REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

PHM/CGF.

LABORATORIO - MAIPU

Remite informe Vertedero Embalse Laguna del Maule

DIRECCION DE RIEGO BIBLIOTECA M.O.P.y T.

BIBLIOTECA IREN

6:311

L.M. N° /11632

1955

SANTIAGO, 9 de Noviembre de 1955.-

5937

SEÑOR DIRECTOR :

Tengo el agrado de remitir adjunto, en original y dos copias, el informe del Laboratorio sobre el Vertedero del Embalse Laguna del Maule.

Saluda atentamente a Ud.

PEDRO HIDALGO M.

AL SEÑOR DIRECTOR DE RIEGO
PRESENTE

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

MBC/MTS.

Esto hace funcionar el modelo con una desuniforme distribución de gasto en el umbral, lo que da lugar a la formación de ondas estacionarias en el estrechamiento parabólico y de un penacho en la pared del vertedero cercana al embalse.- Este penacho disminuye al colocar en el approach un montículo que desvíe el agua que llega al umbral por el lado del embalse, con lo que disminuye su velocidad y la influencia de la pared izquierda del estanque (mirando hacia aguas arriba).- No sería aventurado suponer que estas anomalías no se produzcan en el prototipo, debido a que el agua del embalse tendrá una velocidad inicial nula.- Para mayor seguridad se colocó en las paredes del embudo, a la cota de agua una moldura que sobresale 0.30 mts., la que anula completamente el efecto del penacho, según se demostró en el laboratorio.-

2.- CARACTERISTICAS DE LA SOLUCION ADOPTADA.-

Se conservó el estrechamiento parabólico de la primera modificación y las experiencias tendieron a fijar las condiciones del umbral y del radier para la definitiva.-

A pesar de que no se consiguió un escurrimiento completamente satisfactorio en la solución adoptada, se logró el objetivo principal de disminuir la carga a límites aceptables.-

El Vertedero es simétrico respecto al eje primitivo, que se mantiene sin modificaciones.-

El centro de coordenadas es el punto donde el eje del vertedero corta al paramento vertical del umbral; las abscisas se miden según este eje y las ordenadas perpendicularmente, según un plano horizontal.-

A.- UMBRAL.-

El umbral se compone de 3 arcos de círculo, que forman una elipse falsa, cuyo diámetro mayor es la tangente común a las parábolas del estrechamiento, perpendicular al eje del vertedero.-

A continuación se indican los datos del umbral.- Estos corresponden al paramento vertical del umbral.-

a) Circunferencia mayor

Radio $R_1 = 23,6$ m.

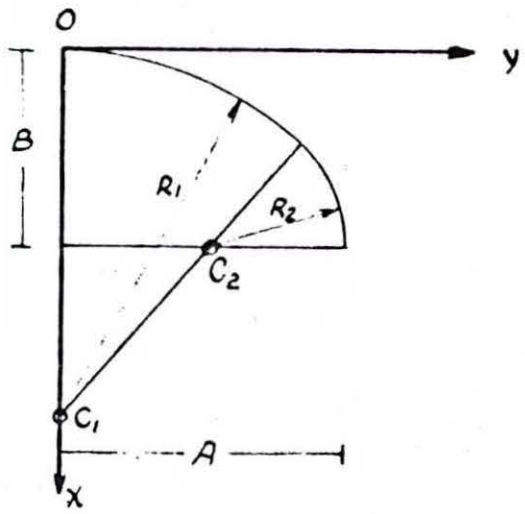
Centro $C_1 \begin{cases} x = 23,6 \\ y = 0,0 \end{cases}$

Ecuaciones

$$x = 23,6 - \sqrt{556,96 - y^2}$$

$$y = \sqrt{x^2 - 47,2x}$$

MBC/MES.



b) Circunferencia menor

Radio $R_2 = 9,2$ m.

Centro $C_2 \begin{cases} x = 12,8 \\ y = 9,55 \end{cases}$

Ecuaciones

$$\begin{cases} x = 12.8 - \sqrt{84,64 - (y - 9,55)^2} \\ y = 9,55 + \sqrt{84,64 - (x - 12,8)^2} \end{cases}$$

c) Elipse falsa

Semidiámetro mayor $A = 18,75$ m.
" menor $B = 12,8$ m.

d) Punto común de ambas circunsferencias

$$P \begin{cases} x = 5,958 \\ y = 15.613 \end{cases}$$

Intersecciones con el paramento vertical del umbral con el reticulado de referencia.

