14-10-68

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO PARA EL ALIVIO DE LA SUBPRESION EN LAS PRESAS 1-2-3; 4;5;7 y 8-9 DEL EMBALSE " LAS MAJAGUAS "

ESTADO PORTUGUESA

POR:
LUIS CARMELO RAMOS

AGOSTO 1968

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE GEOTECNIA

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO PARA EL ALIVIO DE LA SUBPRESION EN LAS PRESAS 1-23; 4;5;7 y 8-9 DEL EMBALSE " LAS MAJAGUAS " ESTADO PORTUGUESA.-

POR:
LUIS CARMELO RAMOS
GEOLOGO

AGOSTO 1.968.

I N D I C E

	Pag.
Planteamiento del problema	1
Descripción generalizada de la obra	1
Diseño de los pozos de alivio	2
Diseño de piezómetros	3
Geología de los sitios de presa	3
Presa 1-2-3	4
Presa 4.	5
Presa 5	6
Presa 7	6
Presa 8-9	7
Analisis de las fluctuaciones de la superficie piezométrica.	8
Localización de la zona de infiltración.	10
DETERMINACION DE LA SUBPRESION MAXIMA	11
RESULTADOS DEL ALIVIO DE LA SUBPRESION	12
Presa 5	13
Presa 7	13
Presa 8-9	14
DETERMINACION DEL ESPACIAMIENTO ENTRE POZOS	14
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE ACUIFEROS Y POZOS	23
FLUJO SUBTERRANEO	23

Pag.

DESCRIMINACION DEL GASTO DE CADA POZO A NIVEL DE EMBALSE MAXIMO. 26

CONCLUSIONES 29

RECOMENDACIONES 31

A N E X O S

Dibujo 1- Pozo de alivio 2

Dibujo 2 Piezómetro 3

Cuadros Nos. 2 y 3 3

Gráfico Nº 1 9

Cuadro Nº 4 9

Gráfico Nº 2 12

Gráifco Nº 3 12

Gráfico Nº 4 13

Gráfico Nº 5 13

Gráfico Nº 6 13

Gráfico Nº 7 13

Gráfico Nº 8 16

Gráfico Nº 9 16

Gráfico Nº 10 16

Gráfico Nº 12 18

Pag.

Cuadro Nº 6 18

Cuadro Nº 7 18

Gráfico Nº 13 20

Cuadro Nº 8 20

Cuadro Nº 9 21

Cuadro Nº 15 22

Cuadro Nº 12 22

Cuadro Nº 14 22

PERFIL GEOLOGICO PRESA 1-2-3

" " " 4

" " " 5

" " " 7

" " " 8-9

PRESA 1-2-3

" 4

PRESA 5

" 7

" 8-9

...../....

Planteamiento del problema:

En la red de piezómetros instalada aguas abajo del pie de las pre - sas de Las Majaguas, en San Rafael de Onoto, Estado Portuguesa, desde su construcción, se ha llevado un registro de los niveles piezométricos. Sometidos a análisis, estos han conducido a la conclusión de que la subpresión debajo de las presas es superior a la admitida por las condiciones de estabilidad, alcanzando los siguientes valores máximos por presa:

C U A D R O N° 1

PRESA	SUBPRESION MAXIMA	SUBPRESION PERMISIBLE
1-2-3	+ 2,52	+ 0,80
4	+ 2,72	+ 1,30
5	+ 4,41	+ 1,00
6	+ 0,20	+ 0,21
7	+ 2,96	+ 1,50
8-9	+ 2,63	+ 0,60

Con excepción de la seis, se ve que en el resto de las presas debe procederse a aliviar la subpresión.

Descripción generalizada de la obra:

Después de un análisis de seguridad y economía se decidió que el método más adecuado para disminuir la subpresión era el de pozos de alivio, en oposición a la colocación de una carpeta de material permeable al pie de la presa, la cual con su peso, aumentaría el factor de seguridad.

Se decidió, además instalar una red de piezómetros de tubo, formada por una línea paralela al eje de la presa con espaciamiento de 50 m. entre piezómetros y distante 35 m del eje de presa, y varias líneas perpendiculares a esta, formadas por tres piezómetros de igual espaciamiento.

La línea de pozos dista 10 m de la línea de piezómetros y se les colocó alternados con estos a igual espaciamiento, para bajar la subpresión, donde fuera posible, hasta 1 m por debajo del nivel del terreno.

Fué necesario contruir una carretera de acceso entre ambas líneas la cual serviría para las mediciones y mantenimiento del sistema en el futuro.

Diseño de los pozos de alivio.-

Los pozos constan de una tubería de asbesto cemento de 20 cms. de diámetro, ranurada frente a los acuíferos y " ciega" en la parte superior, frente a los estratos impermeables; con una "T" de descarga situada a una profundidad promedio de 2 m por debajo de la superficie del terreno, la cual vierte hacia las zanjas que sirven para drenar los filtros de las presas. El espacio anular comprendido entre la tubería y las paredes de la perforación, se rellenó con un engranzonado calculado de acuerdo con la granulometría de los acuíferos y hasta 50 cm. por encima de la tubería ranurada. En la parte superior, el tubo lleva una tapa de acero, fijada mediante pasadores con tuerca (ver dibujo 1).

Los pozos están conectados mediante tubería de concreto con una tanquilla que llega hasta la superficie, construída con la finalidad de aforar y controlar el arrastre de sedimentos. Esta va conectada con las zanjas por una tubería igual a la anterior.

Diseño de Piezómetros.-

Se utilizó equipo de perforación 40 C para perforar el hueco por rotación y luego hincar los forros de 6,35 cm. de diámetro, de tubería acerada, perforada al "tresbolillo" frente a los acuíferos y "ciega" en el resto.

El extremo superior está dotado de un tapón del mismo material (dibujo 2) .

En los cuadros N° 2 y N° 3 se especifica la distribución de pozos y piezómetros y las cantidades de obra para las diferentes presas, según proyecto original que en la práctica sufrió pequeñas modificaciones según los casos particulares.

Geología en los sitios de presa.-

Durante los estudios geológicos de los sitios de presa la división determinó los perfiles geológicos del subsuelo inmediato, tanto de los estribos, formados por rocas metamórficas, como de los valles comprendidos entre ellos, formados por aluviones.

Tales estudios sirvieron para determinar las profundidades de los piezómetros y pozos de alivio partiendo del criterio de que ambos deberían penetrar totalmente, los mismos acuíferos.

Posteriormente, una vez perforados los pozos, se pudo determinar con mayores detalles la geología del subsuelo inmediato, la cual figura en los perfiles geológicos. anexos (~~Anexos I a V~~).

Presa 1-2-3.-

Se estudió una longitud de 1330 m. de cero a diez metros de profundidad hay una capa de arcilla plástica en colores variables: pardo amarillento, rojizo y gris con concresiones ferruginosas y a menudo calcáreas. Intercaladas dentro de ella hay lentes pequeñas de grava arenosa, limo arcillosa en espesores de hasta 4 m.

Entre 10 y 22 m. hay un intervalo formado por una intercalación de sedimentos calcáreos, arcillo-arenosos bien cementados y duros, en espesores que van desde unos cuantos centímetros hasta 7 m y color gris algo permeable, con arenas gravo-arcillosas y arcillas, también en espesores muy variables, de 0 a 5 m.

Debajo del intervalo anterior, y en partes interdigitado con él, hay una capa de grava arenosa, de color pardo amarillento, mal gradada, con granos sub-redondeados de cuarzo, caliza y arenisca; de espesor variable entre 90 cm y 12 m. la cual alcanza sus máximos espesores hacia el estribo izquierdo y se extiende a todo lo largo del intervalo estu -

diado.

Continúa la sección con una arcilla de espesor total desconocido de mediana a alta plasticidad, en varias tonalidades de pardo y gris con lentes pequeñas del sedimento calcáreo arriba descrito.

Presa 4.-

Se estudió una longitud de 1300 m.

Por debajo de la capa vegetal, de unos 40 cm. de espesor, se extiende un estrato de arcilla de mediana a alta plasticidad en diferentes tonalidades de pardo y gris, calcárea, con abundantes concresiones ferruginosas; de espesores variables los cuales aumentan hacia el estribo derecho, con un mínimo de 3 m y máximo de 14; con lentes de limo de color pardo y grava gruesa, limpia.

Luego sigue un intervalo de arena fina a gruesa, gravosa, mal gradada, en partes limosa, con espesores máximos hacia el estribo izquierdo de 11 m y se acuña al centro de la presa, para engrosar de nuevo hacia el estribo derecho y alcanzar espesores de hasta 6 m. Interdigitada con la arena hay pequeñas lentes duras del sediemento calcáreo arcillo-arenoso gris, algo permeable.

El intervalo anterior yace sobre un estrato de arcilla de alta plasticidad amarillenta moteada en gris y pardo, con espesores variables entre 2 y 5 m.

Algunas de las perforaciones lograron atrvezar una capa de grava gruesa con granos subredondeados de cuarzo lechoso, caliza y

arenisca de hasta 5 cm., con un espesor mínimo de 2 m y máximo superior - a 5 m.

Presa 5.-

Desde la superficie hasta una profundidad que oscila entre 12 y 15 m, se extiende una capa de arcilla localmente arcillosa o arenosa; moteada en diferentes tonos de gris, pardo y rojo ladrillo, calcárea, con concresiones ferruginosas, de mediana a alta plasticidad y espesores de hasta 15 m; presenta pequeñas lentes de arena y grava arcillosa.

Sigue en la secuencia estratigráfica una capa de grava arenosa que se extiende a lo largo de los 360 m. que separan, en profundidad, un estribo del otro; con granos redondeados de cuarzo, caliza y arenisca de hasta 8 cm., mal gradada, de alta permeabilidad con espesores de 2 a 8 m.

Presenta en su interior pequeñas lentes de arcilla limosa y una algo más importante de sedimento calcáreo, endurecido, de hasta 5 m. de espesor.

Por debajo de la grava sigue un espesor no determinado, mayor de 7 m, formado por arcilla cohesiva, de mediana a alta plasticidad, de color pardo oscuro a amarillento.

Presa 7.-

Con espesores que varían entre 7 y 13 m, la capa superficial es una arcilla limosa-gravo-arenosa, plástica de color pardo moteada en gris plomo y rojo ladrillo, interrumpida a tramos por lentes de grava gruesa

con granos de cuarzo, arenisca y caliza, redondeados, de hasta 10 cm. mal gradada; y arena arcillosa de color pardo amarillento y gris, la cual pasa lateralmente a grava arenosa y sucia.

Por debajo de la arcilla se extiende a todo lo ancho de la presa un estrato de grava gruesa arenosa de color marrón cuyo espesor varía entre 1,70 y 8,50 m. con granos redondeados de cuarzo y caliza, de hasta 5 cm, mal gradada.

A diferentes profundidades, más alta cerca del estribo izquierdo que en el resto del subsuelo, aparece una arcilla localmente limosa, arenosa y gravosa, de alta plasticidad, color pardo rojizo moteada en gris, con espesores de hasta 20 m. con una intercalación de grava arenosa limpia, con granos de cuarzo, ftanita y filita de hasta 10 cm. con espesores de hasta 7 m, acuñada hacia el centro de la presa.

Presa 8-9.-

Por encima de la capa vegetal de unos 40 cm. hay un relleno de arcilla limosa de más o menos 1 m.

La litología dominante es arcilla de alta plasticidad, cohesiva, de color rojizo a pardo oscuro y gris, localmente gravosa, limo-arenosa, en espesores de más de 15 m.

A una profundidad de unos 6 m, hay un lente de material grueso, permeable, formada por gravas bien gradadas, limpia o arcillosa, de color marrón y espesores variables entre 1 y 3,5 m.

A diferentes profundidades aparecen pequeñas lentes endurecidas de sedimento calcáreo-arenoso, bien cementado, permeable y saturado, de color gris, de 40 cm. a 1.10 m.

Esta información geológica conocida parcialmente como resultado de los estudios previos a la construcción del embalse, sirvió de guía para diseñar los pozos en cuanto a profundidad, intervalos ranurado o ciego, dimensiones de las ranuras y escogencia de la granulometría para la envoltura de grava.

Análisis de las fluctuaciones de la superficie piezométrica.-

Objetivos:

1.- Determinar las relaciones entre los niveles de embalse y los gradiente hidráulicos, del agua subterránea.

2.- Localización de la zona de infiltración.

3.- Determinación de la subpresión máxima.

4.- Resultados del alivio de la subpresión.

(1) En la vieja red de piezómetros, se ha llevado un registro de las fluctuaciones de la superficie piezométrica desde el año 1964, y se ha observado que las variaciones en el nivel de embalse ocasionan otras, de igual signo, tanto en los niveles piezométricos como en los gradientes hidráulicos, lo cual demuestra que el agua del embalse y los acuíferos están comunicados.

Para anlizar esta relación, se ha construído un gráfico en escala aritmética colocando en el eje de las abscisas, la distancia de los piezómetros transversales al eje de presa y en las ordenadas, las cotas del agua y del terreno en los piezómetros y la cota de embalse para distintas fechas.

El gradiente hidráulicos (i) se calcula conociendo los niveles piezométricos (H1 y H2) en dos puntos de una sección trnsversal del acuífero, distantes una longitud L, y se tiene:

$$i = \frac{H1 - H2}{L}$$

Conociendo la variación de i con respecto al nivel del embalse, es posible extrapolar su valor hasta la cota 252,75. Se repite este cálculo para las distintas líneas de piezómetros transversales y si se obtienen valores muy diferentes, se puede dividir la presa en sectores según la intensidad con la cual se manifieste la subpresión para una misma cota de embalse.

Como ejemplo se puede ver el gráfico N° 1 correspondiente a la presa 7, para el resto de las presas solo se incluirán los resultados (ver cuadro N° 4). Sacarlo de donde esta y ponerlo aquí

...../.....

Localización de la zona de infiltración.-

Para localizar la zona de infiltración se lleva sobre un gráfico decimal, la distancia de los piezómetros al eje de presa, en las absisas, y en las ordenadas el nivel piezométrico y del embalse para distintas fechas; se encuentra así la intercepción de la superficie piezométrica con el nivel del embalse. En este punto, la pérdida de carga es cero, o sea que es aquí donde el agua se está infiltrando.

Teóricamente, cualquiera que fuera la altura de la superficie piezométrica, la intercepción con el nivel del embalse siempre debería producirse a lo largo de una misma vertical; sin embargo, esto casi nunca ocurre debido a que: las características de los acuíferos se apartan de las ideales; a errores de medición ocasionados por el uso de sonda eléctrica para medir distancias muy pequeñas; a la instalación y funcionamiento indebido de los piezómetros; a la suposición de que la superficie piezométrica es plana y a errores personales en la medición.

Para superar tales dificultades, se traza la superficie piezométrica para diferentes fechas y se encuentra las intersecciones con los niveles de embalse respectivos, lo cual permite obtener una posición promedio del área de infiltración. Vale la pena señalar que a medida que sube el embalse el gradiente hidráulico del agua subterránea aumenta y la intersección con el nivel del embalse se aproxima al eje

de presa, o sea que el volúmen de agua infiltrado es mayor.

C U A D R O N° 5

Localización de la zona de infiltración

(1) Presa	(2) Piezómetro transversal N°	(3) Dist. zona infiltración Eje presa
1-2-3	34-35-36	460
	40-41-42	570
	43-44-45	660

El cuadro N° 3 resume las distancias desde la zona de infiltración hasta el eje de la presa. En la columna (1) figura el número de la presa; en la (2) el número de los piezométros en línea transversal al eje de presa usados para determinar las distancias y en la (3) las distancias a la zona de infiltración.

(3) DETERMINACION DE LA SUBPRESION MAXIMA.-

Como se ha dicho, existe una relación lineal entre los niveles piezométricos y el nivel de embalse, la cual permite hacer un gráfico en escala aritmética reportando los niveles piezométricos sobre las abscisas y los niveles de embalse sobre las ordenadas. La unión de los puntos así definidos es una recta que se puede prolongar hasta su intercepción con el nivel de aguas normales (252,75) y la abcisa de este

punto da la subpresión máxima cuyos valores ya han sido suministrados en el cuadro Nº 1. Como ejemplo del método se presenta el gráfico Nº 2. elaborado por el ingeniero José L. Bertorelli

(4) RESULTADOS DEL ALIVIO DE LA SUBPRESION.-

Hemos construído gráficos de fluctuación de la superficie piezométrica, para comparar los valores de la subpresión antes y después de instalados los pozos de alivio. En el eje de las **abscisas** figuran los piezómetros ubicados por progresivas, y en las ordenadas, el nivel piezométrico y las cotas del terreno. El eje de la "T" de descarga figura como un punto en la progresiva correspondiente a cada pozo.

PRESA 1-2-3.-

En el gráfico Nº 3 se observa que después de instalado el sistema de alivio, la subpresión tiende a subir a razón de 27 cm. por cada metro de ascenso, en el nivel del embalse. A esta rata cuando se alcance el nivel de aguas normales, la subpresión estará siempre por debajo del nivel del terreno.

PRESA 4.-

A la cota de embalse 251,22, la superficie piezométrica presentaba una pendiente hacia el estribo izquierdo de 32% se ha estimado que la subpresión con el embalse a la cota 252,75 alcanzaría valores de 246, 245,90; 244,40 y 243,00 en los piezómetros viejos Pzt: 13;16 y 19 respectivamente, es decir 0,96; 0,51 y 0,11 por encima del terreno. Según

la tendencia que se observa en el gráfico 4, al nivel de agua normales, la subpresión estará dentro del intervalo de seguridad.

PRESA 5.-

Como puede verse en el gráfico N° 5 la subpresión es mayor hacia el estribo izquierdo y la superficie piezométrica presenta una pendiente media de 44% hacia el estribo derecho, medida en el año 65 con el nivel de embalse a la cota de 251,22 máximo valor hasta el presente.

Después de instalado el sistema de alivio en enero de 1,967, la tendencia de la subpresión en el sector crítico de esta presa, es aumentar a razón de 28,5 cm por cada metro de auemento en el nivel del embalse, con el cual se estima que la subpresión máxima a cota de embalse 252,75 estará aproximadamente 45 cm. por encima del terreno, lo cual no afecta a la estabilidad de la presa.

PRESA 7.-

El gráfico 6 muestra que la subpresión es mayor hacia el estribo izquierdo y la superficie piezométrica presenta un gradiente hidráulico de 0,45% hacia el estribo derecho, medido a la cota de embalse251,22, cuando la subpresión alcanzó un máximo de 2,60 m. por encima del terreno, o sea, 1,10 m más alto que el máximo permisible para esta presa (+ 1,50 cm).

Después de instalado el sistema de alivio, la superficie piezométrica presenta una tendencia a subir 9 cm. por cada metro de subida del nivel del embalse. En base a esto, se estima que la subpresión máxima a la cota 238,80 con el embalse a nivel de aguas normales, es decir a 60 cm. por debajo del terreno, o sea dentro del intervalo de seguridad.

PRESA 8-9.-

En la presa 8-9 no se tienen datos para estimar la tendencia actual de la superficie piezométrica pero en general es poco afectada por la subpresión debido a su escaso espesor de acuíferos y además el agua del embalse no alcanza mucha carga sobre el terreno. Así se estima que la subpresión a la cota de aguas normales, no superará el límite de seguridad.

