

## ANÁLISIS DE UNA COMPUERTA PLANA CON VERTIMIENTO SUPERIOR, NO AIREADA Y CON RESALTO RECHAZADO

ALBERTO SEPÚLVEDA VERA  
Santiago, Chile

### I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las definiciones de la Figura 1 se puede escribir:

$$C_c = \frac{h'}{a}, \text{ coeficiente de contracción del orificio} \quad (1)$$

$$m = \frac{q_a}{a\sqrt{2gh}}, \text{ coeficiente de gasto del orificio} \quad (2)$$

$$m_v = \frac{q_v}{h_v\sqrt{2gh_v}}, \text{ coeficiente de gasto del vertedero} \quad (3)$$

La sección 1 corresponde a la zona de aguas arriba, donde ha terminado la influencia de la singularidad, que significa la compuerta para el escurrimiento. En ella se cumple la ley hidrostática de presiones.

La sección 2 corresponde a la zona de aguas abajo, donde ha terminado la influencia de la singularidad, existiendo en ella paralelismo de filetes, o sea, se cumple también la ley hidrostática de presiones.

La sección 3 corresponde a la sección de la vena contraída que se produce aguas abajo del orificio de la compuerta, y en ella se cumplen, simultáneamente, dos condiciones: ley hidrostática de presiones y campo uniforme de velocidades.



Otras relaciones que se cumplen son:

$$q = q_a + q_v \quad \text{caudal total} \quad (4)$$

$$h_v = h_1 - e \quad (5)$$

$$h = B_1 - h_3 \quad (6)$$

$$h' = C_c \cdot a \quad (7)$$

## 2. ANÁLISIS DIMENSIONAL

El fenómeno en estudio queda definido por el siguiente conjunto de variables dimensionales:

$$f(\rho, \mu, g, q, a, e, h_1) = 0 \quad (8)$$

En la Hidráulica la tríada generatriz de parámetros adimensionales es de la forma:  $[\rho, V, d]$ .

$\rho$  : masa específica del fluido

$V$  (o  $q$ ) : variable dinámica

$D$  : variable geométrica característica de la singularidad en estudio.

Eligiendo como tríada generatriz  $(\rho, q, e)$  y aplicando el Teorema II (o de Vaschy-Buckingham) del Análisis Dimensional, se obtiene:

$$\Pi_1 = q/\nu = \text{Re} \quad \text{Número de Reynolds}$$

$$\Pi_2 = e/a \quad \text{Factor de forma de la singularidad}$$

$$\Pi_3 = \frac{q}{e\sqrt{ge}} \quad \text{Número de Froude de la singularidad}$$

$$\Pi_4 = h_1/e$$

Como

$$h_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad \text{podemos escribir } \Pi_3 = \frac{e}{h_c}$$

Obtíenese la siguiente relación funcional:

$$h_1/e = \phi_1 (R_e, e/h_c, e/a) \quad (9)$$

En forma análoga se puede obtener:

$$\frac{h_2}{e} = \phi_2 (R_e, e/h_c, e/a) \quad (10)$$

$$\frac{q_a}{q} = \phi_3 (R_e, e/h_c, e/a) \quad (11)$$

$$y \quad \frac{h}{e} = \phi_4 (R_e, e/h_c, e/a) \quad (12)$$

### 3. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

#### 3.1. Antecedentes teóricos

Este estudio se puede abordar mediante las siguientes relaciones:

$$q_v = m_v h_v \sqrt{2gh_v} = m_v (h_1 - e) \sqrt{2g(h_1 - e)} \quad (13)$$

$$q_a = m a \sqrt{2g(B_1 - h_3)} = m a \sqrt{2gh} \quad (14)$$

$$\text{donde } m_v = f(h_v, e) \quad (15)$$

$$m = f(R_e, h/a) \quad (16)$$

$$\frac{g}{2} (h_3^2 - h_2^2) = \frac{q^2}{h_2} - \frac{q_a^2}{C_c \cdot a} \quad (17)$$

$$\text{donde } C_c = f(R_e, h/a) \quad (18)$$

$$y \quad q = q_a + q_v \quad (19)$$

La ecuación (17) corresponde a una ecuación simplificada, de la Cantidad de Movimiento, entre las secciones (2) y (3), para el caso de una napa perfectamente aireada.

Luego, el problema, para el caso de napa aireada, se puede resolver conociendo las relaciones (15), (16) y (18).

Para los coeficientes de gasto del vertedero superior, se pueden emplear los de Bazin (1888), los de C. Patrickson y C. Alfaro (1962), los de Rehbock (1929) [1]. Según el último de los nombrados:

$$m_v = (2/3) \left( 0,6035 + 0,0813 \frac{h_1 - e}{e} + \frac{0,00009}{e} \right) \left( 1 + \frac{0,0011}{h_1 - e} \right) \quad (20)$$

Para los coeficientes de gasto del orificio de la compuerta se pueden usar los de Sepúlveda y Kremer (1983).

En el caso de napas no aireadas no existen antecedentes suficientes para resolver el problema, razón por la cual J. Gorodischer y J. Cases (1970) realizaron un estudio experimental para el caso de napa deprimida (no aireada), cuyos principales resultados fueron presentados por F.J. Domínguez (1971).