Perfiles Transversales

X	Y	
0.00	0.000	
0.66	5.542	
1.90	9.275	⊙ Mayor
3.15	11.779	
4.40	13.724	
5.65	15.324	
5.958	15.613	Punto común
6.90	16.608	
8.15	17.488	
9.39	18.095	⊙ Menor
10.64	18.493	
11.89	18.705	
12.80	18.750	

Perfiles Longitudinales

Perfil N°	Y	X	
0	0.00	0.000	
1	1.25	0.033	
2	2.50	0.133	
3	3.75	0.300	
4	5.00	0.535	
5	6.25	0.843	⊙ Mayor
6	7.50	1.223	
7	8.75	1.682	
8	10.00	2.245	
9	11.25	2.854	
10	12.50	3.583	
11	13.75	4.420	
12	15.00	5.408	
	15.613	5.958	Pto. común
13	16.25	6.493	
14	17.50	8.172	⊙ Menor
15	18.75	12.800	

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

MBC/MES.

B.- RADIER.-

El radier se compone de una superficie gausa (Km. 0.000 al 0.022,09) y de otra cilíndrica.- En esta última se conservan las cotas desde el Km. 0.033.33 (kilometraje antiguo), que corresponde al Km. 0.046.13 en nuestro actual sistema de coordenadas, hasta el colchón de agua.- Las modificaciones estudiadas en el radier fueron fijadas mediante un reticulado en el modelo, el que fué coordenado y nivelado.-

Considerando las conveniencias para un fácil replanteo en el terreno, con lo que se logran métodos de construcción más expeditos, se desechó el llegar a una expresión analítica del radier, de engorrosa aplicación por el número de ecuaciones necesarias, el alto grado de las mismas y el elevado número de dígitos que forman sus coeficientes, y se optó por un método gráfico para la fijación del radier.-

El método gráfico adoptado permite interpolaciones y determinación de cotas aproximadas al milímetro de manera sencilla y rápida.- Más adelante se darán los detalles.-

En el radier tenemos las siguientes secciones, bien diferenciadas:

a).- UMBRAL.-

Km.	Cota
0.000.00	27.420
03	482
07	510
13	537
23	564
33	581
43	592
53	598
66	27.600
83	595
1.03	584
1.23	560
1.43	520

Es una superficie de revolución cuya generatriz tabulada se incluye.- Los Km. corresponden al eje del vertedero. El 0,0 corresponde al paramento vertical del umbral y el 1,43 al punto de empalme con los demás puntos del radier.- Los radios de giro para el punto 0.0 son los designados por R_1 y R_2 en la elipse falsa del umbral.- El punto de abscisa 0.000.66 corresponde a la cresta del umbral con cota 2.227.60.- Esta tabla permite hacer la plantilla sin necesidad de otros puntos intermedios.-

b).- SECCION I.-

Se ha designado así la zona desde el umbral hasta el Km. 0.0[illegible], en que las aguas se preparan para entrar al estrechamiento parabólico.- Esta zona [illegible] para evitar grandes velocidades en la entrada del estrechamiento, las que producen penachos y ondas estacionarias.-

A continuación se incluyen las cotas del reticulado de referencia.- Este cuadro sirve para obtener perfiles longitudinales o transversales, según se consideren separadamente sus columnas o líneas.-

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

MBC/MTS.

En el gráfico de la Sección I del radier las cotas están referidas a un plano oblicuo de ecuación

Cota = z = 0.06 (13,13-x) + 26.600

Se logra con esto mayor precisión en la determinación de las cotas, conservando el dibujo dimensiones manuables.-

Cabe hacer notar que en este gráfico los puntos hipsométricos están sobre rectas paralelas a las líneas de referencia dibujadas.- Hay dos de estas líneas hipsométricas dibujadas: una corresponde a la cresta del vertedero (cota 27.600) y la otra a los puntos de cota 27.520, que indica el fin de la curva común del perfil octogonal en el vertedero (rodón), a 1.43 mts. del paramento vertical, medidos según el radio correspondiente.-

Las ordenadas de este gráfico indican diferencias de cotas, entre las del vertedero y las del plano de referencia.-

Veamos unos ejemplos que aclaren el uso de este gráfico.-

1.- Determinar la cota en el perfil longitudinal (3) para la abscisa 5.65.-

Tenemos que la cota del plano de referencia para x = 5,65 es z = 0.06(13.13-5.65)+26.600 = 27.049.-

Según el gráfico, la ordenada del perfil (3) para x = 5.65 es 0.215, luego la cota buscada vale 27.049 + 0.215 = 27.264.-

2.- Determinar la abscisa del punto de cota 27.200 en el perfil (4).-

Se calcula primeramente la abscisa del plano de referencia que tenga como cota la propuesta.-

Esto equivale a resolver la ecuación lineal

27.200 = 0.06 (13.13-x) + 26.600

que da

x = 3.13

Se traza entonces, por el punto del gráfico de abscisa 3.13 y ordenada 0, una paralela a la recta de referencia.- Se encuentra que la intersección con el perfil (4) tiene como abscisa x = 6.90, que es el dato buscado.- Las intersecciones de esta recta con los otros perfiles nos dan las coordenadas de los otros puntos de la misma cota, con lo que podría determinarse la curva de nivel.-

c).- ENLACE ENTRE SECCION I Y II DEL RADIER.-

Junto con el estrechamiento parabólico se produce el comienzo de una pendiente fuerte: el rápido hasta el colchón de agua.-

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

MBC/MES.