DETERMINACION DEL ESPACIAMIENTO ENTRE POZOS.-

La distancia de 50 m entre pozos, fué determinado en base a experiencias anteriores, y en vista de la urgencia del caso, no fué posible ejecutar estudios previos. Ahora pretendemos ensayar un método que si bien está lejos de ser exacto, pensamos que da un grado de precisión suficiente para el problema que nos ocupa.

Los siguientes elementos son indispensables:

1.- La subpresión (nivel piezométrico) a la cota de ambalse máxima.

2.- Subpresión máxima permisible.

3.- Perfil topográfico a lo largo de la línea de pozos.

4.- Perfil topográfico a lo largo de la línea de piezóme -- metros.

5.- Abatimiento disponible en los pozos (colocación de la "T" de descarga).

6.- Radio de influencia (R)

7.- Constantes de pérdida por formación y por pozo (B y C)

Al efectuar una prueba de bombeo con gasto constante y medir, mediante piezómetros, el abatimiento de la superficie piezométrica a diferentes distancias del pozo bombeado se puede representar gráficamente el cono de abatimiento, reportando en papel similogarítmico, sobre el eje decimal, los abatimientos y en la escala logarítmica las distancias al pozo de bombeo, se obtiene una recta que corta a la línea de cero abatimiento en un punto (r_o) que determina el radio de influencia de la formación para un tiempo dado. La pendiente de esta línea (de interferencia) es proporcional al gasto; conocidos éstos se puede trazar una familia de curvas que parten de r_o.

Vamos a asumir que los pozos comienzan a bombear de uno en uno, sucesivamente, que la superficie piezométrica es horizontal y que la cota de descarga es la misma para todos los pozos. El abatimiento en un punto cualquiera es la suma de los descensos producidos en él por cada uno de los pozos en funcionamiento.

$$h_o - h_i = \sum_{1}^{n} \frac{Q_i}{2\pi K} \ln \frac{R_i}{r_i}$$

$$Q = 2\pi K b \frac{h_o - h_w}{\ln\left(\frac{r_o}{r_w}\right)}$$

Como paso previo para conocer las constantes de los acuíferos y de los pozos, se practican pruebas de bombeo con gasto fijo y con gasto escalonado (ver gráficos N° 8,9 y 10) con los cuales se deter

minan el radio de influencia, transmisibilidad, permeabilida y las constantes de pérdidas por formación y por pozo (B y C). Para no recargar los gráficos, solo presentamos un juego de ellos para ilustrar el método, los otros resultados se presentan tabulados, si bien los gráficos para todas las presas así como las planillas de datos correspondientes reposan en los archivos de Geotecnia.

El gasto que va a producir el pozo a la subpresión máxima, en función del abatimiento disponible (Dn) resultante de restar a la subpresión máxima la cota de descarga del pozo, como sigue:

$$Dn = B_Q + C_Q^2$$

en donde: B constante de pérdida por formación (m/lts/seg)

C " " " " pozo: m/lts/seg^2

Q Gasto del pozo en lts/seg.

Dn, B y C son conocidos , luego se puede despejar Q. Como ya tenemos unas curvas de abatimiento vs. distancia medida en la prueba de interferencia, podemos trazar la correspondiente a este gasto máximo, la cual nos dará la acción del primer pozo que pongamos a bombear, sobre los demás.

Cuando el segundo pozo comience a funcionar, al abatimiento disponible del pozo anterior, tendremos que restarle su interferencia sobre el segundo para conocer el gasto correspondiente y poder repetir el proceso: cálculo del gasto, determinación de la pendiente de la curva y tendremos dos pozos que afectaran al tercero y así

sucesivamente.

En pozos cuya producción se mantiene constante mediante una bomba, la interferencia de los pozos que comienzan a funcionar sobre las anteriores actuaría bajando el nivel de bombeo pero, en este caso el efecto se traduce en disminución del caudal.

Nosotros no vamos a calcular los gastos para cada pozo, sino que uniremos el punto representativo del nivel de la descarga, con el punto donde el radio de influencia (vertical por r_o) corta a las sucesivas posiciones de la superficie piezométrica y esto dará aproximadamente la recta de interferencia.

PRESA 1-2-3.-

Elementos:

a) Piezometro de referencia: Pz 1+020
b) Cota de subpresión máxima: 247,30
c) Cota de descarga (alivio): 245,15
d) Cota de terreno en el pizómetro: 246,66
e) Abatimiento deseado (piezómetro) 247,30-245,66=1,64 (1)
f) Abatimiento disponible (pozo) (Dn): 247,30-245,15=2,15
g) Radio de influencia
h) B=0,043 m/(lts/seg)
i) C=0,0008 m/(lts/seg)^2
j) Radio efectivo del pozo 0,30 m.

(1) Para bajar 1 m con relación a la cota del terreno en el pizome-- tro.

Según (1):

$$8 \times 10^{-4}\, Q^2 + 43 \times 10^{-3}\, Q - 2{,}15 = 0$$

$$Q = 31{,}43 \text{ lts/seg.}$$

La pérdida por pozo la vamos a considerar constante para todos los pozos e igual a CQ^2.

$$CQ^2 = 8 \times 10^{-4} \times (31,43)^2 = 0,79 \text{ m.}$$

O sea el gráfico distancia abatimiento (Fig. 11) tomaremos como Dn para el primer pozo que comience a producir:

$$2,15 - 0,79 = 1,36 \text{ m.}$$

Se supone el orígen (0.0) en el centro del pozo y este descenso se coloca a 0,30 m. que es el radio efectivo del pozo.

La distancia que separa las líneas de piezómetros y pozos es 10 m y después de varios intentos se ha llegado a la conclusión de que el espaciamiento más conveniente para bajar la subpresión hasta 1 m por debajo de la superficie del terreno, es 50 m. En el cuadro N° 6 se muestran los valores de interferencia de los pozos sobre el piezómetro de referencia y de ellos entre sí, obtenidos del gráfico N° 11. Agregarlo

Por ejemplo: para saber la posición de la superficie piezométrica en el piezómetro "H" después de estar bombeando todos los anteriores, se suman las cantidades entre parentesis, este valor 0,56 se resta de la superficie original y obtenemos (Graf. 12) la nueva subpresión en ese pozo. El punto donde esta horizontal corte a la vertical que representa al radio de influencia se une con el nivel de bombeo en el pozo (disminuido en CQ^2) y da la curva de la interferencia correspondiente a H.

Las columnas uno a cinco, encabezadas por la distancia al piezómetro de referencia figura en el cuadro No 6. (')

Las distancias del pozo correspondiente (A) al piezómetro de referencia, permiten conocer cuanto baja la subpresión en este debido al bombeo conjunto de todos los pozos, datos obtenidos de la fig. 11, (cantidades entre paréntesis). La suma da un abatimiento de 1,34, es decir prácticamente lo deseado (1,64). Agregarlo

P R E S A 4

(a)	Piezómetro de referencia	0+520
(b)	Cota de subpresión máxima	246,00
(c)	Cota de descarga (alivio)	242,38
(d)	" " terreno en el piezómetro	243,80
(e)	Abatimiento deseado (piezó.)	3,20
(f)	Abatimiento disponible en el pozo (Dn)	3,62
(g)	Radio de influencia	460, m.
(h)	B= 0,073 m/(lts/seg)	
(i)	C= 0,0003 m/(lts/seg)^2	

Colocando los pozos cada 50 m, las distancias de cada uno al piezómetro serán:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
228	178	128	78	28	28	78	128	178	228

PRESA Nº 5.-

El largo del sector más crítico es 180 m, entre progresivas 0+203 y 0+380, de manera que los resultados en él obtenidos, satisfacen el resto de la presa.

(a)	Piezómetro de referencia	0+280
(b)	Cota de subpresión máxima	244,72
(c)	Cota de descarga (alivio)	238,72
(d)	Cota de terreno en el pizómetro.	240,60
(e)	Abatimiento deseado (piezom)	2,28
(f)	Abatimiento disponible en el pozo (Dn)	6 m
(g)	Radio de influencia	145 m
(h)	B=0,0122 m/(lts/seg)	
(i)	C=0,0063 m/(lts/seg)^2	

Con los pozos cada 25 m. las distancias de cada pozo al piezómetro serán:

A	B	C	D	E	F	G
76	51	27	10	27	51	76

Las curvas de interferencia para las sucesivas alturas de la superficie piezómetrica se pueden ver en la Fig. 13, a partir de la cual se completa el cuadro Nº 8

Al sumar los valores de interferencia correspondientes al piezómetro de referencia (entre paréntesis) en el cuadro Nº 8 da una disminución de 2,91 m debido al "bombeo" en los pozos; como el abatimiento deseado era 2.28, el espaciamiento probado (25m) es suficiente.

P R E S A Nº 7

(a)	Piezómetro de referencia	C+670
(b)	Cota de subpresión máxima	243,00
(c)	" de descarga (alivio)	237,91
(d)	" de terreno en el pizómetro	240,01
(e)	Abatimiento deseado (piezómetro)	2,79
(f)	" disponible en el pozo (Dn)	3,99
(g)	Radio de influencia	160 m
(h)	C= 0,0019 m/(lts)seg)^2	
(i)	B= 0,116 m/(lts/seg)	
(j)	Radio efectivo del pozo	0,30 m

$$19 \times 10^{-4} Q^2 + 116 \times 10^{-3} Q - 399 \times 10^{-2} = 0$$

$$Q = 24,5 \text{ lts/seg.}$$

$$CQ^2 = 19.10^{-6} .600,25 = 1,14 \text{ m.}$$

De modo que el abatimiento disponible será:

$$3,95-1,14 = 2,85 \text{ m.}$$

Con este valor se pasa a la fig. 14 y con los valores de ese gráfico se completa el cuadro Nº 9.

...../.....

Sumando los valores de interferencia (entre paréntesis) correspondientes al efecto de los pozos sobre el piezómetro de referencia, da Dn= 2,97 superior a lo deseado (2,79) lo cual dá un márgen de seguridad.

P R E S A 8-9

Trataremos de calcular el espaciamiento entre pozos de alivio, necesario para bajar la subpresión hasta la superficie del terreno.

(a)	Piezómetro de referencia	Pzt. 0+360
(b)	Cota de subpresión máxima	250,20
(c)	Cota de descarga (alivio)	245,51
(d)	Cotade terreno en el piezómetro	247,54
(e)	Abatimiento deseado (piezómetro)	2,66
(f)	Abatimiento disponible (pozos)	4,69 (b-c)
(g)	Radio de influencia	2430 m
(h)	B= 0,04 m/(lts/seg)^2	
(i)	C= 0,0008 m/(lts/seg)^2	

Con el abatimiento de 4,69 m. en el primer pozo será capaz de producir 23,3 lts/seg y para este gasto, la pérdida por pozo (CQ^2) será 1,74 así que en el gráfico 15 el abatimiento a considerar será (4,69-1,74) = 2,95 m. y el radio de influencia 2430 m.

Si se coloca pozos cada 50 m. el abatimiento en el pizómetro de referencia producido por seis pozos simétricos con respecto al pizómetro, será (cuadro 10) 2,7 , es decir la subpresión estará por debajo del nivel del terreno.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE ACUIFEROS Y POZOS.-

Las constantes hidráulicas que se trata de determinar son las siguientes:

T: Coeficientes de transmisividad (m^3/día x m)

S: Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

R: Radio de influencia(m.)

B: Constante de pérdida por formación m/(lts/seg)

C: Coeficiente de pérdida por pozo m/(lts/seg)^2

En nuestro caso de trata de acuíferos múltiples no uniformes en extensión,espesor ni granulometría y se encuentran comunicados con una fuente de recarga (el embalse) por un lado y por barreras impermeables (los estribos). Sin embargo, la influencia de los estribos es inperceptible ante el enorme efecto de recarga producido por el agua del embalse, el cual determina un flujo confinado.

Debido a estas características, los valores calculados resultan en ocasiones absurdos y en otras exagerados (ver gráfico 9), no obstante, en la presa 8-9 debido a que para la época, los acuíferos no se encontraban bajo el efecto de recarga, se logró resultados lógicos, los cuales se van a asumir constantes para el resto de los acuíferos. (graf.8)

Los Valores arriba mencionados, fueron calculados por interpretación gráfica de las pruebas de bombeo haciendo uso de las fórmu

las de Jacob para calcular transmisividad y coeficientes de almacenamiento.

$$T = 13,65 \quad \frac{Q}{s.}$$

Donde: s es la diferencia de abatimiento, en metros por ciclo logarítmico, t_o es el tiempo interceptado sobre el eje de cero abatimiento y r_o es la distancia del pozo de bombeo al pozo de observación.

Los valores calculados en base a los gráficos anexos (Graf.8) dan los siguientes resultados:

$$T = 1029 \ m^3/día/m$$

$$S \pm 2,49 \times 10^{-4}$$

$$R = 6,2 \times 10^{-1} \ m.$$

Los valores escogidos parecen los más dignos de confianza entre todos cuantos se calcularon y que figuran en los gráficos anexos.

Para el cálculo de B y C, se observó que en algunos casos los valores calculados por pruebas de bombeo con gasto escalonado, daban resultados falsos al calcular descensos para un determinado gasto (efecto de recarga). Entonces se procedió a calcularlos a partir de las pruebas de interferencia pues la curva de abatimiento contra distancia (ver gráfico) divide el descenso de nivel dentro del pozo en dos partes, la mayor es la pérdida por formación (BQ) y la menor es la pérdida por pozo CQ^2, lo cual permite despejar B y C con resul

tados prácticos pero que no deben aplicarse a gastos muy apartados de aquel con el cual se practicó la prueba en cuestión.

El radio de influencia es el intercepto de la curva de interferencia sobre el eje de cero abatimiento, en cada caso (gráfico).

En el cuadro N° 11 se resumen los valores:

CUADRO N° 11

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	K
Presa	R	B	C	T	S	
1-2-3	280	0,043	0,0008	1029	$2,49 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-1}$
4	460	0,073	0,0003			
5	140	0,004	0,09			
7	160	0,116	0,0019			
8-9	2430	0,0267	0,727			

FLUJO SUBTERRANEO.-

Empezaremos aclarando que los acuíferos del Estado Portuguesa son, en general muy ricos, pues se trata, de un subsuelo formado por sedimentos clásticos, con abundantes estratos porosos y permeables, de grano grueso, alimentado por una cuenca de elevada precipitación rodeada de montañas con sedimentos de pie de monte, por donde ocurre la recarga de los acuíferos, casi siempre artesianos. Por lo tanto en el sitio que nos ocupa, una buena parte del flujo subterráneo es natural y el resto, se puede decir que es recarga artificial inducida por la presencia del embalse.

Para el cálculo del flujo por debajo de las presas, se tiene en cuenta la ley de D'arcy.

$$Q = K.i.A.$$

En donde:

Q: Gasto a través de los acuíferos (lts/seg).
i: Gradiente hidráulico.
A: Sección del material permeable.

El gradiente hidráulico se mide en los piezómetros ubicados en línea perpendicular al eje de presa, la sección A se mide en los perfiles geológicos, y la permeabilidad, mediante pruebas de bombeo (interferencia ver gráfico N° 9) y la aplicación a ellas de la ecuación de equilibrio de Thiem. El coeficiente de permeabilidad es dado por:

$$K = \frac{Q}{2\pi (h_2 - h_1)} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

En donde:

Q: Es el gasto en lts/seg.
b: Espesor del acuífero
ha y hl: Cargas hidrostáticas en los piezómetros .

Distancias de los piezómetros al pozo de alivio.

..../....

DETERMINACION DEL GASTO DE CADA POZO A NIVEL DE EMBALSE MAXIMO.-

Por cuanto se trata de un extenso acuífero confinado se puede calcular la producción de cada pozo haciendo uso de las hipótesis de Dupuit los cuales permiten deducir la formula:

$$Q = 2\pi K b \frac{h-hw}{\ln (r/r_w)}$$

En donde:

Q: Gasto del pozo en m^3/día

K: Coeficiente de permeabilidad en m/seg.

h: Carga hidrostática a la distancia r del pozo.(m)

h_w: Carga hidrostática en el pozo.(m)

r: Distancia variable del pozo. (m)

r_w: Radio efectivo del pozo.(m)

b: Espesor promedio del acuífero(m)

Lo más dificil de determinar con exactitud es la permeabilidad (K). En el presente trabajo se aprovechó la existencia de un estudio de aguas subterráneas en las parcelas pecuarias, aguas abajo de las presas, para obtener un valor promedio poco perturbado por la influencia de la recarga inducida por el embalse. Así se tomó un un coeficiente de 1.86×10^{-3} m/seg. como el mas representativo. La distancia r se consideró como aquella de la línea de pozos a la línea de piezómetros (10 m); h es la altura de la superficie piezométrica por enci-

ma del tope del acuífero y h_w es la altura del nivel de bombeo por encima del mismo tope. Sin embargo, la diferencia $h-h_w$ que es la que en realidad interesa, es la diferencia de cota entre la subpresión máxima y la descarga de los pozos, cuando se desprecia la pérdida por pozo. El cuadro N° 13 se presenta como ejemplo de los cálculos hechos por cada una de las presas y en el, la columna (1) contiene la progresiva de los pozos; en la (2) figura el aumento de la subpresión correspondiente a una determinada variación del nivel de embalse; en la (3) se anota la máxima subpresión observada. La columna (2) multiplicada por un coeficiente de extrapolación lineal permite conocer el aumento de la subpresión desde el máximo nivel de embalse medido hasta el nivel de aguas normales, o sea la máxima esperada, y colocarla en la columna (4), la suma de los dos últimos nos dá la subpresión máxima, en cota, la cual figura en la columna (5); en la (6) se anota la cota de la descarga en el pozo de alivio y la diferencia de estos dos últimos nos dá la diferencia $(h-h_w)$ de la fórmula, columna (7). Este último dato permite con las constantes correspondientes a cada presa (K; b; r/r_w) calcular el gasto máximo de cada pozo a nivel de embalse máximo, columna 9.

Los resultados obtenidos para cada presa se resumen en el cuadro N° 14.

CUADRO N° 14.-

Presa	Flujo subterraneo max. (m^3/seg.)	Gasto max. aliviado (m^3/seg)	%
1-2-3	221,80	389,80	
4	174,40	136,45	
5	33,40	141,20	
7	30,50	98,33	
8-9	31,40	48,80	
TOTAL	491,50	814,58	165,7

El flujo máximo subterráneo es el mismo que fué calculado en el cuadro N° 12.

...../.....

CONCLUSIONES.-

1.- El sistema de pozos de alivio instalado es capaz de mantener un control eficiente sobre la subpresión, eliminando todo peligro para la estabilidad de la presa por este concepto.

2.- El método propuesto en este informe, basado en el análisis gráfico de la relación entre los niveles de embalse y los gradientes hidráulicos; y las pruebas de interferencia, gasto constante y abatimiento escalonado permite conocer el valor máximo de la subpresión y el espaciamiento entre pozos necesario para aliviarla, una vez calculado el radio de influencia.

3.- Existe una relación lineal entre los niveles de embalse y los niveles piezométricos lo cual demuestra que el agua del embalse percola hacia los acuíferos para constituir la causa de la subpresión observada.

4.- Los valores del coeficiente de permeabilidad calculados bajo estas condiciones de recarga artificial no reflejan las condiciones naturales del acuífero y por lo tanto constituyen una fuente de error en los cálculos.