### 3.2. Antecedentes experimentales

#### 3.2.1 L. Escandé (1951)

Estudió la determinación del caudal total que pasa, para el caso de napa perfectamente aireada, con resalto rechazado, obteniendo la siguiente relación:

$$q = 0,43(h_1 - e) \sqrt{2g \left[ (h_1 - e) + \frac{q^2}{2g h_1^2} \right]} + 0,625 a \sqrt{2g \left[ h_1 + \frac{q^2}{2g h_1^2} - 0,625 a - 1,2 (h_1 - e) \right]} \quad (21)$$

obtenida de ensayos realizados tanto en un canal de laboratorio (de ancho 70 cm y caudales hasta 500 lt/s), como en un gran canal (de 117 m de largo, 4 m de ancho, 4,20 m de altura y caudales hasta 17 m cúbicos por segundo). El caudal de la ecuación (20) tiene una precisión del orden de 2 a 3%, según Escandé.

Escandé pone en evidencia un fenómeno alternativo de la napa que vierte, extremadamente peligroso, en el caso en que la aireación en la sección (3) se suprima o simplemente sea insuficiente.

Este fenómeno se produciría para:

$$\frac{e - a}{h_1} < 0,60 \quad (22)$$

Para la sección (3) se obtuvo:

$$h_3 = 0,625 a + 1,2 (h_1 - e) \quad (23)$$

#### 3.2.2 J. Gorodischer y J. Cases (1970)

Realizaron 200 experiencias, de las cuales 41 son de resalto rechazado, las

TABLA N° 1

ENSAYO N°	e (cm)	a (cm)	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	h <sub>3</sub> (cm)	d (cm)	Q (lt/s)	q <sub>a</sub> /q
2	45	2	47,80	2,50	3,94	50,0	18,18	0,550
3		2	50,22	3,55	7,34	70,0	23,33	0,429
198		4	49,95	4,35	12,34	60,0	37,82	0,730
20		4	54,90	5,85	20,44	70,0	50,91	0,495
25		4	59,35	8,05	29,74	80,0	76,06	0,355
30		6	49,99	5,45	12,44	70,0	48,51	0,818
35		6	54,65	7,25	21,04	70,0	62,44	0,605
40		6	59,39	8,40	27,24	100,0	89,16	0,505
55		8	49,87	7,35	14,44	70,0	62,88	0,805
60		8	54,54	8,35	22,69	70,0	77,58	0,675
65		8	58,15	9,35	27,34	70,0	96,87	0,583
45		10	49,82	8,25	13,42	100,0	75,71	0,865
50		10	54,45	9,25	24,13	100,0	88,10	0,682
121	30	2	33,01	2,90	4,04	35,0	15,93	0,734
126		2	34,91	3,65	7,39	35,0	20,12	0,567
131		2	39,75	4,47	15,44	100,0	35,92	0,301
107		4	34,77	4,70	9,14	70,0	30,42	0,690
112		4	39,35	6,25	21,24	70,0	46,21	0,430
117		4	44,10	8,05	21,94	70,0	66,78	0,313
95		6	34,70	5,55	13,04	70,0	40,84	0,732
99		6	39,26	6,95	24,04	70,0	55,60	0,511
103		6	43,80	9,05	23,44	70,0	79,00	0,382

Variables dimensionales de los ensayos de Gorodischer y Cases, obtenidas a partir de un reproceso de las medidas de ejes hidráulicos y de ejes peizométricos, para el caso de resalto alejado.

cuales interesan para el presente estudio. En las tablas 1 y 2 se han tabulado las variables dimensionales de dichos ensayos (napa no aireada), obtenidas mediante un reproceso de las medidas de ejes hidráulicos y piezométricos. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Chile, en un canal de 39,9 cm de ancho, con caudales hasta 101 lt/s.

Las condiciones experimentales son las combinaciones de las variables que se muestran en el cuadro adjunto:

$e - a$ (cm)	$a$ (cm)	$h_v$ (cm)
20	2	3
30	4	5
45	6	10
	8	15
	10	

con lo que resulta un total de 45 experiencias (se eliminaron 2 de ellas debido a errores evidentes).

Gorodischer y Cases encontraron que la ecuación (21) se cumplió en un 91% de los ensayos (resalto alejado con napa ahogada).

#### 4. ESTUDIO DE LÍMITES

En el caso en que se considera que no hay influencia del Número de Reynolds las ecuaciones (9) a (12) quedan:

$$\begin{array}{ll} h_1/e = \phi'_1 (e/a, e/h_c) & (9') \\ h_2/e = \phi'_2 (e/a, e/h_c) & (10') \\ o \quad h_2/a = \phi''_2 (e/a, e/h_c) & (10'') \\ q_a/q = \phi'_3 (e/a, e/h_c) & (11') \\ y \quad h_3/e = \phi'_4 (e/a, e/h_c) & (12') \end{array}$$

