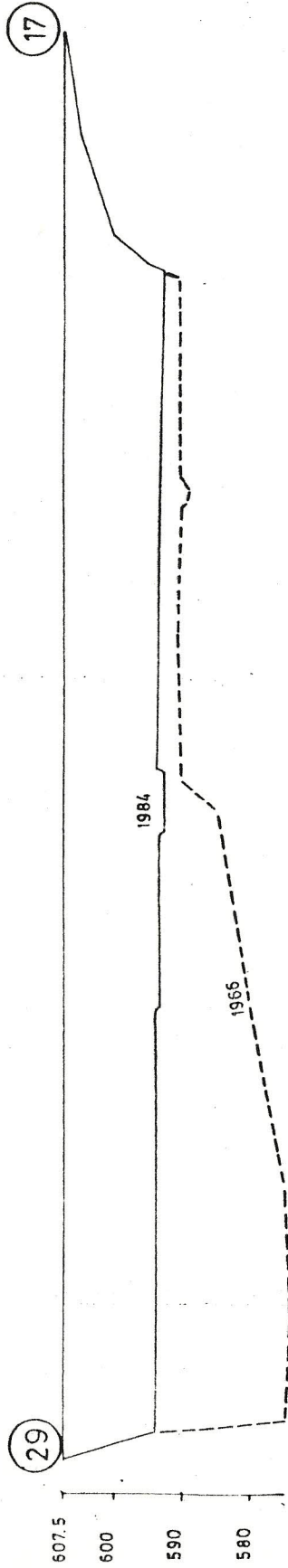
HISTOGRAMA DE VOLUMEN DE SEDIMENTOS

(1966-1984)

(DIQUE EL CADILLAL)