5.- A nivel de aguas normales el flujo subterráneo a través de los acuíferos será de 4.91.5 lts/seg y el total aliviado por los pozos será de 814.58 lts/seg; o sea 165,7%.

6.- Los gradientes hidráulicos aumentan a medida que aumentan los niveles de embalse, por lo tanto el flujo subterráneo varía en la misma relación.

7.- Tanto en el presente estudio como en otros anteriores del autor y de otros Geólogos activos en la geohidrología se ha observado que cuando se trata de determinar las constantes de pérdida por formación y pérdida por pozo en acuíferos que reciben recarga natural o artificial, los resultados no son dignos de confianza.

8.- El estudio geohidrológico del subsuelo ha revelado la existencia de acuíferos con un espesor de hasta 13,50 m. con valores altos de transmisibilidad capaces de producir grandes cantidades de agua subterránea cuya explotación sería muy económica si se tiene en cuenta que la máxima profundidad perforada fué de 30 m y que por las características fisiográficas de la región es posible que a mayor profundidad se repitan acuíferos como los mencionados.

9.- Para instalar un sistema de pozos de alivio de subpresión, resulta lo mas económico suponiendo conocida la geología del subsuelo practicar pruebas de bombeo para determinar las características geohidrológicas de los pozos y acuíferos para estimar el espaciamiento y profundidad de los pozos, cuando el monto de la obra así lo justifique.

RECOMENDACIONES.-

1.- Incluir en los estudios geológicos de los sitios de presa ubicados en valles aluvionales o en formaciones cuya geología haga sospechar la presencia de acuíferos importantes, un estudio geohidrológico detallado, tanto para comparación de alternativas como para prever futuros problemas de subpresión.

2.- Cuando se manifiesten problemas de subpresión en una presa antes de instalar un sistema de pozos de alivio debe determinarse su espaciamiento y profundidad, cuando la magnitud de las obras justifique las erogaciones correspondientes a los estudios necesarios.

3.- Tener encuenta el inventario de aguas subterráneas logrado en el presente estudio para el desarrollo regional y tratar de extenderlo con el fin de lograr un aprovechamiento mas racional de este recurso.

4.- Mantener un eficiente trabajo de mantenimiento del sistema instalado, sobre todo el cuidado de la carretera, limpieza de la tubería de descarga de los pozos y limpieza de los piezómetros con aire comprimido (compresor).

Luis C. Ramos Nieves
Geólogo

Conforme:

Carlos E. Flores Calcaño
Jefe de la División de Geotecnia

LCRN/xas.

Abril 1.968.

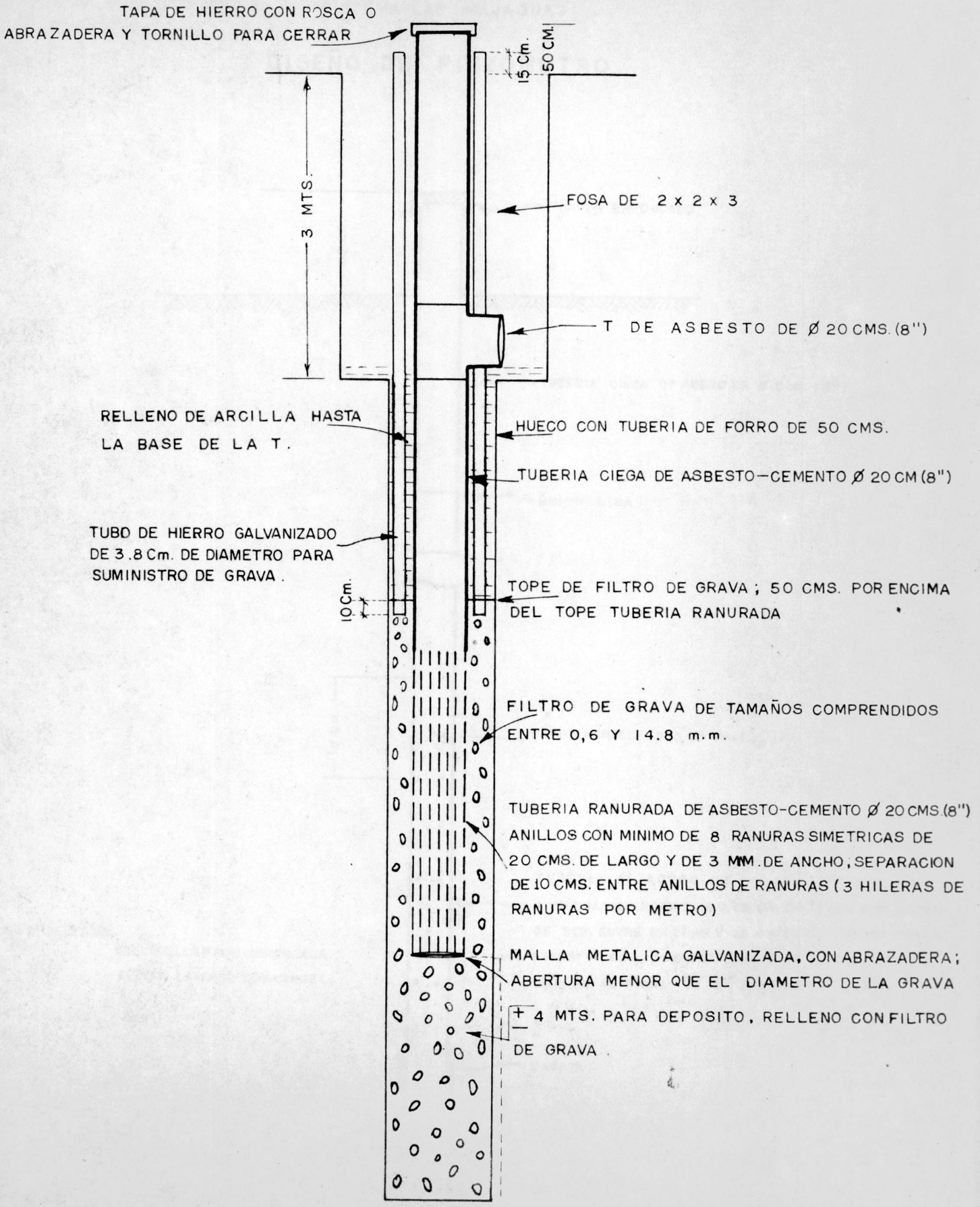
B I B L I O G R A F I A

David K Todd	Ground Water Fidrology- John Wiley & Sons, Inc., Publishers, 1.960.
Stanley N. Davis Roger J.M. De Wiest	Hydrogeology John Wiley & Sons, Inc. New York 1.966.
G. Castany	TraitéPratique Des Eaux Souterraines. Dunod, Paris 1.963.
Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingenie - ría.	Desarrollo de Aguas Subterráneas . Gráficas Coundal.-Clot, 102-104 .- Barcelona (España) 1.967.

...../.....

SISTEMA LAS MAJAGUAS

DISEÑO DE POZO PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES



G-D-299

REPUBLICA DE VENEZUELA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA

SISTEMA LAS MAJAGUAS

DISEÑO DE LOS POZOS PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES

PRESA Nº	POZO Nº	PROFUNDIDAD POR POZO (m.l.)	LONG. ENTUBADA POR POZO (m.l.)	LONG. CIEGA POR POZO (m.l.)	LONG. RANURADA POR POZO (m.l.)	TOTAL DE PERFORACION (m.l.)	TOTAL LONG. TUBERIA CIEGA (m.l.)	TOTAL TUBERIA RANURADA (m.l.)	VOLUMEN TOTAL DE FILTRO m^3
1-2-3	1 al 27	29	24	6	18	783	162	486	165
4	28 al 42	24	21	6	15	360	90	225	67.5
5	43 al 51	28	24	9	15	252	81	135	35
7	52 al 63	27	24	6	18	324	72	216	60
8-9	64 al 72	15	12	6	6	135	54	54	22.5
TOTAL	72	—	—	—	—	1.854	459	1 116	350

CUADRO Nº 2

REPUBLICA DE VENEZUELA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA

SISTEMA LAS MAJAGUAS

DISEÑO DE PIEZOMETROS

PRESA Nº	PIEZOMETRO Nº	PROFUNDIDAD POR PIEZOMETRO (m.l.)	LONGITUD RANURADA POR POZO (m.l.)	LONGITUD CIEGA POR POZO (m.l.)	TOTAL DE PERFORACION (m.l.)	TOTAL TUBERIA RANURADA (m.l.)	TOTAL TUBERIA CIEGA (m.l.)
1-2-3	1 al 47	24	18	6	1128	846	282
4	48 al 82	21	15	6	735	525	210
5	83 al 97	24	15	9	360	225	135
7	98 al 119	24	18	6	528	396	132
8-9	120 al 136	12	6	6	204	102	102
TOTAL	136	—	—	—	2955	2094	861

Cuadro Nº 3

SISTEMA DE RIEGO. C[illegible]JEDES-SARARE

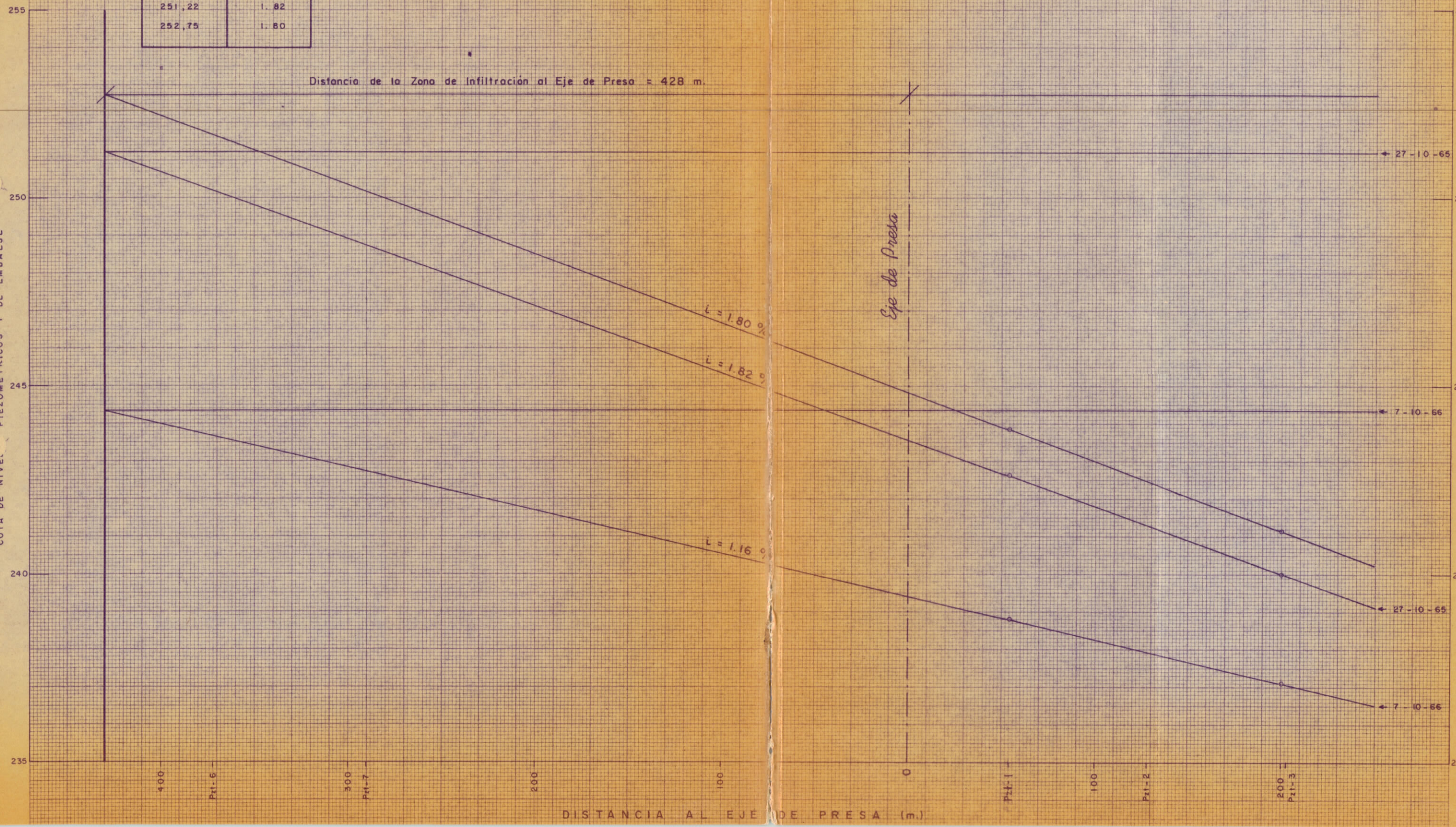
GRAFICO Nº 1

PRESA 7 - LAS MAJAGUAS

RELACION NIVEL DE EMBALSE- -GRADIENTE HIDRAULICO TRANSVERSAL

COTA EMB.	GRAD. HIDR. (i %)
244,34	1.16
251,22	1.82
252,75	1.80

Distancia de la Zona de Infiltración al Eje de Presa = 428 m.



CUADRO Nº 4

GRADIENTE HIDRAULICO								
PRESA	1 - 2 - 3		4	5		7		8 - 9
PIEZOMETROS	34-35-36	43-44-45	13-14-15	22-23	24-25	1-3-5	6 - 7	28-29-30
COTA DE EMBALSE								
243.74	0.0067	0.0012		0,0062	0.0084			0.0011
244.34						0.0116	0.0040	
245,57				0.0075	0.0092			
245.72	0.0063	0.0021			0.0004			0.0015
245.71		0.0027	0.0092					0.0024
248.69	0.0095					0.0137	0.0045	
250.46			0.0195					
250.52	0.0110	0.0056						
250.85								0.0026
251.22			0.0210			0.0182		
252.75	0.0128	0.0079	0.0270	0.0094	0.0211	0.0032		0.0049

Sistema Cojedes – Sarare

RELACION ENTRE LOS NIVELES DE EMBALSE
Y PIEZOMETRICOS

PRESA 1 – 2 – 3

Pzt – 4 0

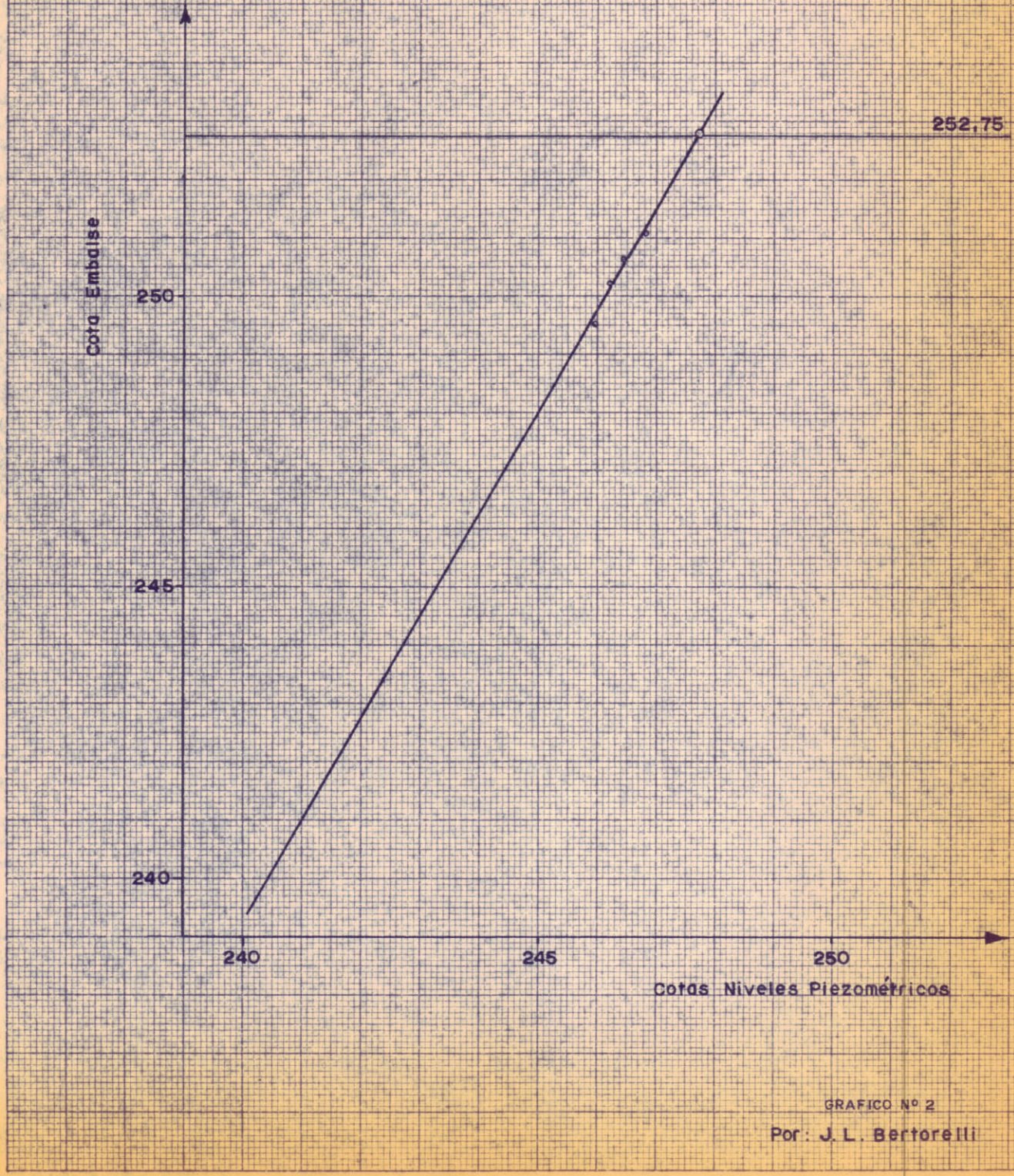


GRAFICO Nº 2

Por: J. L. Bertorelli

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513
12 X 25 CM. MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