4.1. Analizaremos ahora qué sucede cuando  $h_1 = e$ , o sea que sólo funciona el orificio de fondo.

4.1.1 Valor de  $e/h_c$  en el límite ( $h_1 = e$ ):

$$\text{Con } e/h_c = e/(q^2/g)^{1/3}$$

$$y \quad q = C_d a \sqrt{2g h_1} = C_d a \sqrt{2g e}$$

se puede demostrar que:

$$e/h_c = \left( \frac{e/a}{\sqrt{2'} C_d} \right)^{2/3} \quad (24)$$

4.1.2 Valor de  $h_1/h_2$  en el límite ( $h_1 = e$  y  $h_2 = h_3 = C_c \cdot a$ ):

$$\text{Con } h_1 = e \text{ y } h_2 = h_3 = C_c \cdot a$$

se obtiene inmediatamente:

$$h_1/h_2 = \frac{e/a}{C_c} \quad (25)$$

Análogamente se obtiene:

$$h_2/e = h_3/e = \frac{C_c}{e/a} = h_2/h_1 \quad (26)$$

4.2. Veamos ahora qué sucede cuando la relación  $e/h_1$  tiende a cero, o sea, cuando  $h_v$  tiende al infinito.

$$\begin{aligned} \text{En este caso } e/h_c &\rightarrow 0 \\ \text{y } q_a/q &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

para cualquier valor de  $e/a$ .

## 5. ANÁLISIS DE LA EXPERIMENTACIÓN DE GORODISCHER Y CASES

Como se dijo en 3.2.2 se efectuó un reproceso de las medidas experimentales de Gorodischer y Cases, relativas a ejes hidráulicos y piezométricos, para obtener los valores de  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  y  $d$ , que se muestran en las tablas 1 y 2. A partir de estos datos se calcularon los diversos parámetros adimensionales que se muestran en las tablas 3 y 4.

Para el caso límite en que  $h_1 = e$ , o sea, que funciona sólo como compuerta de fondo, se calcularon los parámetros adimensionales que se han tabulado en la tabla 5.



TABLA N° 2

ENSAYO N°	e (cm)	a (cm)	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	h <sub>3</sub> (cm)	d (cm)	Q (lt/s)	q <sub>a</sub> /q
69	30	8	34,63	6,50	13,43	25,0	49,31	0,817
74		8	39,09	8,90	20,93	30,0	62,89	0,601
79		8	43,50	10,85	27,44	70,0	101,03	0,471
83		10	34,47	7,80	14,13	80,0	61,40	0,885
87		10	38,91	8,85	15,22	80,0	74,11	0,672
91		10	42,38	11,25	25,72	90,0	98,84	0,546
136	20	2	23,08	2,85	4,79	30,0	14,11	0,652
141		2	24,95	3,20	8,54	30,0	18,21	0,483
146		2	29,55	5,00	13,64	50,0	34,69	0,254
150		4	24,72	4,50	9,84	35,0	26,29	0,612
155		4	29,36	6,25	15,54	70,0	43,65	0,376
159		4	33,98	9,65	17,39	80,0	64,65	0,262
163		6	24,75	5,20	10,54	30,0	33,54	0,739
167		6	28,95	7,55	18,24	50,0	51,34	0,471
171		6	33,35	11,40	20,34	60,0	74,66	0,315
186		8	24,45	5,90	15,89	20,0	40,40	0,891
190		8	28,85	9,00	20,89	50,0	59,59	0,544
194		8	33,05	13,05	23,54	100,0	80,93	0,363
175		10	24,30	7,35	16,39	30,0	47,75	0,869
178		10	28,40	11,35	21,24	40,0	66,40	0,634
182		10	32,60	14,95	24,24	50,0	93,47	0,415

Variables dimensionales de los ensayos de Gorodischer y Cases, obtenidas a partir de un reproceso de las medidas de ejes hidráulicos y de ejes piezométricos, para el caso de resalto alejado.

TABLA N° 3

N°	e/a	e/h <sub>c</sub>	h <sub>1</sub> /e	h <sub>2</sub> /e	h <sub>3</sub> /e	h <sub>2</sub> /a	h <sub>3</sub> /a	q <sub>1</sub> /q	ENSAYO N°
1	22,50	7,55	1,062	0,0556	0,0876	1,251	0,550		2
2		6,39	1,116	0,0789	0,1631	1,775	0,429		3
3	15,00	5,50	1,100	0,0967	0,1347	1,451	0,734		121
4		4,71	1,164	0,1217	0,2463	1,825	0,567		126
5		3,20	1,325	0,1490	0,5147	2,235	0,301		131
6	11,25	4,63	1,110	0,0967	0,2742	1,088	0,730		198
7		3,80	1,220	0,1300	0,4542	1,462	0,495		20
8		2,91	1,319	0,1789	0,6609	2,013	0,355		25
9	10,00	3,98	1,154	0,1425	0,2395	1,425	0,652		136
10		3,35	1,248	0,1600	0,4270	1,600	0,483		141
11		2,18	1,478	0,2500	0,6820	2,500	0,254		146
12	7,50	3,93	1,111	0,1211	0,2764	0,908	0,818		30
13		3,57	1,159	0,1567	0,3047	1,175	0,690		107
14		3,32	1,214	0,1611	0,4676	1,208	0,605		35
15		2,70	1,312	0,2167	0,7080	1,625	0,435		112
16		2,62	1,320	0,1867	0,6053	1,400	0,505		40
17		2,12	1,470	0,2683	0,7313	2,012	0,313		117
18	5,62	3,30	1,108	0,1633	0,3209	0,919	0,805		55
19		2,87	1,212	0,1856	0,5042	1,044	0,675		60
20		2,48	1,292	0,2078	0,6076	1,169	0,583		65

Parámetros adimensionales de los ensayos con resalto alejado (Gorodischer y Cases).