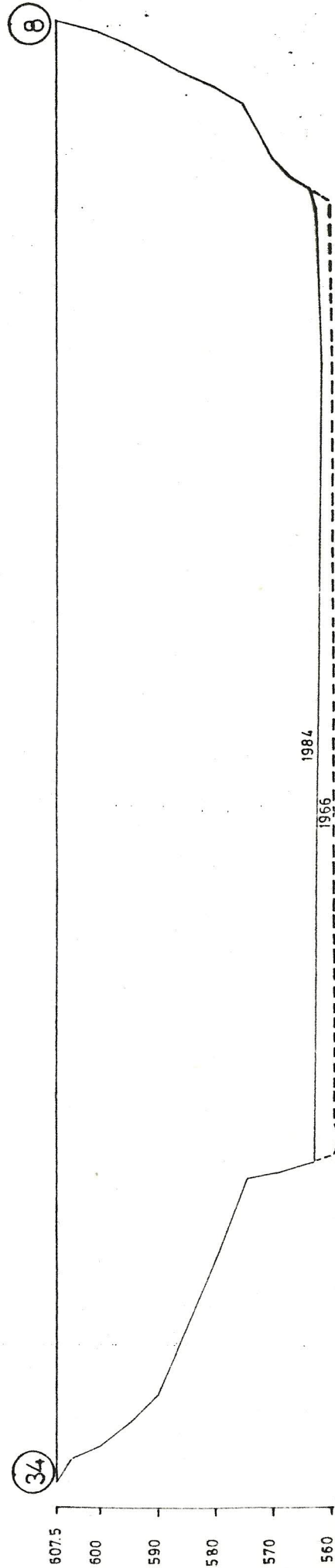


PERFILES TIPO



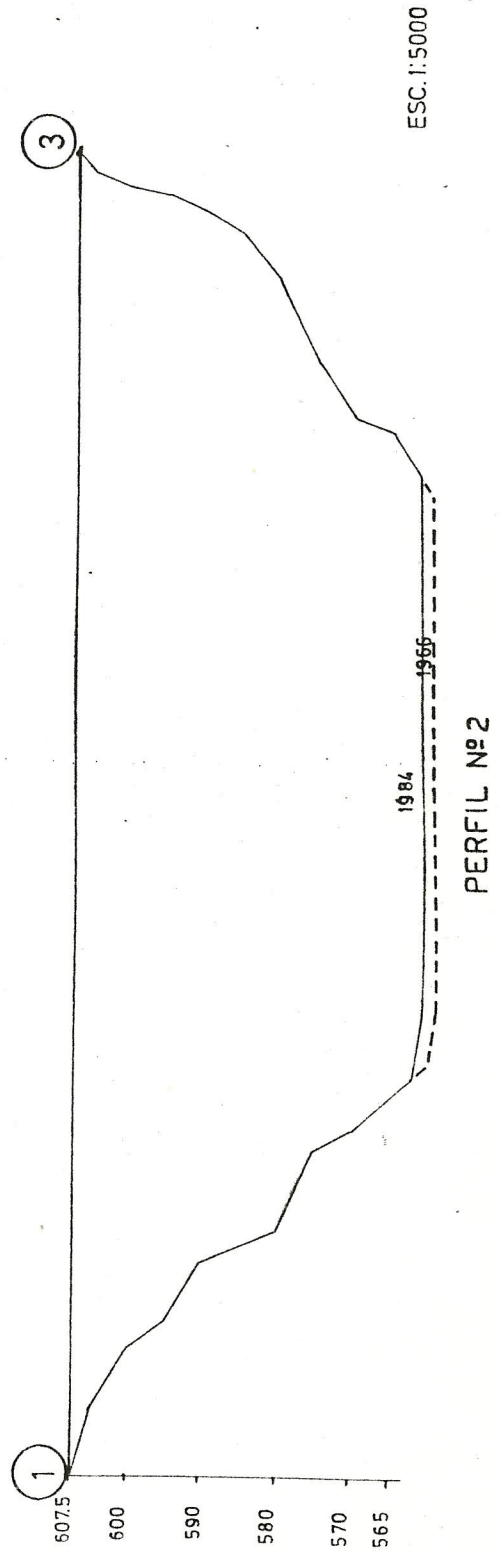
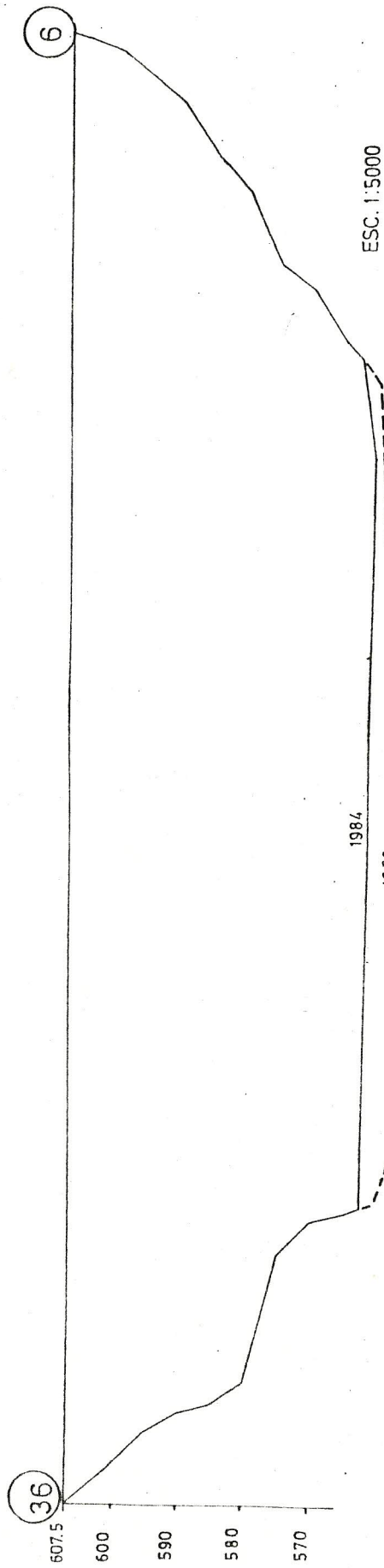
ESC. 1:5000