GRAFICO 3-a

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA 1-2-3

ESCALAS = H 1:2.000
V 1:400

HOJA 1 DE 3

12-1-67

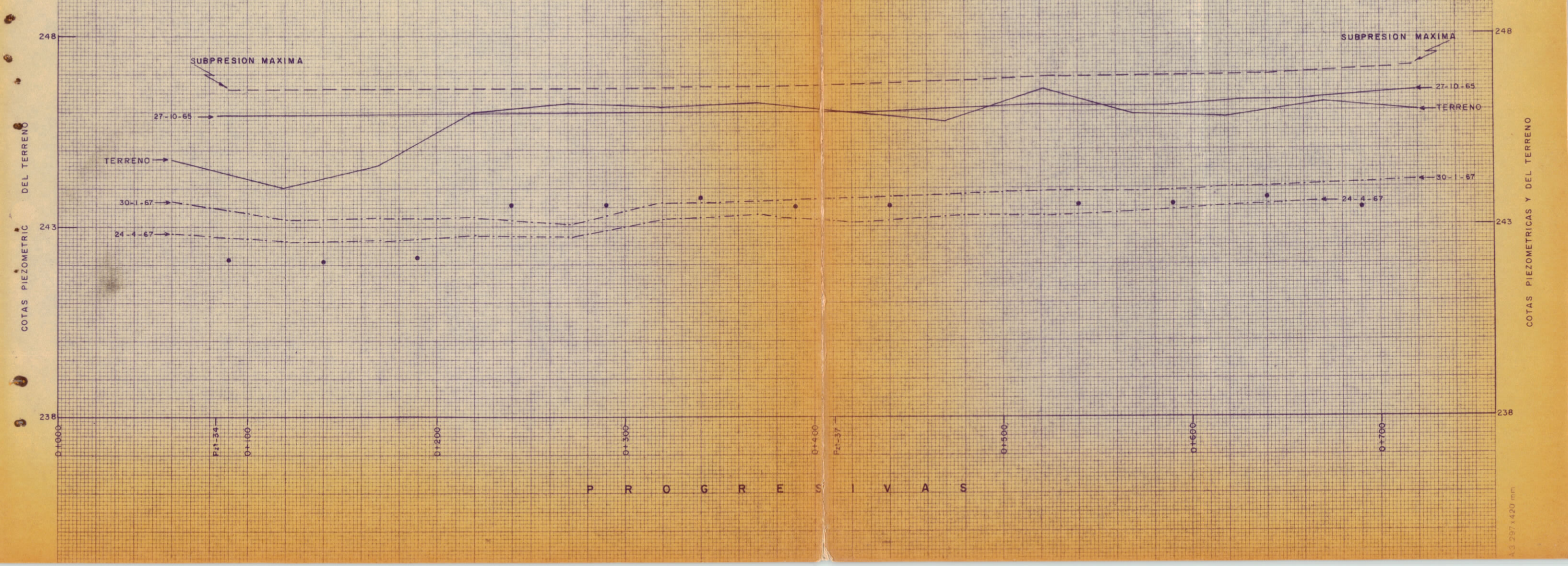
EMBALSE	
FECHA	COTA
27-10-65	251,22
30-1-67	248,24
27-2-67	247,78
26-4-67	246,19

——— Subpresión maxima extrapolada

——— Subpresión antes comenzar los pozos

——·—— Subpresión después de comenzar los pozos

Cota de descarga



SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA 1-2-3

ESCALAS = H 1:2.000
V 1:400

HOJA 2 DE 3

12-1-67

GRAFICO 3-b

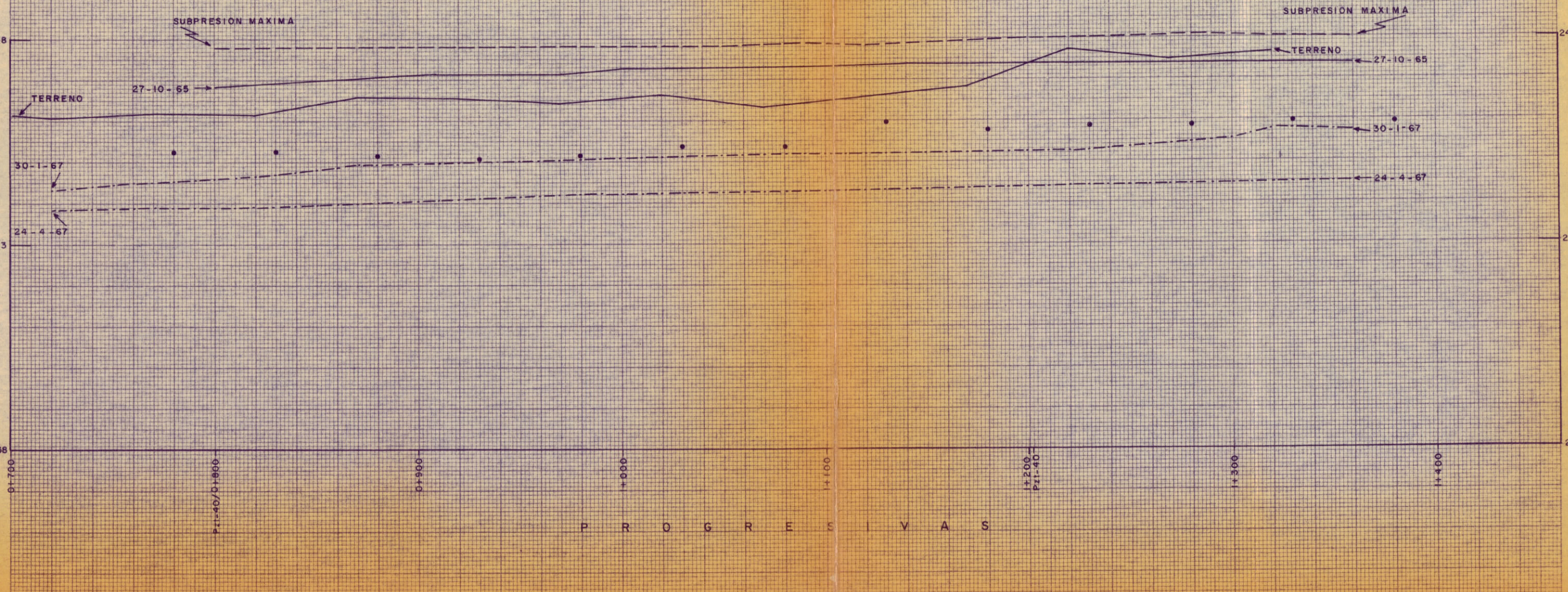
EMBALSE	
FECHA	COTA
30 - 1 - 67	248, 24
24 - 4 - 67	246, 19

— — — Subpresión máxima extrapolada

——— Subpresión antes comenzar los pozos

— — Subpresion después comenzar los pozos

Cota de descarga



MADE IN GERMANY

A 3 297 x 420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA 1-2-3

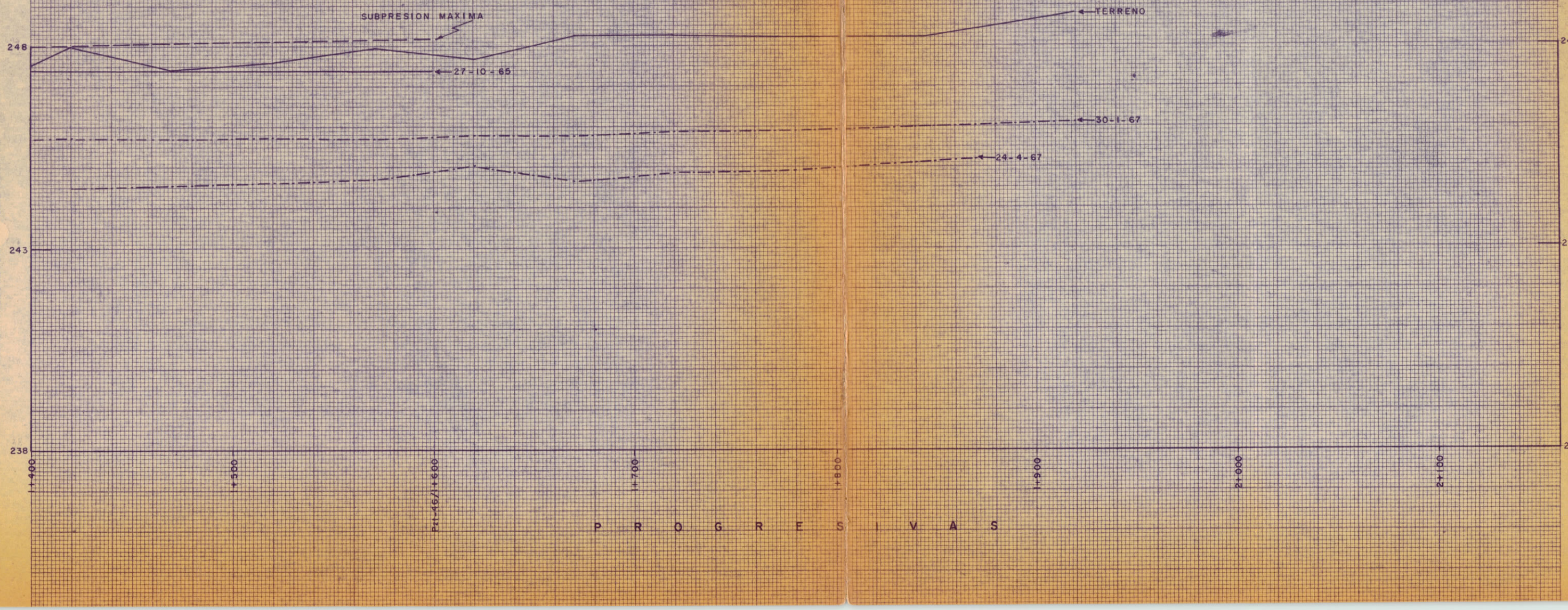
ESCALAS : H 1:2.000
V 1:40

HOJA 3 DE 3

12-1-67

GRAFICO 3-c

EMBALSE	
FECHA	COTA
30 1 67	248,24
27- 2 -67	247,78
24- 4 -67	246,19



MADE IN GERMANY
A3 297 x 420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA 4

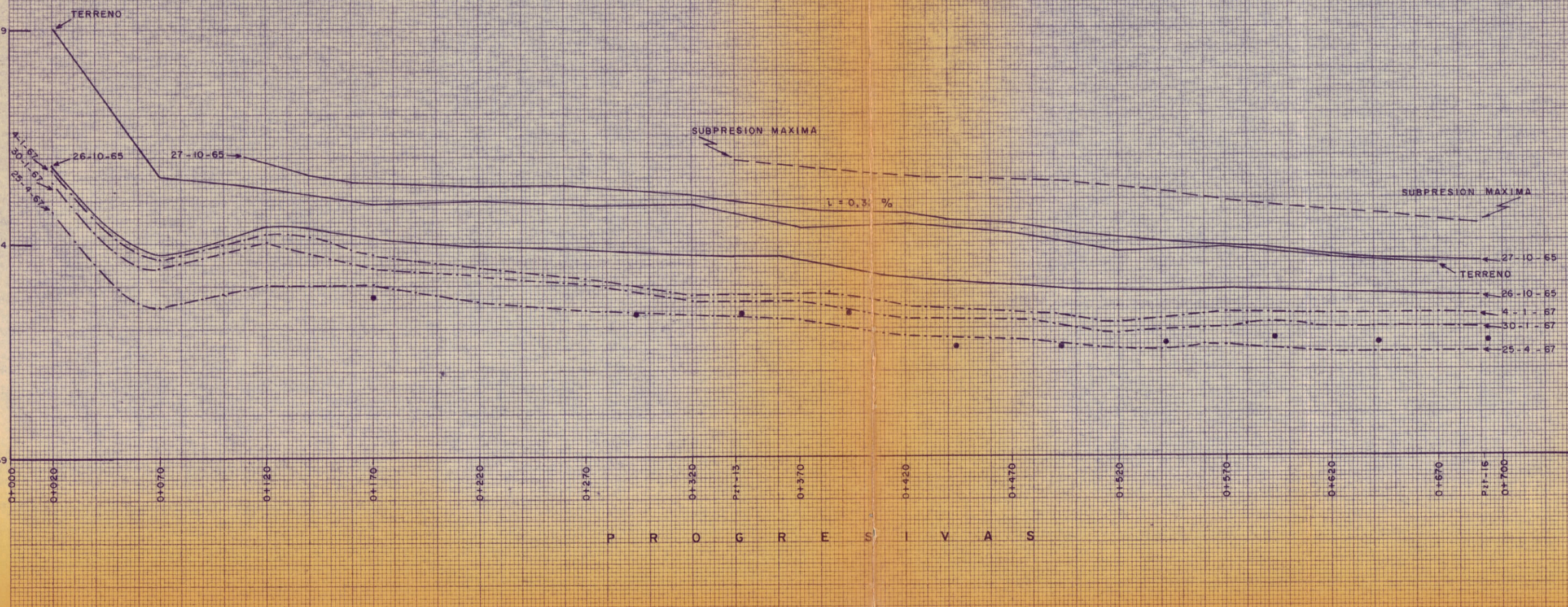
ESCALAS : H 1:2.000
V 1:400

HOJA 1 DE 2

18-1-67

GRAFICO 4-a

EMBALSE	
FECHA	COTA
27-10-65	251,22
4-1-67	248,48
30-1-67	248,24
25-4-67	246,16



——— Subpresión máxima extrapolada
——— Subpresión antes de comenzar los pozos
——— Subpresión despues de comenzar los pozos
Cota de descarga

MADE IN GERMANY
A3 297 x 420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

P R E S A - 5

ESCALAS = H. 1: 2000
V. 1: 100

HOJA 1 DE 1

18-1-67

GRAFICO 5

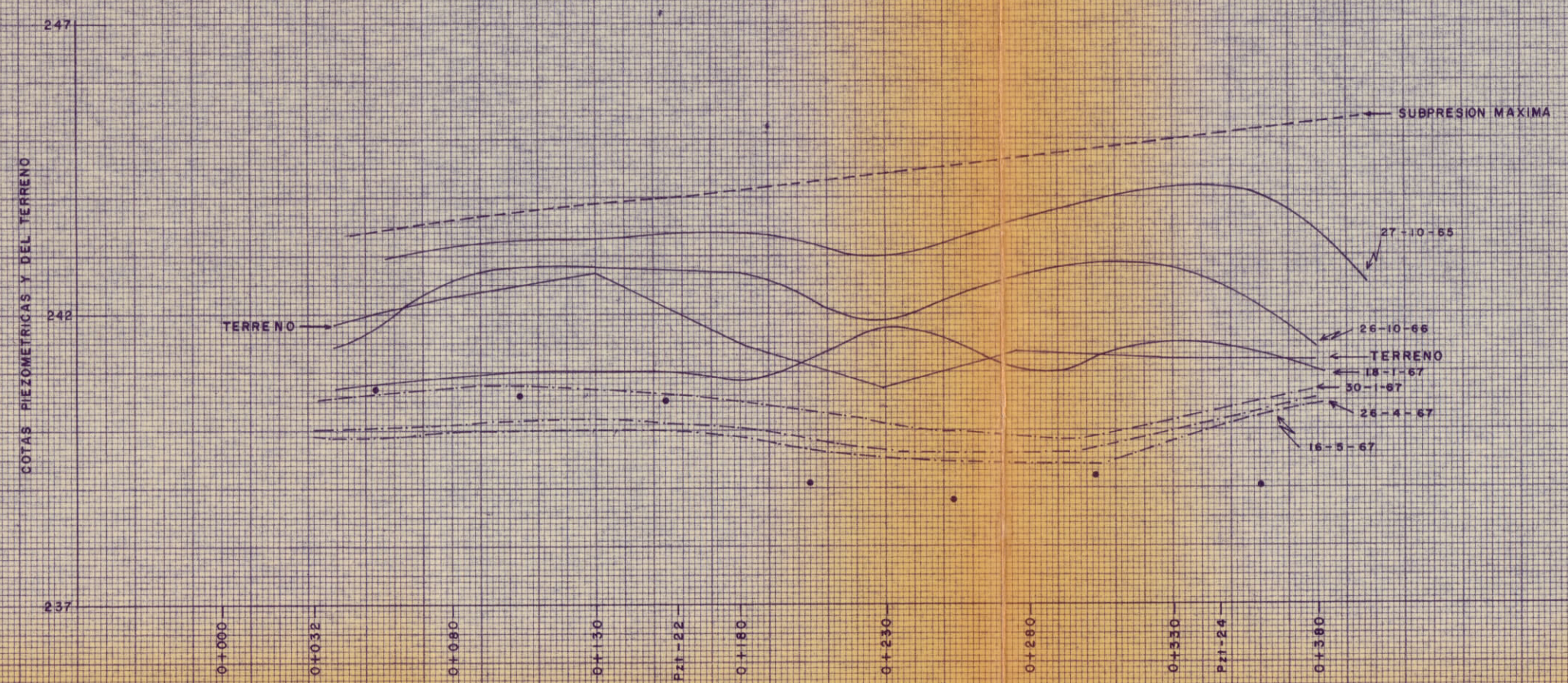
EMBALSE	
FECHA	COTA
26-10-66	248.34
18-1-67	
30-1-67	248.24
26-4-67	246.13
7-7-65	245.73
27-10-65	251.22
16-5-67	245.63

— — — Subpresión máxima extrapolada

——— Subpresión antes comenzar los pozos

— · — Subpresión despues comenzar los pozos

Cota de descarga



MADE IN GERMANY

A 3 297,420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA-4

ESCALAS = H. 1:2.000 / V. 1:100

HOJA 2 DE 2

18-1-67

GRAFICO 4-6

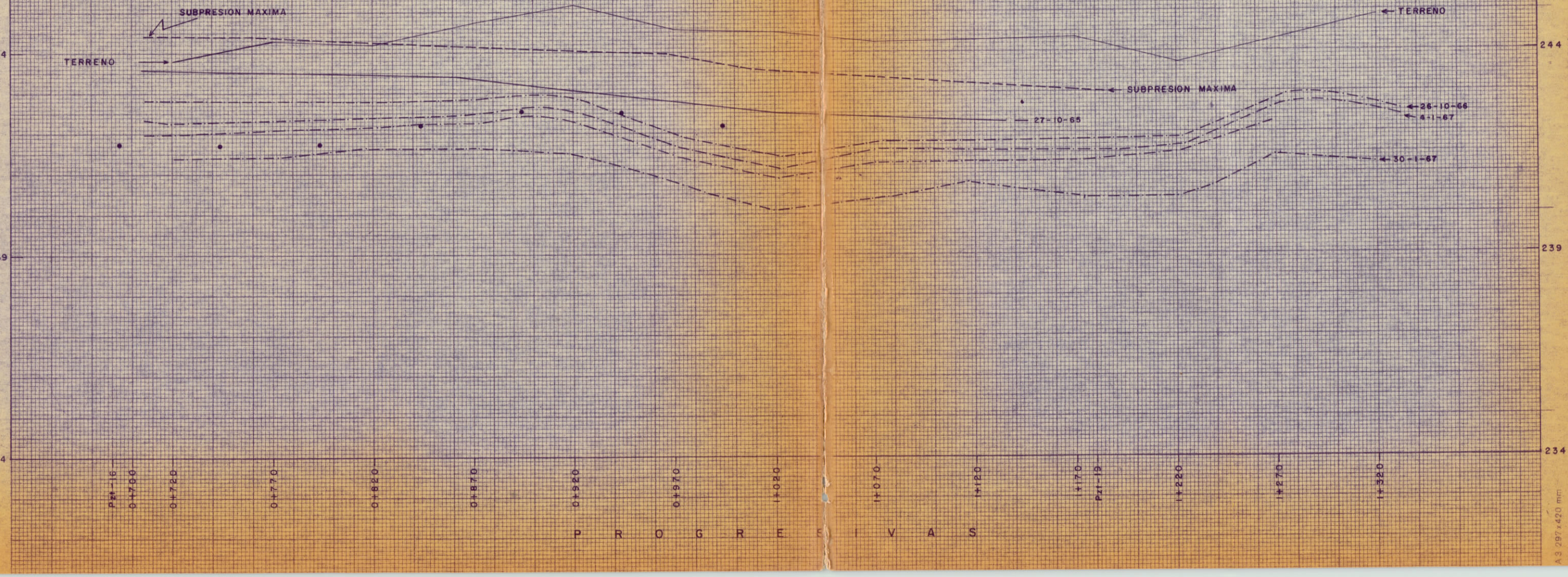
EMBALSE	
FECHA	COTA
30-1-67	248.24
28-10-66	248.34