TABLA N° 4

N°	e/a	e/h <sub>c</sub>	h <sub>1</sub> /e	h <sub>2</sub> /e	h <sub>3</sub> /e	h <sub>2</sub> /a	q <sub>d</sub> /q	ENSAYO N°
21	5,00	2,94	1,157	0,1850	0,4347	0,925	0,732	95
22		2,63	1,236	0,2250	0,4920	1,125	0,612	150
23		2,39	1,309	0,2317	0,8013	1,159	0,511	99
24		1,89	1,460	0,3017	0,7813	1,509	0,382	103
25		1,87	1,468	0,3125	0,7770	1,562	0,376	155
26		1,44	1,699	0,4825	0,8695	2,412	0,262	159
27	4,50	2,92	1,107	0,1833	0,2982	0,825	0,865	45
28		2,64	1,210	0,2056	0,5362	0,925	0,682	50
29		2,58	1,154	0,2167	0,4477	0,813	0,817	69
30	3,75	2,20	1,303	0,2967	0,6977	1,113	0,601	74
31		1,60	1,450	0,3617	0,9147	1,356	0,471	79
32	3,33	2,23	1,238	0,2600	0,5270	0,867	0,739	163
33		1,68	1,448	0,3775	0,9120	1,258	0,471	167
34		1,31	1,668	0,5700	1,0170	1,900	0,315	171
35	3,00	2,24	1,149	0,2600	0,4710	0,780	0,885	83
36		1,97	1,297	0,2950	0,5073	0,885	0,672	87
37		1,63	1,413	0,3750	0,8573	1,125	0,546	91
38	2,50	1,97	1,222	0,2950	0,7945	0,738	0,891	186
39		1,52	1,442	0,4500	1,0445	1,125	0,544	190
40		1,24	1,652	0,6525	1,1770	1,631	0,363	194
41	2,00	1,76	1,215	0,3675	0,8195	0,735	0,869	175
42		1,41	1,420	0,5675	1,0620	1,135	0,634	178
43		1,13	1,630	0,7475	1,2120	1,495	0,415	182

Parámetros adimensionales de los ensayos con resalto alejado (Gorodischer y Cases).

TABLA N° 5

$\frac{e}{a} = \frac{h_1}{a}$	$q_d/q$	$C_c = \frac{h_2}{a}$ (1)	$C_d$ (2)	$e/h_c$ (3)	$\frac{h_2}{e} = \frac{h_3}{e}$ (4)	$h_1/h_2$ (5)
22,50	1,000	0,642	0,601	8,88	0,0285	35,05
15,00		640	596	6,82	0427	23,44
11,25		638	591	5,66	0567	17,63
10,00		636	589	5,24	0636	15,72
7,50		633	583	4,36	0844	11,85
5,62		628	575	3,63	1117	8,95
5,00		626	570	3,38	1252	7,99
4,50		625	567	3,16	1389	7,20
3,75		623	557	2,83	1661	6,02
3,33		622	553	2,63	1868	5,36
3,00		620	548	2,46	2067	4,84
2,50		616	542	2,20	2464	4,06
2,00		614	531	1,92	3070	3,26

Parámetros adimensionales calculados para la condición límite  $e = h_1$ .

(1) y (2) según Sepúlveda (1983), para el caso en que no hay influencia del Número de Reynolds.

(3) de la ecuación (24).

(4) y (5) de las ecuaciones (26) y (25), respectivamente.