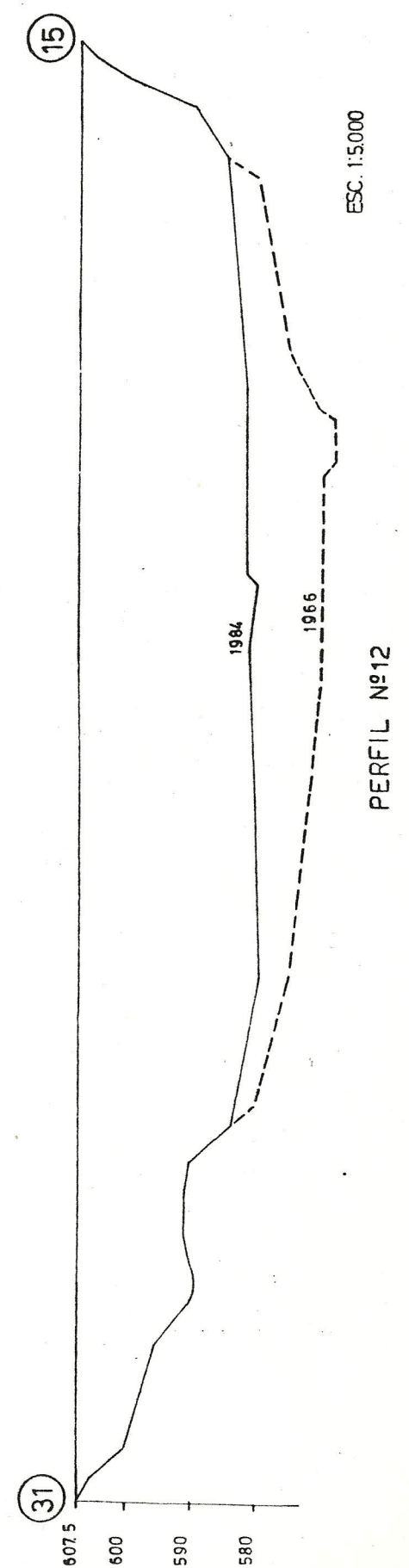
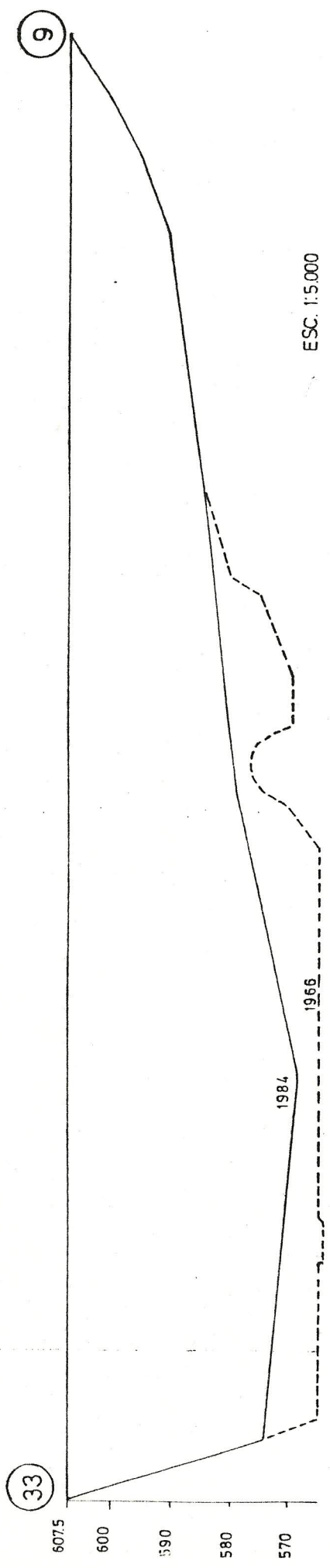
PERFIL Nº 15