— — — Subpresión máxima extrapolada

——— Subpresión antes comenzar los pozos

— · — Subpresión después comenzar los pozos

Cota de descarga



MADE IN GERMANY
A3 297x420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

P R E S A - 7

ESCALAS = H. 1: 2000
V. 1: 100

HOJA 1 DE 2

18-1-67

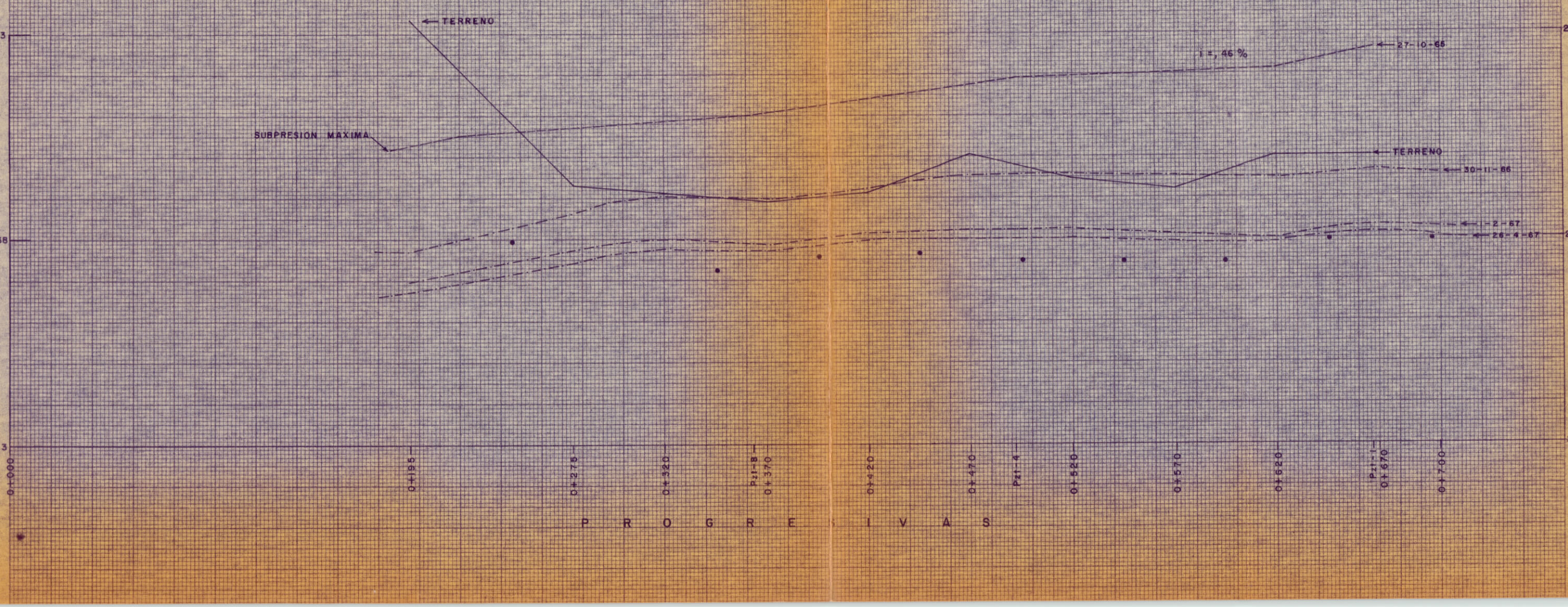
GRAFICO 6-a

EMBALSE	
FECHA	COTA
27-10-65	251.22
26-4-67	246.13
1-2-67	248.22

——·——Subpresión máxima extrapolada

——··——Subpresión después comenzar los pozos

Cota de descarga



MADE IN GERMANY
A 4 297 x 420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES SARARE

GRAFICO 6-b

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

P R E S A - 7

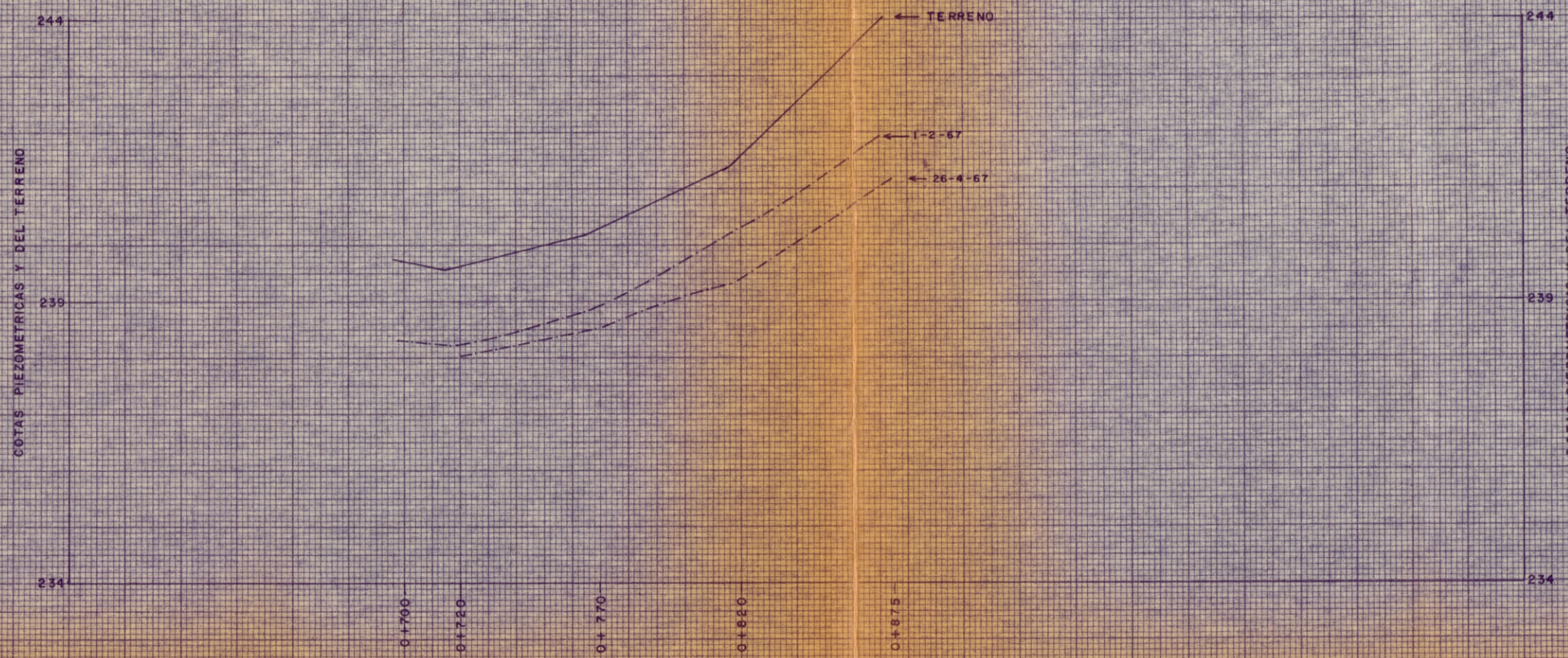
ESCALAS = H. 1: 2000
V. 1: 100

HOJA 2 DE 2

18-1-67

EMBALSE	
FECHA	COTA
1-2-67	248.22

—— —— Subpresión despues comenzar los pozos



MADE IN GERMANY

A3 297x420 mm

SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE

VARIACION DE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA A LO LARGO DEL EJE DE PRESA

PRESA 8-9

ESCALAS = H. 1: 2000
V. 1: 100

HOJA 1 DE 1

GRAFICO - 7

EMBALSE	
FECHA	COTA
1 - 2 - 67	246.22
26 - 4 - 67	246.13

Subpresión máxima extrapolada
Subpresión antes comenzar los pozos
Subpresion despues comenzar los pozos
Cota de descarga

SUBPRESION MAXIMA
28-10-65

SUBPRESION MAXIMA
TERRENO
TERRENO
COTA DE AGUA 1-2-67
26-4-67

COTAS PIEZOMETRICAS Y DEL TERRENO

253
248
243
238

0+000 0+060 0+110 0+160 0+210 0+260 0+310 0+360 P21-28 0+460 0+510 0+560 0+610

P R O G R E S I V A S

MADE IN GERMANY

A3 297 x 420 mm

K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 5492
3 CYCLES X 70 DIVISIONS MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

Sistema Cojedes-Sarare

PRUEBA DE BOMBEO CON GASTO CONSTANTE

PRESA 8-9

POZO 0+385

2-3-67

NIVEL ESTATICO: 1.680 mts.

$Q = 17,2$ lts/seg

$T = 15,65 \frac{Q}{\Delta s}$

$T = \frac{15,65 \times 17,2}{0,23}$

$T = 1.171$ m²/día

$K = \frac{T}{e}$

$e = 2,2$ m.

$K = \frac{1.171}{2,2} = 532,5$ m/día

$K = 6,2 \times 10^{-1}$ cm/seg

$\Delta s = 0,23$ m

GRAFICO Nº 8

Por. L.C. RAMOS

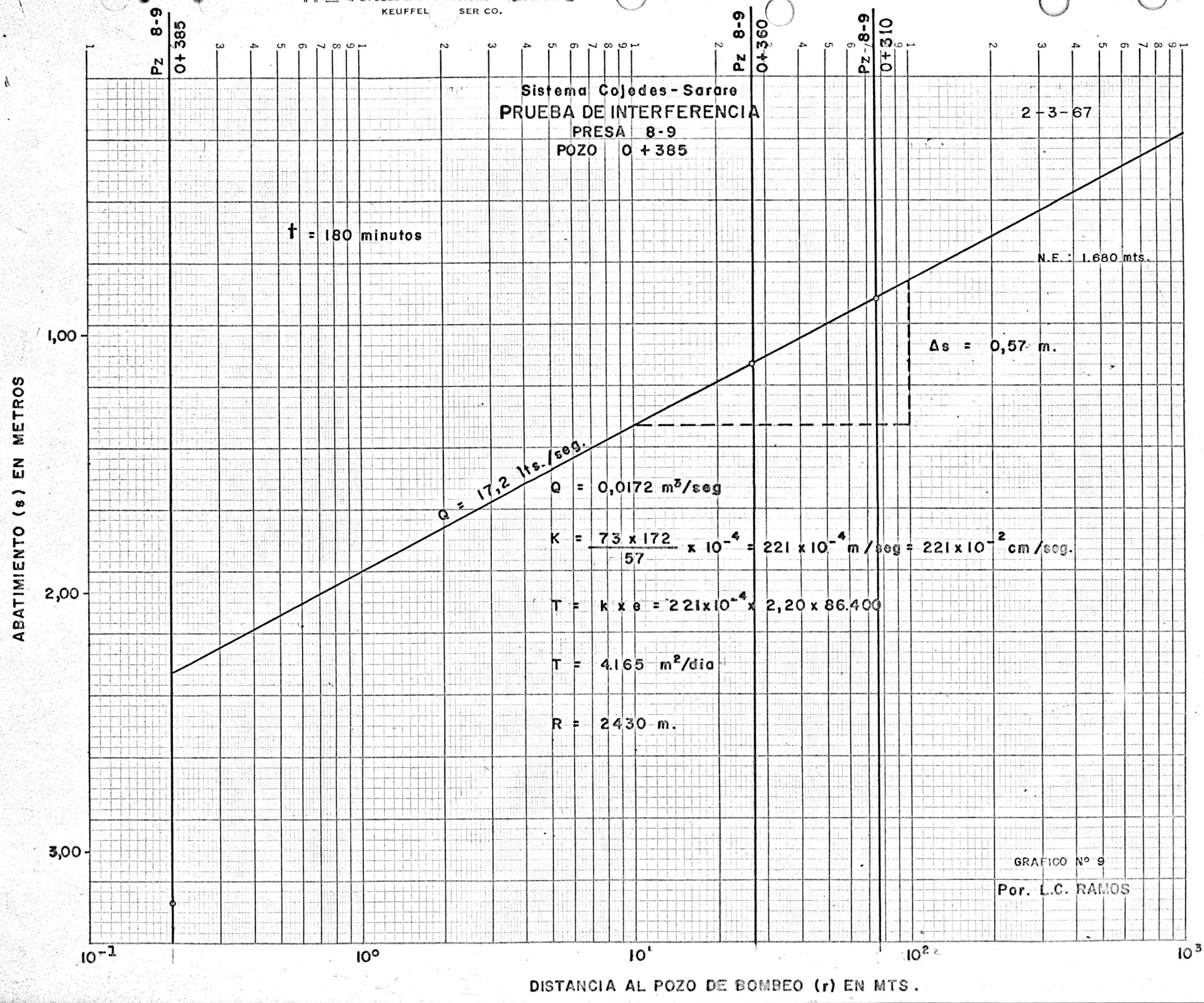
ABATIMIENTO (s) EN METROS

2,00
2,10
2,20
2,30
2,40
2,50
2,60

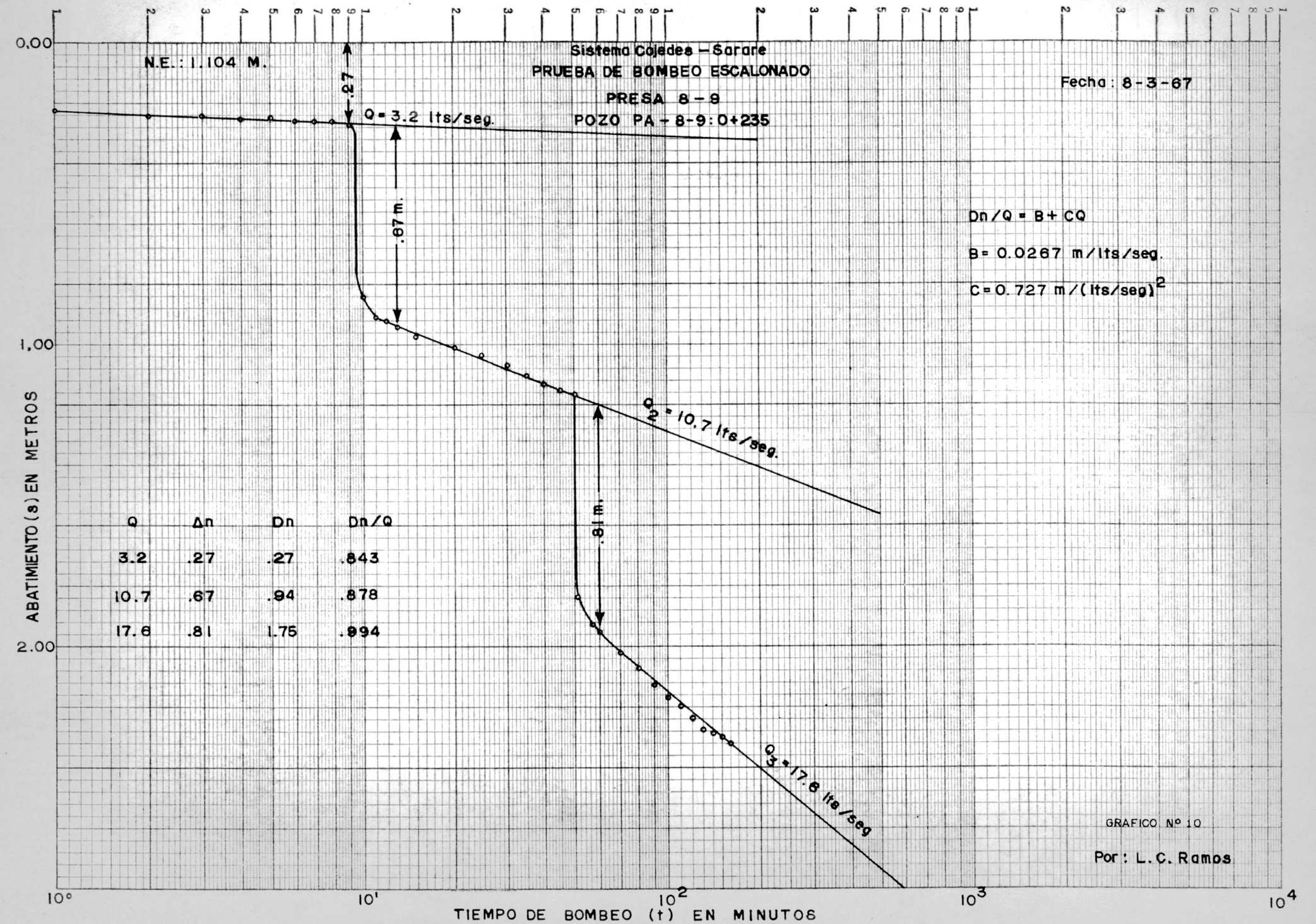
10^{-1} 10^{1} 10^{2} 10^{3}

TIEMPO DE BOMBEO (t) EN MINUTOS

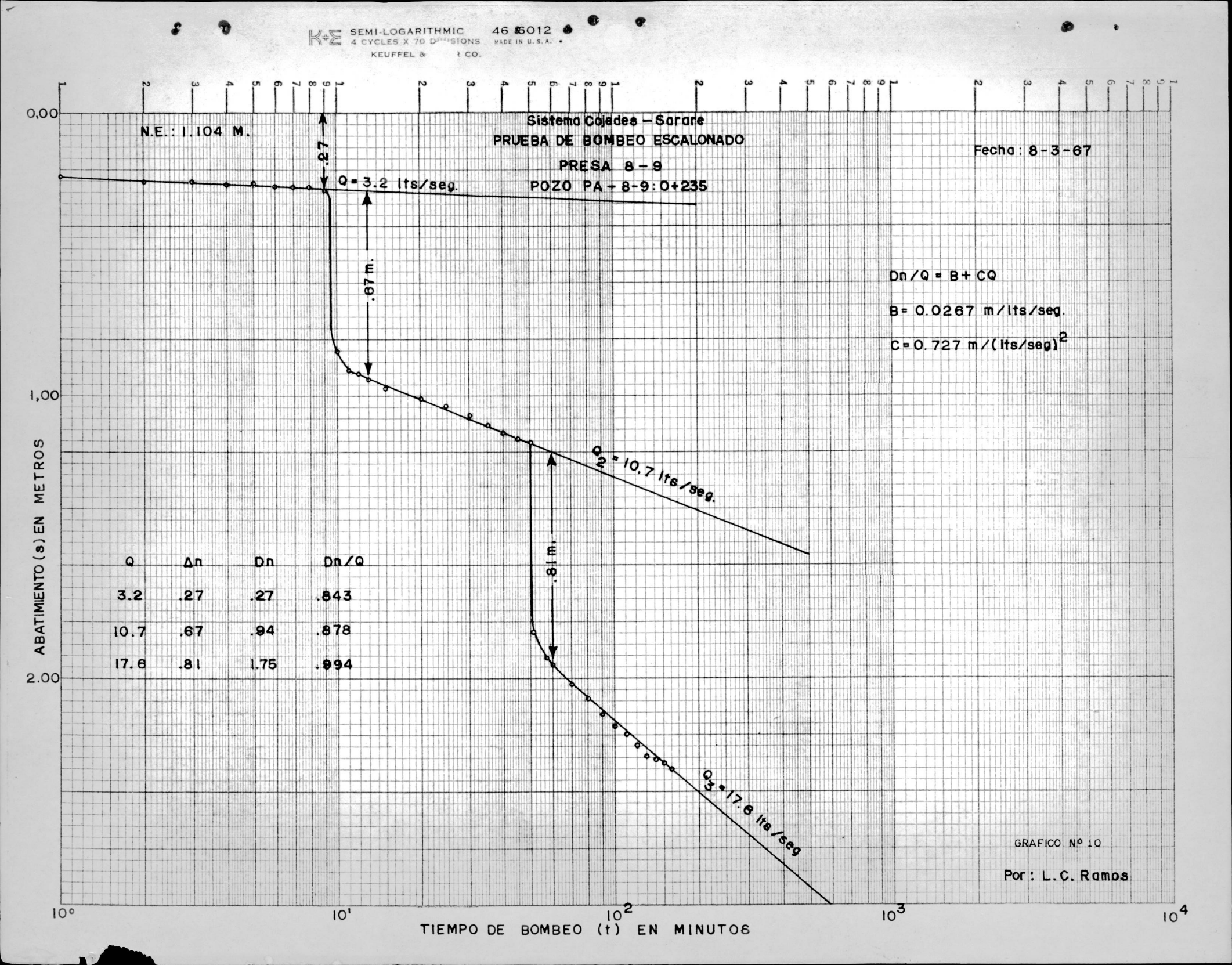
K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 6090
4 CYCLES X 84 DIVISIONS MADE IN U.S.A.
KEUFFEL SER CO.