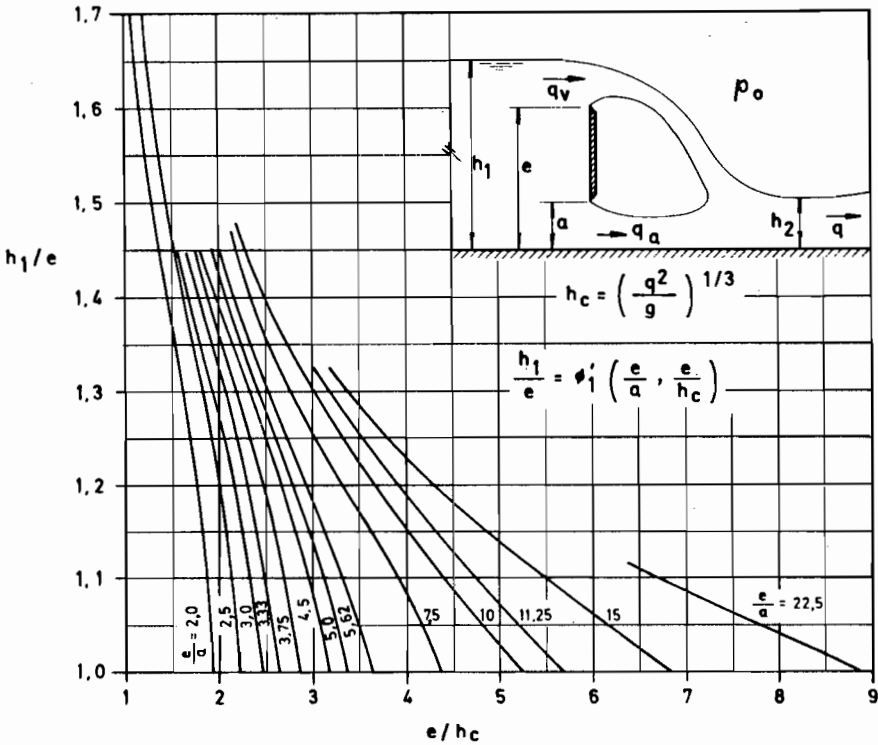


Fig. 2

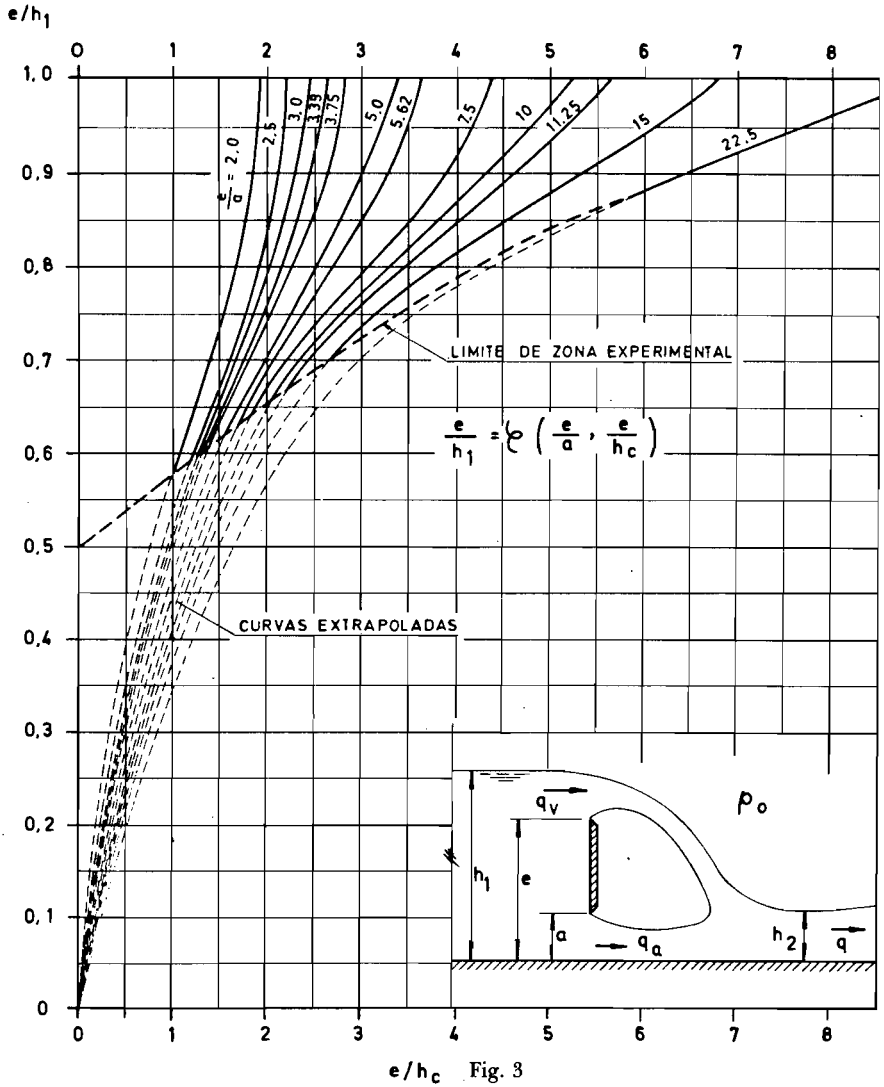
5.1. Análisis de la función  $h_1/e$

En la figura N° 2 se ha graficado la variable adimensional  $h_1/e$ , en función de los parámetros adimensionales  $e/h_c$  y  $e/a$ . Estas curvas se han extrapolado hasta  $h_1 = e$ , empleando los valores calculados en la tabla N° 5.

Con el objeto de analizar la tendencia de estas curvas cuando  $h_1/e$  tiende a infinito, se ha dibujado la figura N° 3, en la que se ha llevado en ordenada la variable  $e/h_1$ , extrapolándose las curvas fuera de la zona experimental.