Las curvas de enlace para los perfiles longitudinales van tabuladas a continuación.- Van desde el Km. 0.012.20 al 0.013.30, y las abscisas varían cada 0.10 m. para que puedan hacerse las plantillas sin necesidad de interpolaciones.-

d.- SECCION II.-

Hemos designado por Sección II del radier la parte de la superficie gausa que se desarrolla entre Km. 0.012.80 y 0.022.09, esto es, entre las paredes parabólicas.- La superficie gausa del radier se transforma en cilíndrica, de generatriz paralela al eje "y",

Se incluye el cuadro de cotas, igual que en la sección I, y se agregan las intersecciones con las paredes de los perfiles transversales y de los longitudinales.-

El gráfico de esta sección es de características similares al hecho para la Sección I, con la diferencia, que esta vez el plano de referencia tiene por ecuación

$$\text{Cota} = z = 0.5\,(22{,}13 - x) + 22.000$$

Salvo esta diferencia su uso es igual al anterior.-

e.- Radier cilíndrico.-

Como ya dijimos, el radier desde Km. 0.022.09 al 0.046.13 es cilíndrico de generatriz paralela al eje "y".- Desde el Km. 0.046.13 sigue el proyecto primitivo el radier, con pendiente uniforme de 0.1195, hasta el enlace parabólico del rápido de descarga.-

La parábola lateral termina en el Km. 0.046.867, y = 3.192, cota 2.215.884, donde empalma con paredes rectas que corresponden a la ecuación

$$y = 0.05538\,x + 0.597$$

El rápido de descarga termina en Km. 0.169,8 con 2y = 20.00.-

Los datos correspondientes al kilometraje antiguo son:

Fin del radier modificado Km. 0.033.33

Fin de la parábola del embudo Km. 0.034.067.-

Ecuación de la recta de pared $y = 0.05538x + 1.305$

El cuadro con las coordenadas del radier cilíndrico contiene los puntos en que los perfiles longitudinales (3) y (4) cortan la parábola lateral.-

Las ecuaciones de la parábola, referidas a nuestro actual sistema de coordenadas, son

$$x = 12.800 + (5.244 - 1.354\sqrt{y-3})^2$$

[illegible]

A N E X O S :

Se acompañan los siguientes anexos:

1) Cuadro Radier - Sección I
2) Cuadro Curva de enlace
3) Cuadro Radier Sección II
4) Cuadro Radier cilíndrico
5) Gráfico Radier Sección I
6) Gráfico Radier Sección II
7) Plano de planta Escala 1:200
8) Perfiles transversales del radier.

SANTIAGO, 9 de Noviembre de 1955.-

J. Hidalgo J. Dragado

PERFILES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

Perfil Long. N°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Cota d refere
X \ Y	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00	16.25	17.50	-
0.00	27.420															
0.66	27.600															
1.43	27.520															
1.90	27.450	27.460	27.471	27.492	27.540	27.584	27.600									27.27
3.15	27.387	27.392	27.401	27.412	27.425	27.441	27.465	27.530	27.593							27.19
4.40	27.317	27.322	27.329	27.339	27.353	27.371	27.396	27.428	27.462	27.530	27.598					27.12
5.65	27.243	27.248	27.256	27.264	27.278	27.297	27.324	27.356	27.389	27.432	27.477	27.584				27.04
6.90	27.167	27.173	27.178	27.186	27.200	27.219	27.247	27.279	27.315	27.357	27.405	27.452	27.565			26.97
8.15	27.088	27.093	27.099	27.106	27.119	27.138	27.164	27.196	27.232	27.276	27.330	27.385	27.449	27.579		26.89
9.39	27.005	27.010	27.016	27.023	27.036	27.053	27.078	27.105	27.140	27.186	27.239	27.307	27.375	27.477		26.82
10.64	26.920	26.925	26.931	26.938	26.950	26.965	26.984	27.009	27.040	27.083	27.140	27.212	27.295	27.413	27.583	26.74
11.89	26.832	26.837	26.843	26.850	26.860	26.870	26.885	26.905	26.931	26.967	27.016	27.093	27.191	27.345	27.552	26.67
13.20	26.805	26.808	26.813	26.820	26.829	26.840	26.854	26.871	26.896	26.931	26.978	27.058	27.159			26.65

NOTA : Para interpolaciones ver gráfico de esta sección.-
Las cotas están referidas al plano 2.200 .-

Los puntos subrayados con rojo están sobre el umoral

7-7

(CGF.