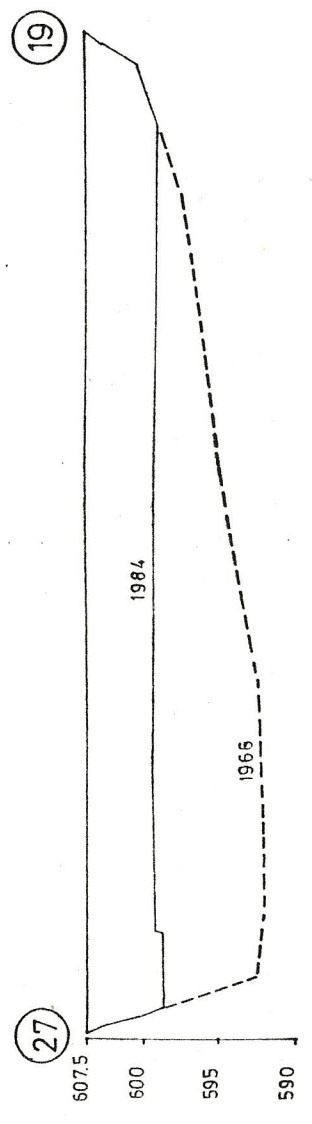
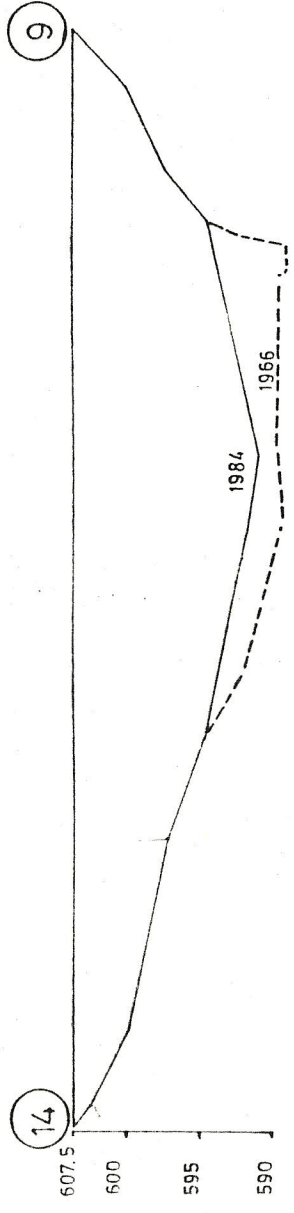


ESC. 1:5000

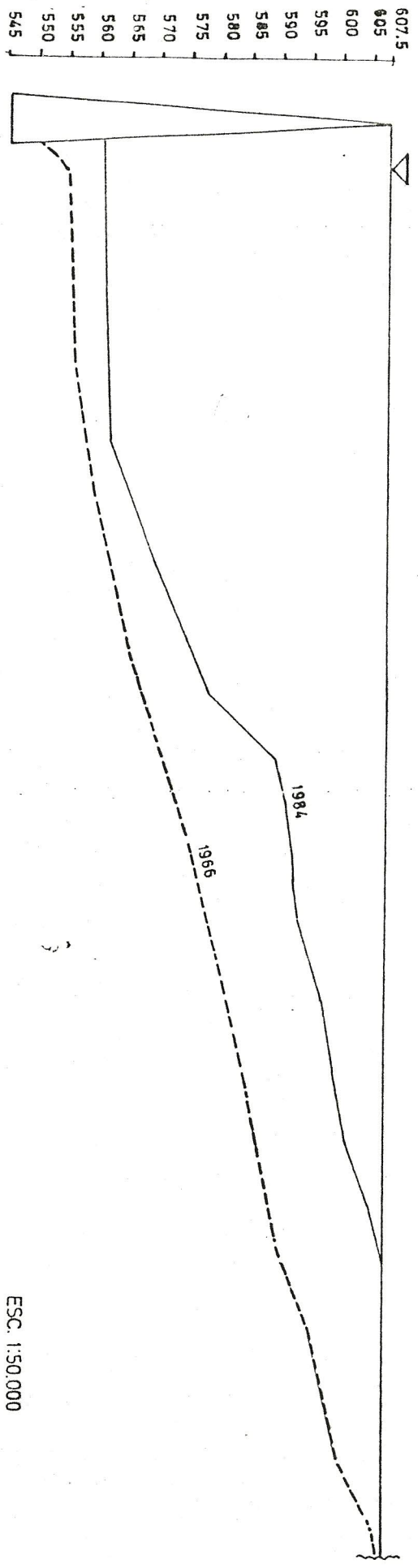
PERFIL Nº 7







PERFIL LONGITUDINAL RIO SALI - PRESA



ESC. 1:50,000