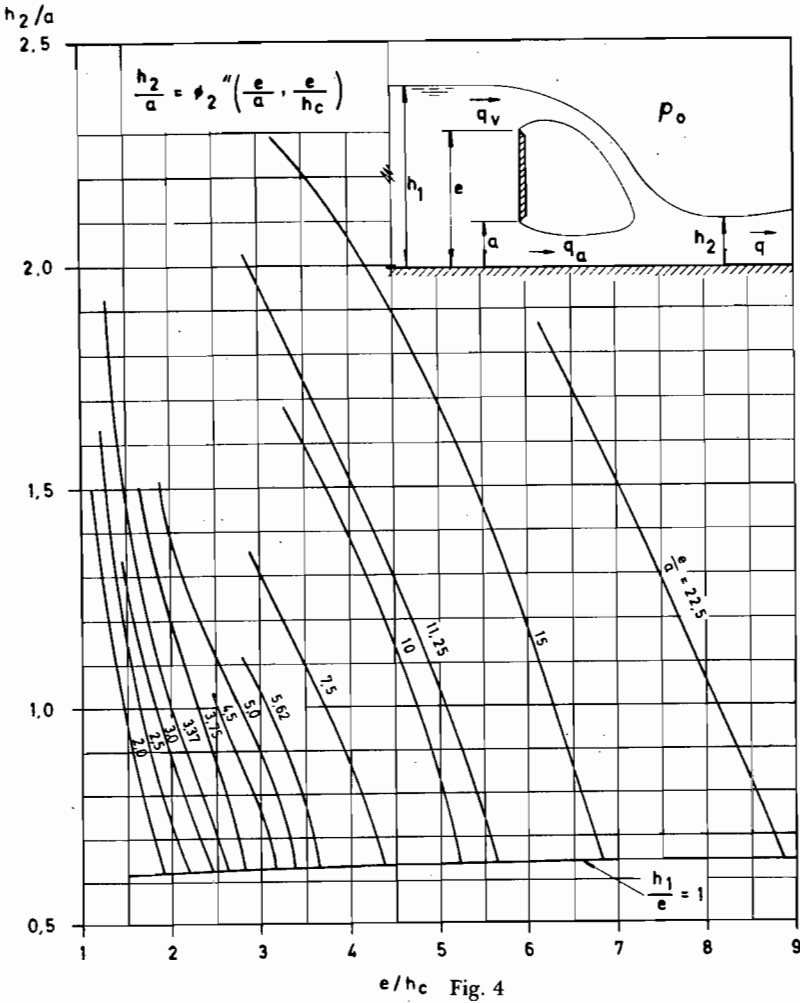
5.2. Análisis de la función  $h_2/a$

En la figura N° 4 se ha dibujado esta función. Se encontró que la variable adimensional  $h_2/a$  representa mejor el fenómeno que  $h_2/e$ . En este caso no



existe una tendencia tan definida como en las 2 figuras anteriores, para cuando  $h_1$  tiende a infinito.

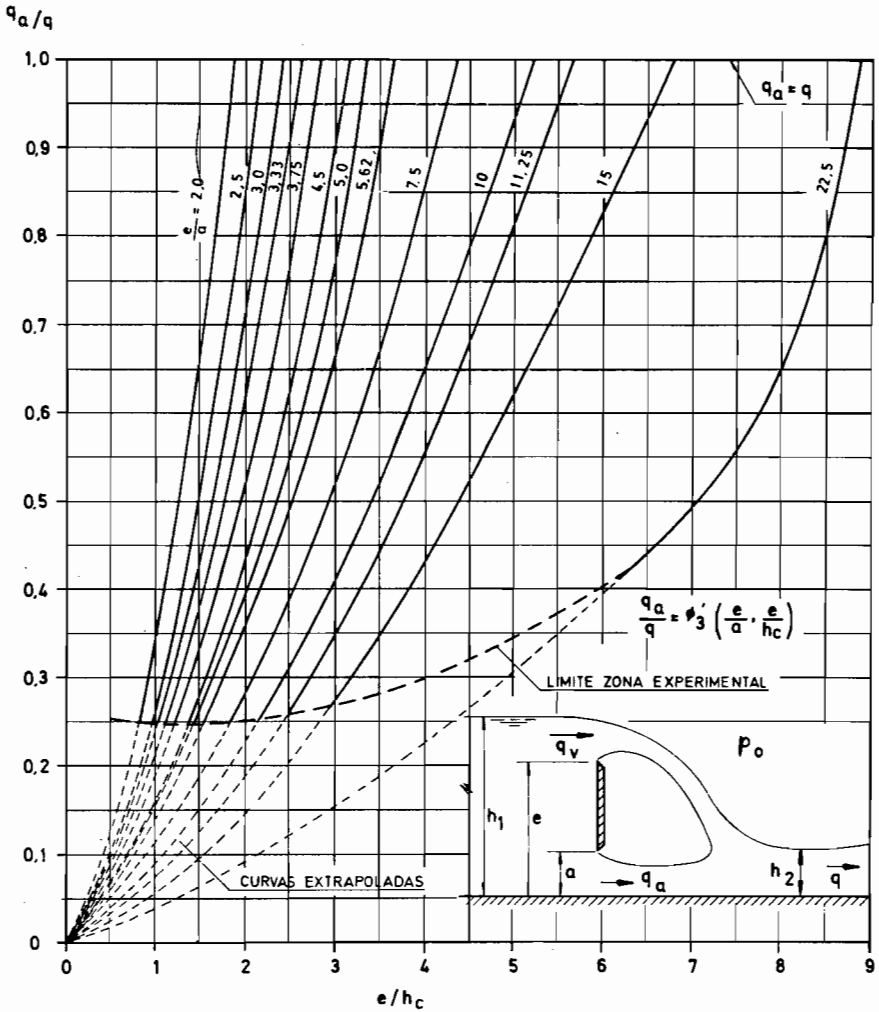
La curva limite para  $h_1 = e$  corresponde a  $h_2/a = C_c$ , siendo  $C_c$  el



coeficiente de contracción de la compuerta plana sin vertimiento superior.