CURVAS DE ENLACE ENTRE SECCIONES I Y II

DEL RADIER.-

Perf.long. X / N°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12.20	26.805	26.808	26.813	26.820	26.829	26.840	26.854	26.871	26.896	26.931	26.978	27.058	27.159
12.30	26.796	26.799	26.803	26.810	26.818	26.829	26.842	26.859	26.884	26.918	26.965	27.046	27.147
12.40	26.787	26.790	26.793	26.799	26.807	26.817	26.830	26.847	26.871	26.905	26.952	27.033	27.135
12.50	26.776	26.779	26.782	26.788	26.795	26.805	26.817	26.835	26.859	26.892	26.939	27.020	27.123
12.60	26.762	26.765	26.768	26.774	26.782	26.792	26.802	26.823	26.846	26.879	26.926	27.008	27.112
12.70	26.744	26.747	26.750	26.756	26.764	26.774	26.786	26.807	26.832	26.866	26.914	26.995	27.101
12.80	26.721	26.725	26.729	26.734	26.742	26.751	26.765	26.785	26.817	26.853	26.902	26.982	27.089
12.90	26.692	26.696	26.700	26.706	26.714	26.724	26.738	26.760	26.794	26.836	26.889	26.970	27.078
13.00	26.656	26.660	26.664	26.670	26.678	26.689	26.706	26.730	26.767	26.814	26.874	26.956	27.064
13.11	26.610	26.614	26.618	26.624	26.632	26.644	26.664	26.691	26.730	26.782	26.850	26.934	27.040
13.20	26.567	26.571	26.576	26.583	26.591	26.605	26.627	26.654	26.695	26.750	26.818	26.903	
13.30	26.520	26.525	26.529	26.536	26.546	26.561	26.584	26.612	26.655	26.712	26.780	26.866	

PERFILES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES Y SUS INTERSECCIONES CON LAS PAREDES.-

Perfil Nº	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Y	COTA
X \ Y	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00	16.25	17.50		
12.80	6.721	6.725	6.729	6.734	6.742	6.751	6.765	6.785	6.817	6.853	6.902	6.982	7.089	7.285	7.542	18.000	27.597
13.11	6.610	6.614	6.618	6.624	6.632	6.644	6.664	6.691	6.730	6.782	6.850	6.934				14.984	27.040
14.24	6.068	6.072	6.077	6.087	6.103	6.125	6.155	6.189	6.235	6.290						11.918	26.321
15.37	5.512	5.516	5.523	5.535	5.555	5.582	5.616	5.655	5.697							10.238	25.705
16.48	4.960	4.965	4.973	4.986	5.007	5.038	5.076	5.117								9.044	25.126
17.61	4.391	4.398	4.405	4.420	4.442	4.475	4.516									8.078	24.536
18.73	3.819	3.825	3.834	3.849	3.872	3.908										7.304	23.947
19.84	3.250	3.254	3.262	3.277	3.300	3.334										6.660	23.350
20.95	2.685	2.689	2.696	2.707	2.723											6.115	22.748
22.09	2.150	2.150	2.150	2.150	2.150											5.669	22.150
X						20.662	18.426	16.788	15.599	14.683	13.947	13.316	13.107	12.899		Intersecciones con Lateral	
Cota						22.899	24.139	25.066	25.805	26.102	26.491	26.805	27.011	27.276			

NOTA : Para interpolaciones ver gráfico de esta sección.-
Las cotas están referidas al plano 2.220.-

R A D I E R - C I L I N D R I C O

	X	Y	COTA
	22.09	5.029	22.150
	23.25	5.215	21.645
(4)	23.882	5.000	21.369
	24.39	4.844	21.179
	25.54	4.533	20.687
	26.68	4.260	20.245
	27.87	4.009	19.795
	29.04	3.802	19.382
(3)	29.373	3.75	19.268
	30.24	3.622	18.993
	31.43	3.469	18.621
	32.64	3.339	18.282

X	Y	COTA	
33.84	3.235	17.970	
35.05	3.153	17.684	
36.26	3.087	17.427	
37.48	3.044	17.197	
38.71	3.001	16.984	
39.94	3.000	16.790	
41.17	3.001	16.616	
42.43	3.022	16.441	
43.69	3.059	16.279	
44.92	3.094	16.125	
46.13	3.137	15.972	*
46.67	3.192	15.884	*

NOTA: Los puntos (*) pertenecen al radier primitivo.-

BIBLIOTECA IREN