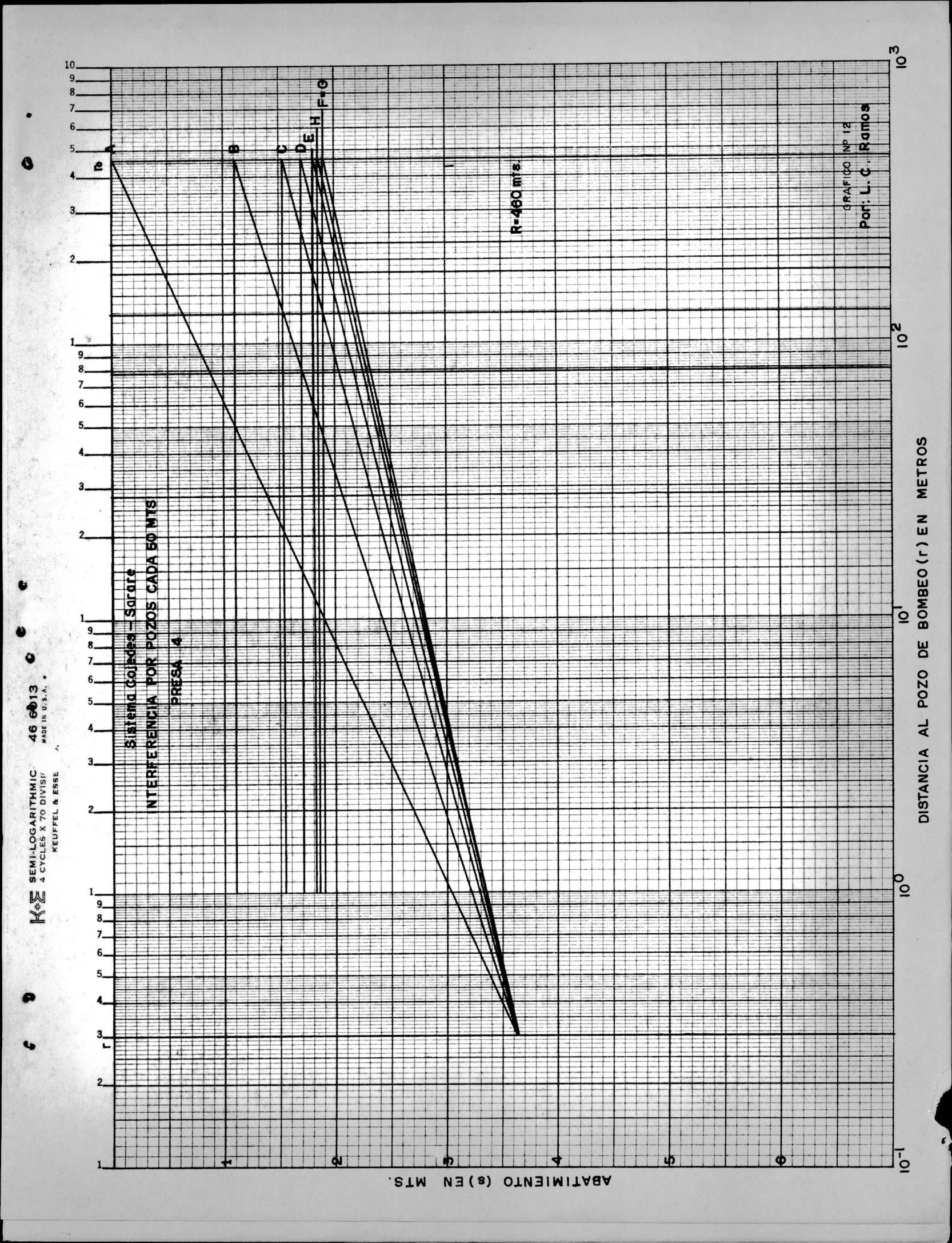
K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 5012
4 CYCLES X 70 DIVISIONS MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.



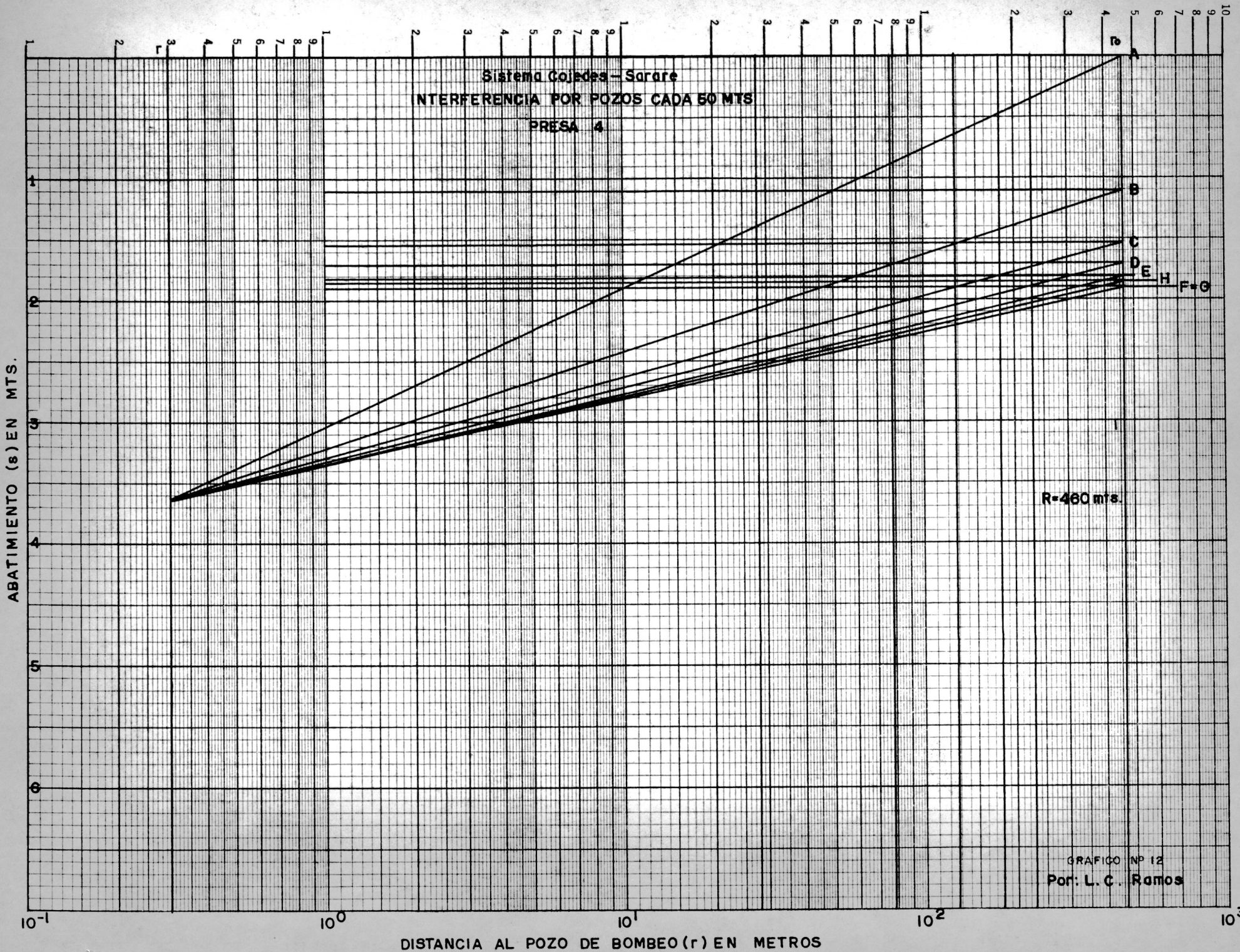
K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 5012
4 CYCLES X 70 DIVISIONS MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.



Q	Δn	Dn	Dn/Q
3.2	.27	.27	.843
10.7	.67	.94	.878
17.6	.81	1.75	.994


INTERFERENCIA POR POZOS CADA 50 MTS
Sistema Cojedes – Sarare
PRESA 4
R=460 mts.
A
B
C
D
E
H
F-G
GRAFICO Nº 12
Por: L. C. Ramos
DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO (r) EN METROS
ABATIMIENTO (s) EN MTS.
SEMI-LOGARITHMIC
4 CYCLES X 70 DIVISI
KEUFFEL & ESSE
MADE IN U.S.A.
46 6013

K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 6013
4 CYCLES X 70 DIVISI MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSE



CUADRO Nº 6

PRESA 1-2-3
INTERFERENCIA POR POZOS c/50 M.

	DISTANCIA AL PIEZOMETRO DE REF.						DISTANCIA ENTRE POZOS					
	(1) 228	(2) 178	(3) 128	(4) 78	(5) 28		(6) 50	(7) 100	(8) 150	(9) 200	(10) 250	(11) 300
POZOS A	(.08)	.13	.19	.29	.49	POZOS A	.37	.24	.17	.11	.07	.03
B	.06	(.09)	.14	.21	.35	B	.27	.18	.12	.08	.04	(.02)
C	.05	.08	(.13)	.18	.31	C	.24	.15	.10	.07	(.04)	.01
D	.05	.07	.11	(.15)	.28	D	.21	.14	.09	(.06)	.04	.02
E	.05	.07	.11	.15	(.28)	E	.21	.14	(.09)	.06	.04	.02
F	.05	.07	.11	.15	(.28)	F	.21	(.14)	.09	.06	.04	.02
G	.05	.07	.11	(.15)	.28	G	(.21)	.14	.09	.06	.04	.02
H	.04	.07	(.11)	.16	.28	H	.21	.14	.09	.06	.04	.02
I	.04	(.07)	11	.16	.28	I	.21	.14	.09	.06	.04	.02

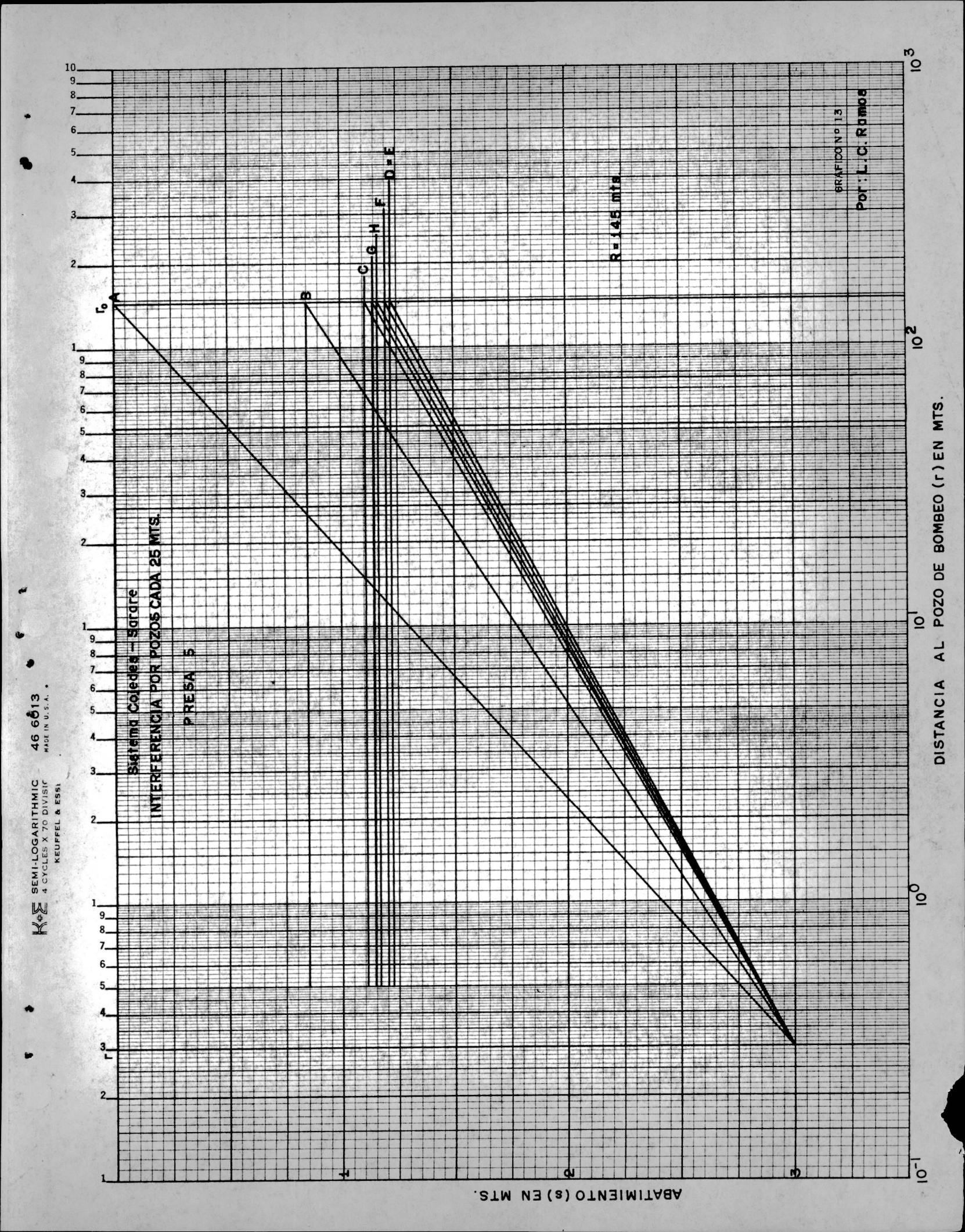
CUADRO Nº 7

PRESA 4
INTERFERENCIA POR POZOS c/50 M.

	DISTANCIA AL PIEZOMETRO DE REF.						DISTANCIA ENTRE POZOS							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	228	178	128	78	28		50	100	150	200	250	300	350	400
POZOS						POZOS								
A	(.36)	.48	.64	.88	1.38	A	1.10	.76	.56	.42	.30	.22	.14	(.07)
B	.25	(.34)	.45	.62	.96	B	.77	.52	.40	.30	.21	.15	(.10)	.06
C	.19	.27	(.36)	.51	.79	C	.63	.44	.32	.23	.17	(.12)	.07	.04
D	.18	.24	.33	(.45)	.72	D	.56	.39	.29	.22	(.15)	.11	.07	.04
E	.18	.23	.32	.44	(.68)	E	.54	.37	.28	(.21)	.14	.11	.07	.03
F	.18	.23	.31	.43	(.67)	F	.54	.37	(.27)	.21	.14	.11	.06	.03
G	.18	.23	.31	(.43)	.67	G	.54	(.37)	.27	.21	.14	.11	.06	.03
H	.18	.23	(.31)	.43	.67	H	(.54)	.37	.27	.21	.14	.11	.06	.03
I	.18	.23	.31	.43	.67	I	.54	.37	.27	.21	.14	.11		
J						J								

CUADRO Nº 8

PRESA 5 INTERFERENCIA POR POZOS C/25 M.										
DISTANCIA AL PIEZOMETRO DE REF.						DISTANCIA ENTRE POZOS				
	(1) 76	(2) 51	(3) 27	(4) 10		(5) 25	(6) 50	(7) 75	(8) 100	(9) 125
POZOS					POZOS					
A	(.31)	.50	.81	1.30	A	.85	.52	.31	.17	.07
B	.22	(.36)	.58	1.02	B	.61	.37	.23	.13	(.05)
C	.19	.31	(.50)	.79	C	.53	.32	.19	(.11)	.04
D	.18	.29	.48	(.77)	D	.48	.30	(.18)	.10	.04
E	.18	.29	(.48)	.76	E	.50	(.30)	.18	.10	.04
F	.18	(.30)	.49	78	F	(.51)	.31	.19	.10	.04
G	(.19)	.31	.51	.81	G	.53	.32	.20	.11	.04

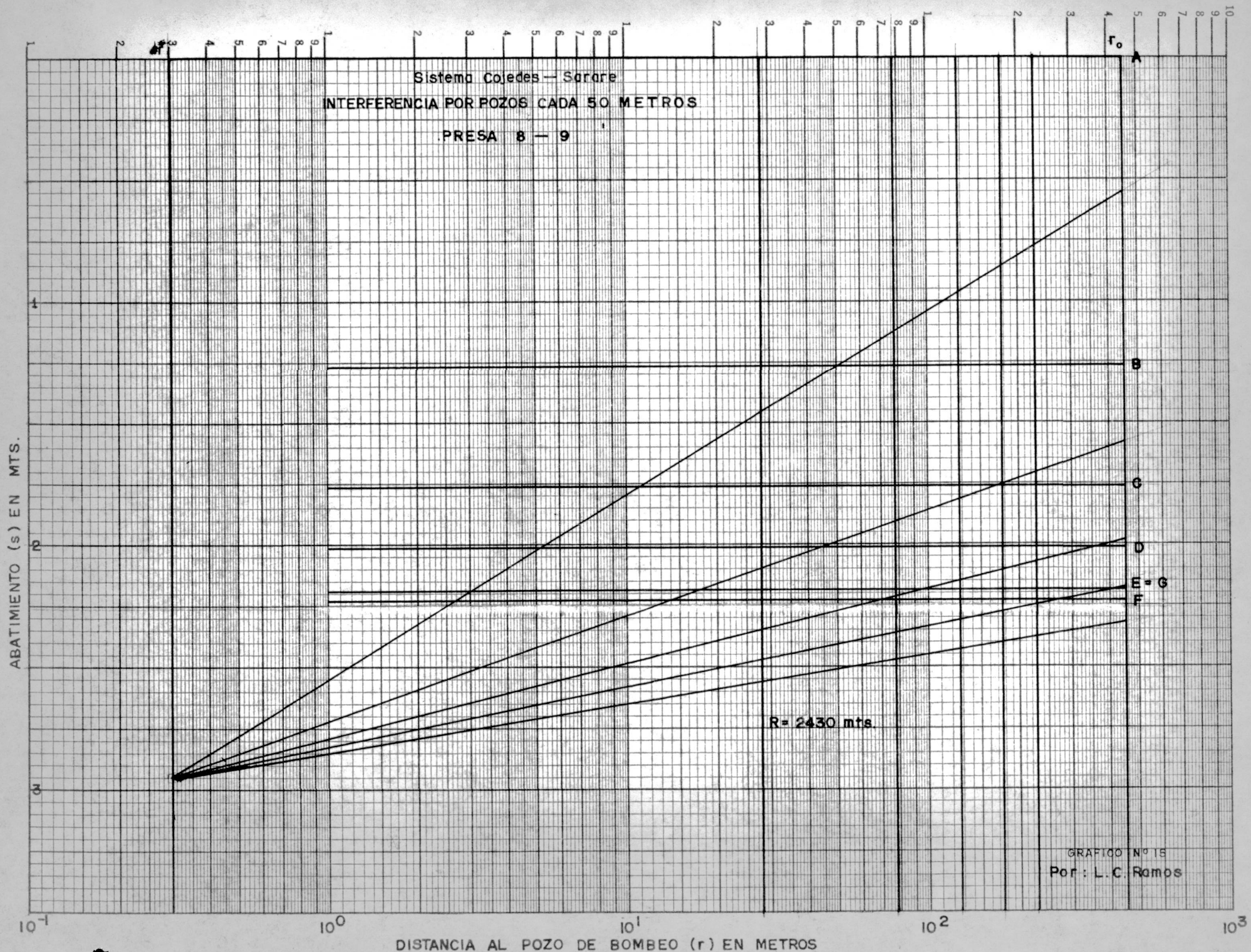

GRAFICO Nº 13
Por: L.C. Ramos
R = 145 mts
A
B
C
G
H
F
D = E
r_o
Sistema Cojedes – Sarare
INTERFERENCIA POR POZOS CADA 25 MTS.
PRESA 5
DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO (r) EN MTS.
ABATIMIENTO (s) EN MTS.
SEMI-LOGARITHMIC
4 CYCLES X 70 DIVISIONS
KEUFFEL & ESSER
MADE IN U.S.A.
46 6813

CUADRO Nº 9

PRESA 7
INTERFERENCIA POR POZO C/25 M.