### 5.3. Análisis de la función $q_a/q$

En la figura N° 5 se ha graficado la variable adimensional  $q_a/q$  en función



PROYECTO COLBUN DESCRIPTIVO GENERAL

Fig. 5

de los parámetros adimensionales  $e/h_c$  y  $e/a$ . Las curvas se han extrapolado hasta  $h_1 = e$  (o  $q_a = q$ ) y hasta  $q_a/q = 0$ .

5.4. Análisis de la función  $h_3/e$

En la figura N° 6 se ha dibujado esta función. En dicha figura se ha



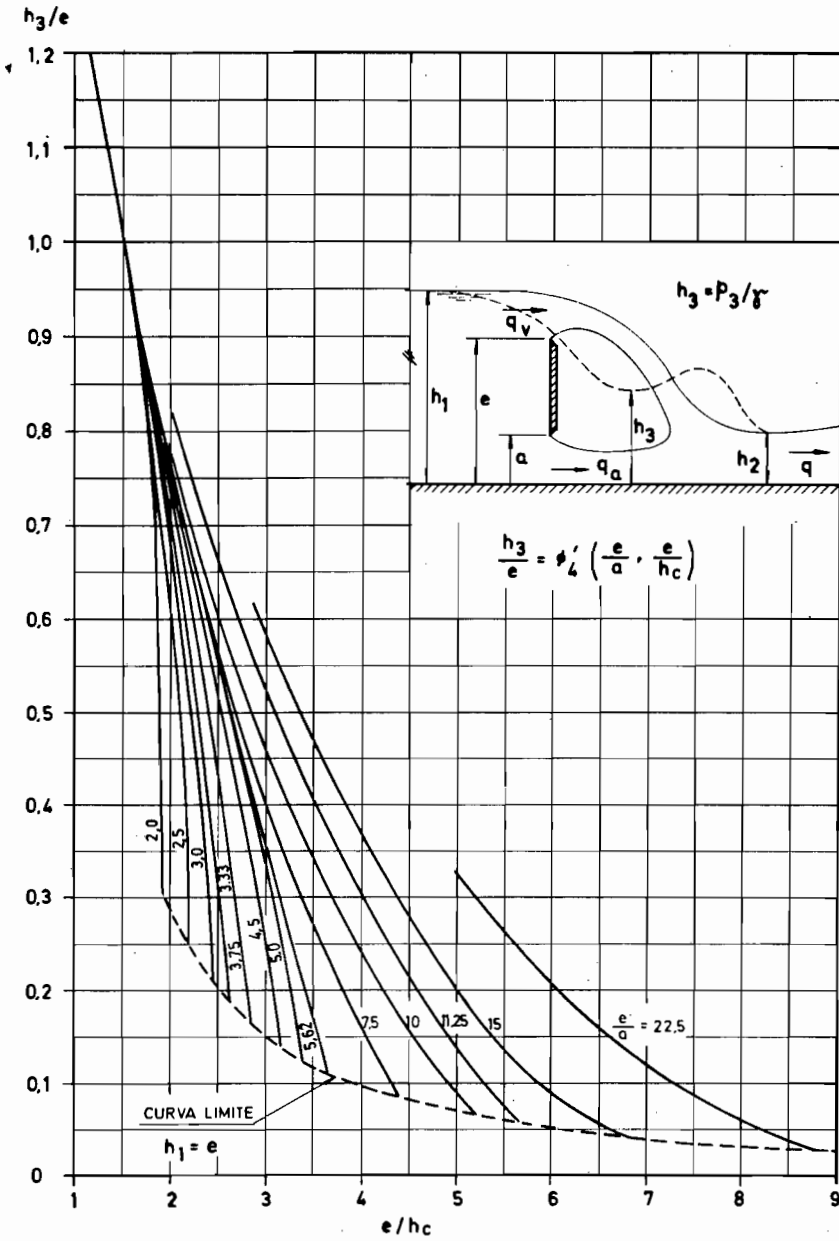
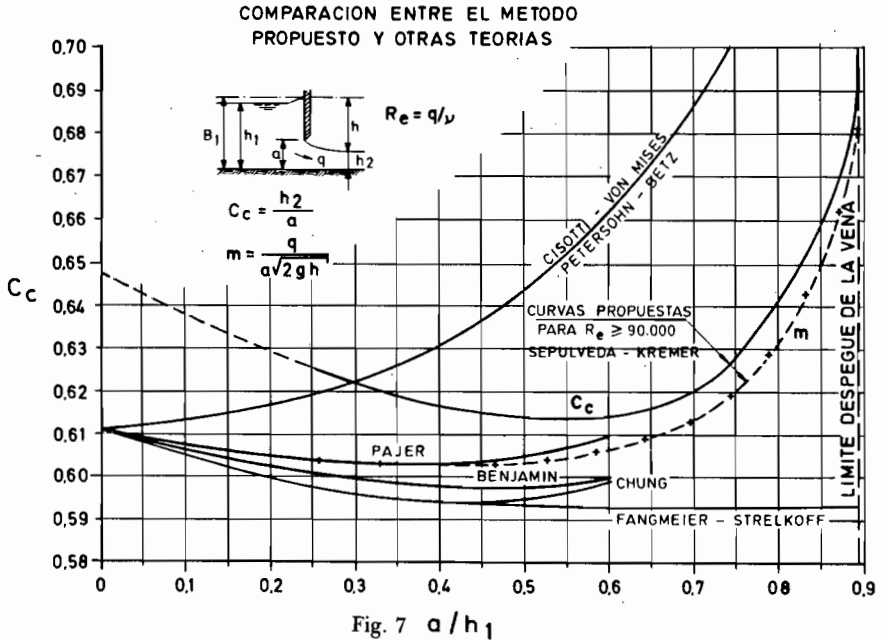