DISTANCIA AL PIEZOMETRO DE REF.						DISTANCIA ENTRE POZOS				
	(1) 101	(2) 76	(3) 51	(4) 27	(5) 10		(6) 25	(7) 50	(8) 75	(9) 100	(10) 125
POZOS						POZOS					
A	(.20)	.33	.51	.80	1.25	A	.84	.52	.34	.21	.10
B	.15	(.23)	.36	.56	.88	B	.58	.37	.24	.15	.08
C	.12	.20	(.31)	.49	.77	C	.51	.32	.21	.13	.07
D	.11	.19	.29	(.46)	.71	D	.48	.30	.19	.12	.06
E	.11	.19	.29	.45	(.70)	E	.47	.29	.18	.11	.05
F	.11	.19	.29	(.46)	71	F	48	.30	.19	.12	.06
G	.12	.19	(.30)	.47	.74	G	.49	.31	.20	.13	.06
H	.12	(.19)	.30	.47	.74	H	.49	.31	.20	.13	.06
I	(.12)	.19	.30	.47	.74	I	.49	.31	.20	.13	.06

K+E SEMI-LOGARITHMIC 46 6813
4 CYCLES X 70 DIVISIONS MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.



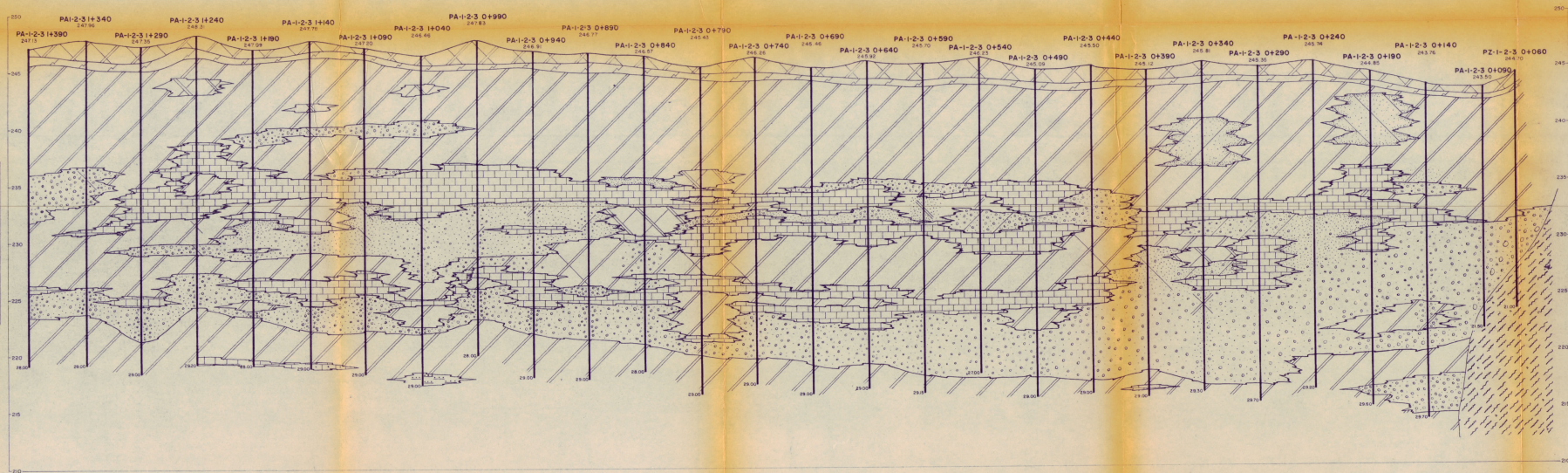
CUADRO Nº 12

PRESA	LONGITUD (M)	ESPESOR PROM. (M)	PERMEABILIDAD K x 10-1 cm/seg	GRAD. MED. MEDIDO (PROM)	GRAD. MAX. EXTRA POL. (PROM)	GASTO MED. lts/seg	GASTO MAX. lts/seg
1-2-3	1.300	6.6	2.02	0.0052	0.0128	90.0	221.8
4	1.270	3.7	2.15	0.0143	0.0174	143.0	174.4
5	.350	5.6	1.12	0.0080	0.0152	17.6	33.4
7	.660	4.4	0.75	0.0084	0.0140	18.3	30.5
8-9	.450	2.6	1.52	0.0094	0.0030	9.4	31.4

FALTA PRESA Nº —

CUADRO Nº 14

POZO PROGRESIVA (1)	AUMENTO SUBP. en el Pz. de CE 245.14 a CE 250.17 (2)	SUBPRESION a CE 250.17 (3)	AUMENTO SUBP. en el Pz. de CE 250.17 a CE 252.75 (4)	SUBPRESION MAX. a CE 252.75 (5)	COTA DESCARGA POZO (6)	(5)-(6)	GASTO MAX. (7)
90	1.20	243.78	0.61	244.39	242.12	2.27	27.85
140	1.00	.50	0.51	.01	.10	1.91	23.45
190	1.05	.60	0.54	.14	.20	1.94	23.80
240	1.10	.75	.56	.31	243.62	0.69	8.45
290	1.20	.82	.61	.43	.57	0.86	10.50
340	1.15	.96	.59	.55	.76	0.69	8.45
390	1.20	244.00	.61	.61	.51	1.10	13.50
440	1.15	.04	.59	.63	.55	1.08	13.25
490	1.10	.10	.56	.66	.93	0.73	8.95
540	1.10	.17	.56	.73	.51	1.22	14.95
590	1.12	.42	.57	.99	.59	1.40	17.20
640	1.22	.49	.62	245.11	.72	1.39	17.05
690	.20	.57	.61	18	.45	1.73	21.25
740	.22	.75	.62	.37	.59	1.78	21.85
790	.27	.83	.65	.48	245.24	0.24	29.45
840	.25	245.30	.64	.94	.27	0.67	8.20
890	.80	.42	.92	246.34	.15	1.19	14.60
940	.80	.53	.92	.45	.04	1.41	17.30
990	.90	.60	.97	.57	.15	1.42	17.40
1040	.95	.77	.90	.67	.34	1.33	16.30
1090	.95	.82	.95	.77	.35	1.42	17.40
1140	1.42	.86	0.73	.59	.98	0.51	7.50
1190	2.10	.06	1.07	.13	.74	0.39	4.75
1240	2.25	.28	1.15	.43	.88	0.55	6.75
1290	2.20	.39	1.12	.51	.87	0.64	7.85
1340	2.15	.30	1.10	.40	.96	0.44	5.40
1390	2.15	.36	2.10	.46	.94	0.52	6.40
						TOTAL	389.80



L E Y E N D A

DATOS DE PERFORACION

PA-I-2-3 0+240 POZO DE ALIVIO Y PROGRESIVA DE LA PRESA I-2-3

PZ-I-2-3 0+060 PIEZOMETRO Y PROGRESIVA DE LA PRESA I-2-3

245.74 COTA EN METROS

CONTACTO ENTRE MATERIALES

2820 PROFUNDIDAD FINAL EN METROS

L I T O L O G I A

SUELOS

- CAPA VEGETAL
- PEÑONES CON GRAVA
- GRAVA LIMO-ARENOSA
- GRAVA ARCILLO-ARENOSA
- ARENA
- ARENA GRAVOSA
- ARENA ALGO LIMOSA
- ARENA ALGO ARCILLOSA
- LIMO ARENOSO
- LIMO ARCILLO-ARENOSO
- LIMO ARCILLOSO
- ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
- ARCILLA LIMOSA
- ARCILLA GRAVO-ARENOSA

ROCAS

- ARENISCA
- SEDIMENTO CALCAREO ARCILLOSO
- SEDIMENTO CALCAREO ARCILLO-ARENOSO
- FILITA CUARZOSA

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA

ESTUDIO

INTERPRETO

DIBUJO Marcos Chiapa

REVISO

APROBO JEFE DE DIVISION

DIRECTOR

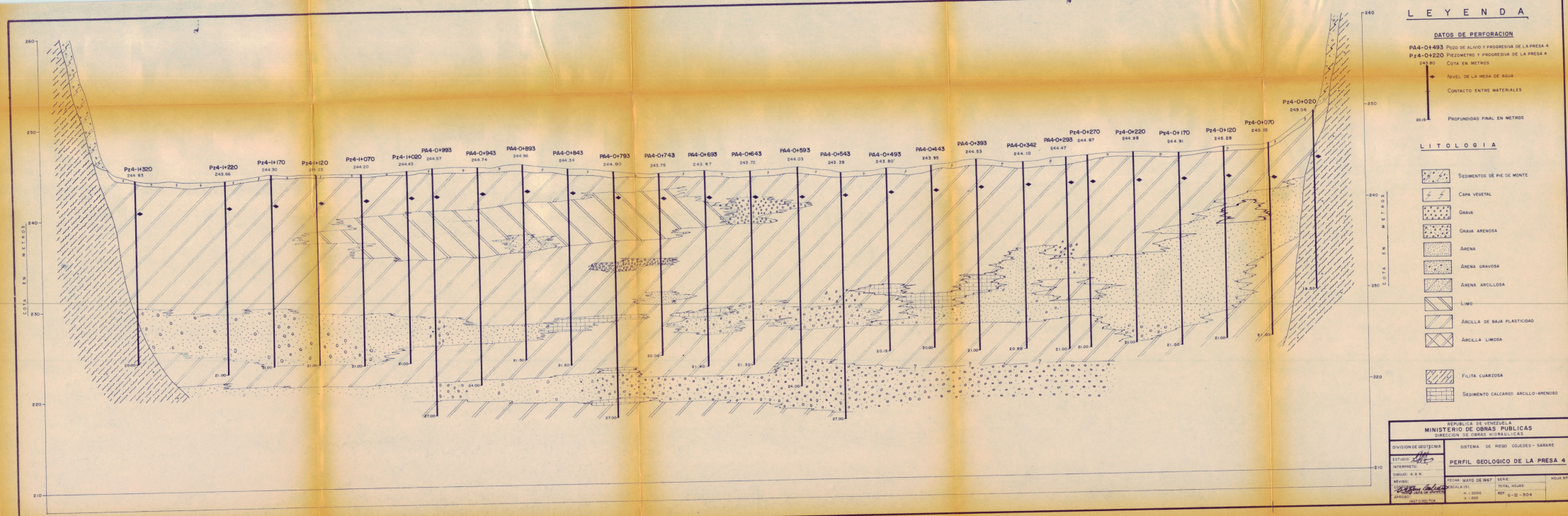
SISTEMA DE RIEGO COJEDES - SARARE

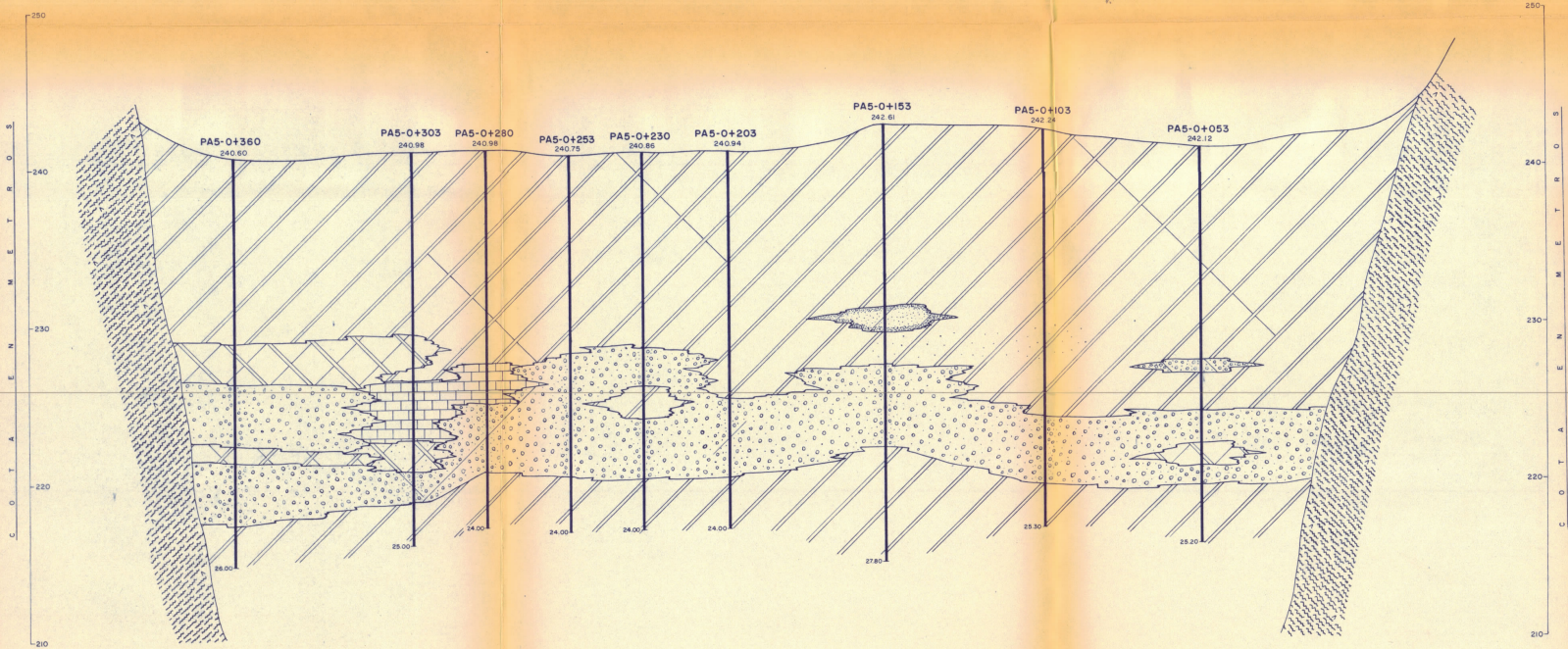
PERFIL GEOLOGICO DE LA PRESA I-2-3

FECHA MAYO DE 1967 SERIE HOJA Nº

ESCALA 1:1 TOTAL HOJAS

H. 1:2000 V. 1:200 REF G-II-303


Pz4-I+320 244.83
Pz4-I+220 243.66
Pz4-I+170 244.30
Pz4-I+120 244.23
Pz4-I+070 244.20
Pz4-I+020 244.43
PA4-0+993 244.57
PA4-0+943 244.74
PA4-0+893 244.96
PA4-0+843 244.34
PA4-0+793 244.00
PA4-0+743 243.75
PA4-0+693 243.87
PA4-0+643 243.72
PA4-0+593 244.03
PA4-0+543 243.39
PA4-0+493 243.80
PA4-0+443 243.95
PA4-0+393 244.53
PA4-0+342 244.10
PA4-0+293 244.47
Pz4-0+270 244.87
Pz4-0+220 244.98
Pz4-0+170 244.91
Pz4-0+120 245.28
Pz4-0+070 245.55
Pz4-0+020 249.06
260
250
240
230
220
210
COTA EN METROS
LEYENDA
DATOS DE PERFORACION
PA4-0+493 POZO DE ALIVIO Y PROGRESIVA DE LA PRESA 4
Pz4-0+220 PIEZOMETRO Y PROGRESIVA DE LA PRESA 4
245.80 COTA EN METROS
NIVEL DE LA MESA DE AGUA
CONTACTO ENTRE MATERIALES
20.15 PROFUNDIDAD FINAL EN METROS
LITOLOGIA
SEDIMENTOS DE PIE DE MONTE
CAPA VEGETAL
GRAVA
GRAVA ARENOSA
ARENA
ARENA GRAVOSA
ARENA ARCILLOSA
LIMO
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
ARCILLA LIMOSA
FILITA CUARZOSA
SEDIMENTO CALCAREO ARCILLO-ARENOSO
REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE GEOTECNIA
SISTEMA DE RIEGO COJEDES - SARARE
ESTUDIO
INTERPRETO
DIBUJO A.S.R.
REVISO
APROBO
PERFIL GEOLOGICO DE LA PRESA 4
FECHA MAYO DE 1967
SERIE
HOJA Nº
ESCALA (S)
H. 1:2000
V. 1:200
TOTAL HOJAS
REF. G-II-304



L E Y E N D A

DATOS DE PERFORACION

PA5-0+280 POZO DE ALIVIO Y PROGRESIVA DE LA PRESA 5

240.98 COTA EN METROS

CONTACTO ENTRE MATERIALES

24.00 PROFUNDIDAD FINAL EN METROS

L I T O L O G I A

SUELOS

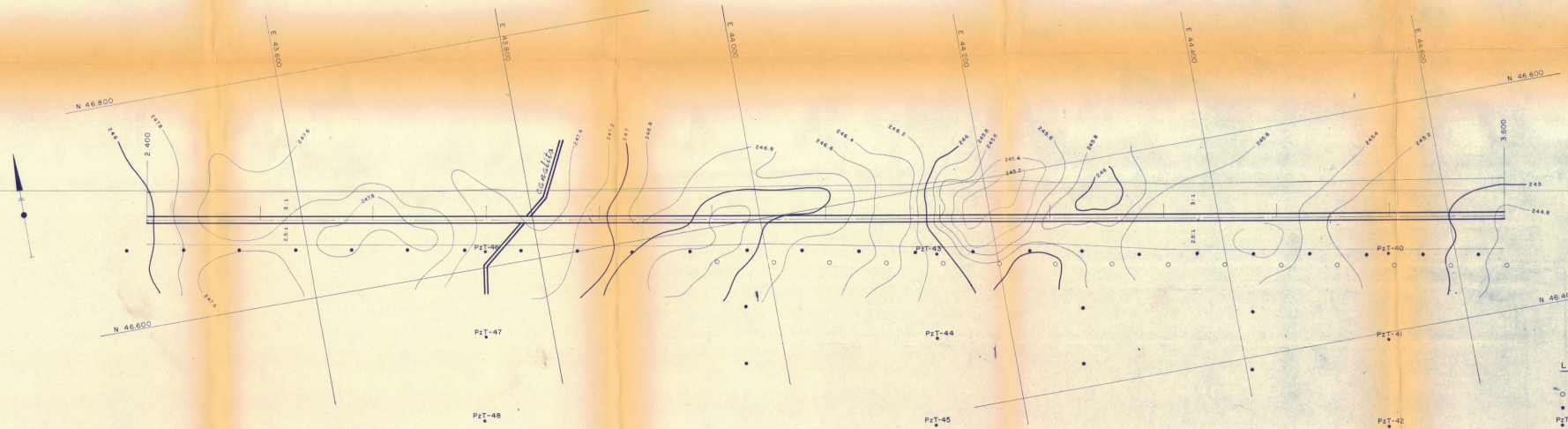
- GRAVA
- GRAVA LIMOSA
- GRAVA ARCILLOSA
- ARENA ARCILLOSA
- LIMO ARCILLOSO
- LIMO ARCILLO-ARENOSO
- ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
- ARCILLA LIMOSA

ROCAS

- SEDIMENTO CALCAREO ARCILLOSO
- FILITA CUARZOSA

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA	SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE
ESTUDIO:	PERFIL GEOLOGICO DE LA PRESA 5
INTERPRETO:	
DIBUJO: M. Chapite.	
REVISO:	
CONFORMO: Jefe Sección Cálculos	
SECCION JEFE DE DIVISION	
APROBO:	
ING° DIRECTOR	
FECHA: MAYO DE 1967	SERIE: TOTAL: HOJA N°:
ESCALA (S): H. 1:1.000 V. 1: 200	TOTAL HOJAS: REF. 6-II-306

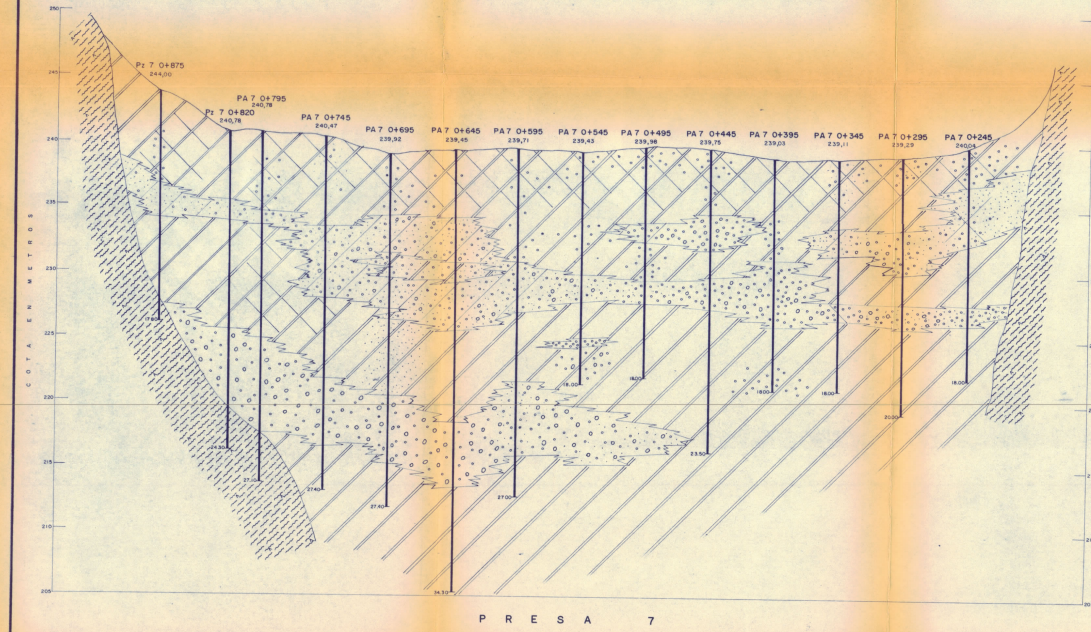


LEYENDA

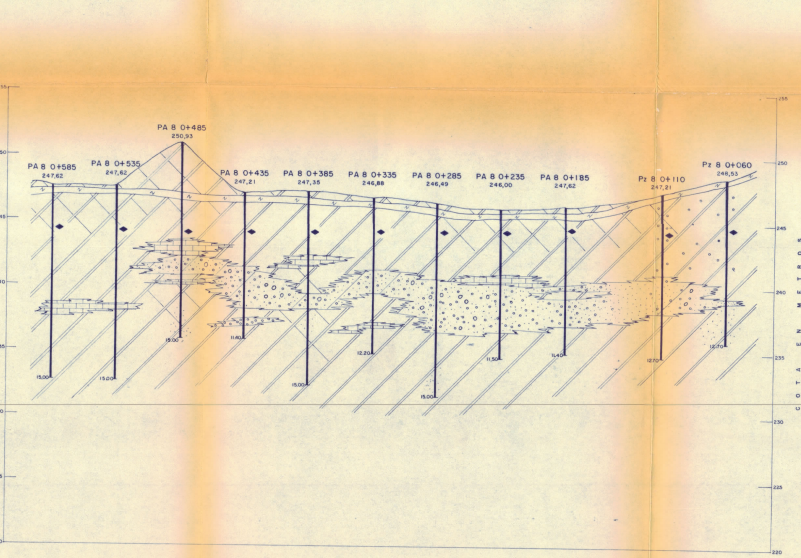
- Pozos de alivio por construir
- Piezómetros por construir
- PzT Piezómetro de tubo en funcionamiento

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA	SISTEMA LAS MAJAGUAS
ESTUDIO:	PRESAS Nos. 1-2-3
INTERPRETO:	SISTEMA DE POZOS PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES
DIBUJO: Egles Rojas	
REVISO:	FECHA: MAYO 1.986 — SERIE: TOTAL: — HOJA Nº
CONFORME: JEFE DE DIVISION	ESCALA (S): 1:2.000 — TOTAL HOJAS: 6 — REF.: 8-II-292 — 1
APROBO: INGº DIRECTOR	



P R E S A 7



P R E S A 8-9

L E Y E N D A

DATOS DE LA PERFORACION

PA 8 0+285 — POZO DE ALIVIO, NUMERO DE LA PRESA Y PROGRESIVA

Pz 8 0+060 — PIEZOMETRO, NUMERO DE LA PRESA Y PROGRESIVA

246,49 — COTA EN METROS

NIVEL DE LA MESA DE AGUA

CONTACTO ENTRE MATERIALES

18.00 — PROFUNDIDAD FINAL EN METROS

L I T O L O G I A

S U E L O S

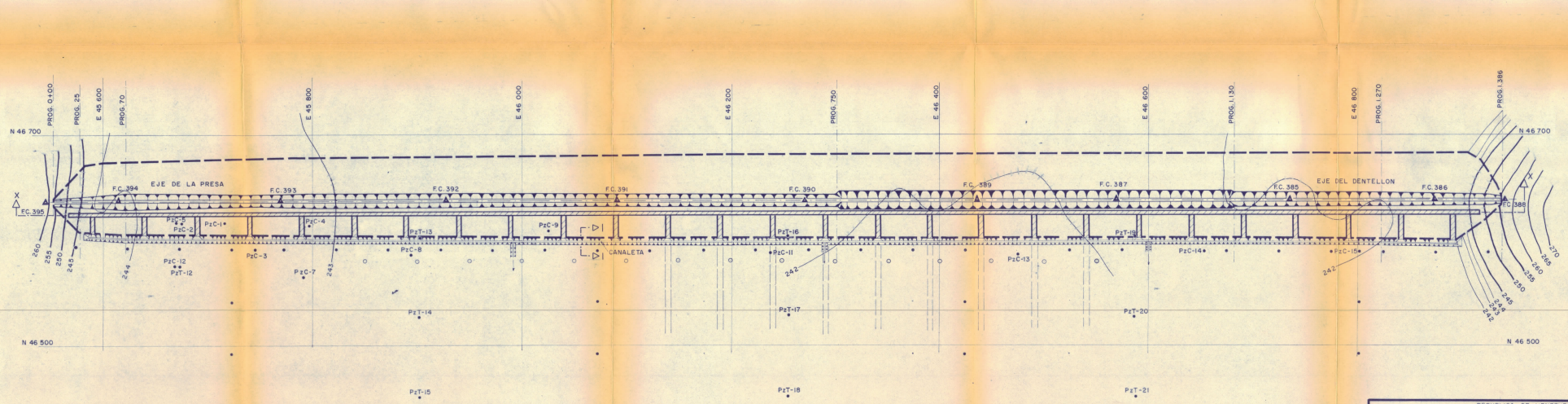
- CAPA VEGETAL
- GRAVA MUY GRUESA
- GRAVA
- GRAVA ARENOSA
- ARENA LIMPIA
- ARENA GRUESA
- ARENA LIMO-GRAVOSA
- ARENA ARCILLO-GRAVOSA
- ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
- ARCILLA GRAVOSA
- ARCILLA ARENOSA
- ARCILLA LIMOSA
- ARCILLA LIMO-GRAVOSA
- ARCILLA LIMOSA CON GRAVA Y ARENA

R O C A S

- SEDIMENTO CALCAREO ARCILLOSO
- FILITA CUARZOSA

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA	SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE
ESTUDIO:	PERFILES GEOLOGICOS DE LAS PRESAS 7 Y 8-9
INTERPRETO:	
DIBUJO: Hernández Núñez	
REVISO:	
CONFORME: Jefe de División	FECHA MAYO DE 1967
APROBADO: INGº DIRECTOR	ESCALA (S) H 1/2000 V 1/200
	SERIE: TOTAL: HOJA Nº
	TOTAL HOJAS:
	REF: G-II-307



LEYENDA

- ○ Pozos de alivio por construir
- • Piezómetros por construir
- PzT • Piezómetro de tubo en funcionamiento
- PzC • Piezómetro casagrande en funcionamiento

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA

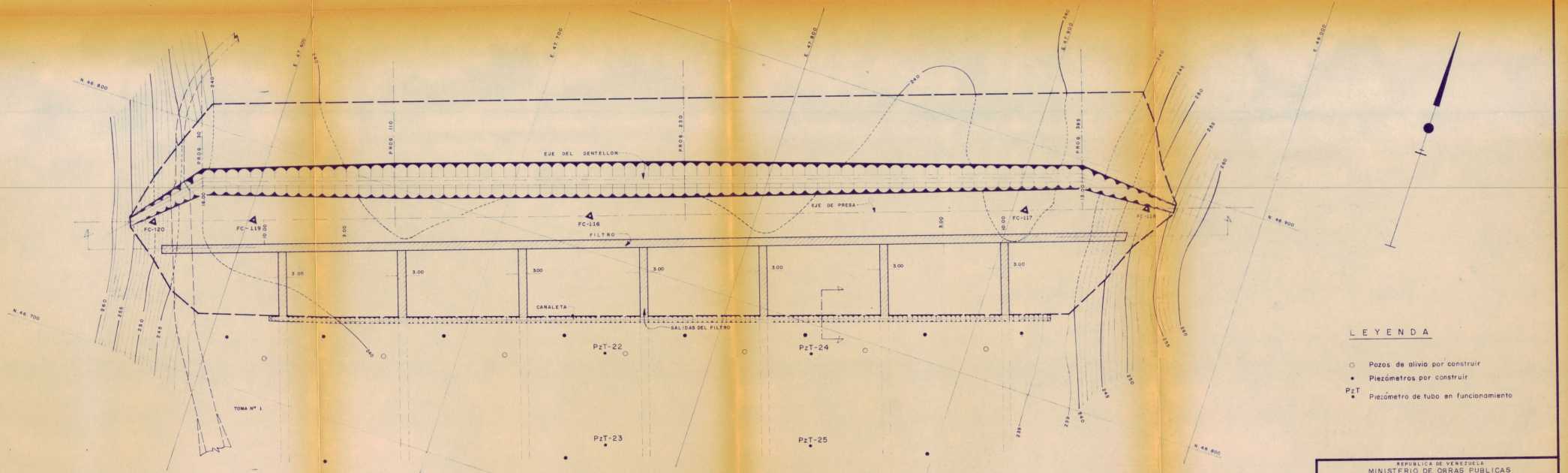
ESTUDIO:
INTERPRETO:
DIBUJO:
REVISO:
CONFORMO: Jefe de Calicata
JEFE DE DIVISION
APROBO:
Insp. DIRECTOR

SISTEMA LAS MAJAGUAS

PRESA Nº 4

SISTEMA DE POZOS PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES

FECHA: MAYO 1966	SERIE:	TOTAL:	HOJA Nº:
ESCALA (S): 1:2.000	TOTAL HOJAS: 6		3
	REF.: 6-II-294		

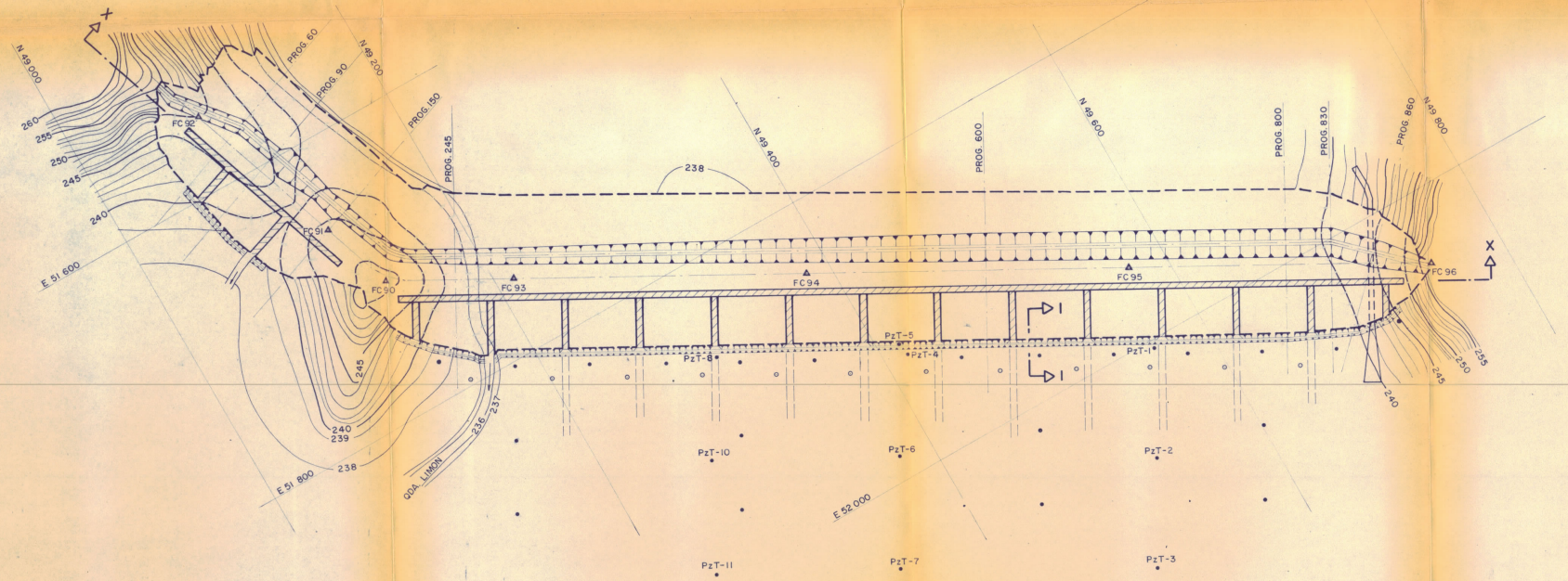


LEYENDA

- ○ Pozos de alivio por construir
- • Piezómetros por construir
- PzT • Piezómetro de tubo en funcionamiento

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA	SISTEMA LAS MAJAGUAS
ESTUDIO:	PRESA Nº 5
INTERPRETO:	SISTEMA DE POZOS
DIBUJO: Alfonso Barregales	PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES
REVISO:	
CONFORME JEFE SECCION DIVISION	FECHA: MAYO DE 1966 — SERIE: — TOTAL: — HOJA Nº 4
APROBO: ING° DIRECTOR	ESCALA: 1: 1.000 — TOTAL HOJAS: 6 — REF. 6-II-295

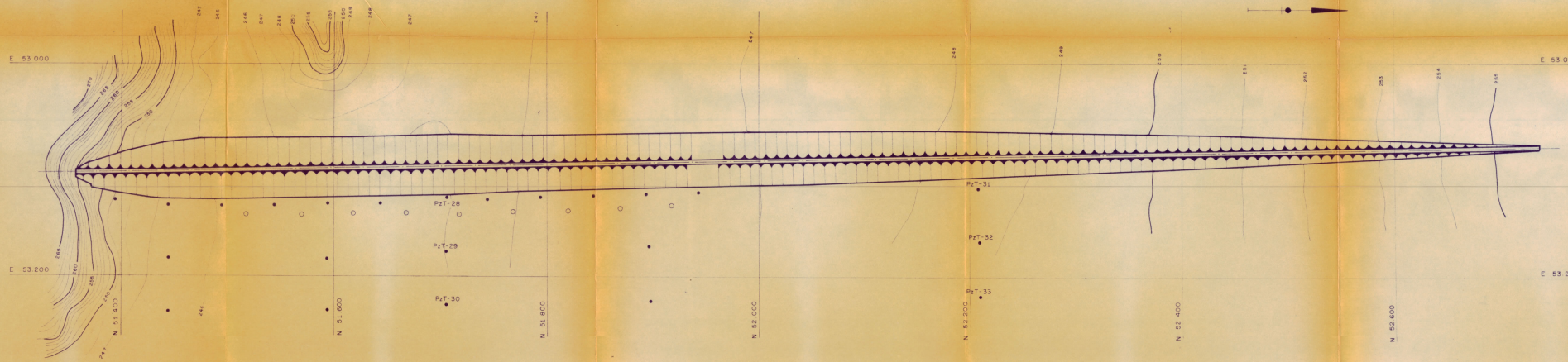


LEYENDA

- ○ Pozos de alivio por construir
- • Piezómetros por construir
- PzT • Piezómetro de tubo en funcionamiento

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA	SISTEMA LAS MAJAGUAS
ESTUDIO:	PRESA Nº 7
INTERPRETO:	SISTEMA DE POZOS
DIBUJO:	PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES
REVISO:	FECHA: MAYO DE 1966
CONFORME: PROF. JEFE DE DIVISION	ESCALA (S): 1 : 2.000
APROBO: ING° DIRECTOR	SERIE: TOTAL; TOTAL HOJAS: 6; REF. G-II-296
	HOJA Nº 5



LEYENDA

- Pozos de alivio por construir
- Piezómetros por construir
- PzT-31 Piezómetro de tubo en funcionamiento

REPUBLICA DE VENEZUELA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE GEOTECNIA

SISTEMA LAS MAJAGUAS

ESTUDIO:

INTERPRETO:

DIBUJO: Epifa Rojas

REVISO:

CONFORMO:
JEFE DE DIVISION

APROBO:
INSP. DIRECTOR

PRESAS Nos. 8 - 9

SISTEMA DE POZOS PARA ALIVIO DE LAS SUBPRESIONES

FECHA: MAYO 1966 | SERIE: | TOTAL: | HOJA Nº

ESCALA (S): 1 2.000 | TOTAL HOJAS: | REF. G - II - 297 | 6