Fig. 6



agregado la curva límite inferior, para  $h_1 = e$ . Se observa una fuerte tendencia a agruparse las curvas en una sola, para valores altos de  $h_3/e$ .

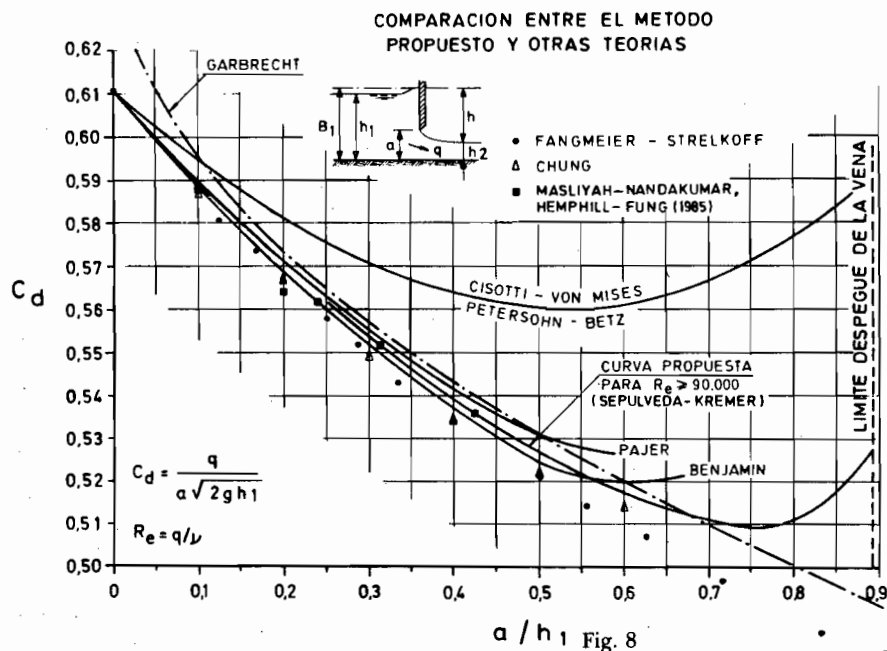
### 6. CONCLUSIONES

Se han obtenido buenas correlaciones experimentales, en gráficos adimensionales, para definir el escurrimiento simultáneo, bajo y sobre una compuerta plana, con la ayuda del Análisis Dimensional.

Se definieron así las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned}
 h_1/e &= \phi'_1 (e/a, e/h_c) \\
 h_2/a &= \phi''_2 (e/a, e/h_c) \\
 q_a/q &= \phi'_3 (e/a, e/h_c) \\
 \text{y} \quad h_3/e &= \phi'_4 (e/a, e/h_c)
 \end{aligned}$$

Se determinaron los límites de estas funciones, para  $e = h_1$ , con ayuda de las curvas  $C_c = f(a/h_1)$  y  $C_d = f(a/h_1)$  para la compuerta plana (A).



Sepúlveda, 1983). Estas dos figuras, Nos 7 y 8, se han incluido en el texto.

Debido a los pocos datos disponibles para este estudio, se debió no considerar el efecto del Número de Reynolds ( $Re = q/\nu$ ).

En vista de los antecedentes disponibles se hace necesario realizar una experimentación adicional para definir completamente la geometría del escurrimiento, tanto para napas aireadas como no aireadas.

## NOTACIÓN

SÍMBOLO	UNIDAD	SIGNIFICADO
a	m	Abertura de la compuerta.
b	m	Ancho de la compuerta.
$B_1$	m	Bernoulli de aguas arriba de la compuerta.
c	m	Altura de la compuerta.
$C_c$	—	Coefficiente de contracción del orificio.
$C_d$	—	Coefficiente de gasto del orificio.
d	m	Distancia de la compuerta a la sección (2).
d'	m	Distancia de la compuerta a la sección (3).
D	m	Longitud característica de la singularidad.
e	m	Altura (a + c).
f	—	Símbolo de función.
F	—	Número de Froude.
g	m/s <sup>2</sup>	Aceleración de gravedad.
h	m	Carga del orificio ( $B_1 - h_3$ ).
$h_1$	m	Altura del flujo en la sección (1).
$h_2$	m	Altura del flujo en la sección (2).
$h_3$	m	Cota piezométrica en la sección (3) = $p_3/\gamma$ .
h'	m	Altura de la vena contraída en (3).
m	—	Coefficiente de gasto según definición.
$m_v$	—	Coefficiente de gasto del vertedero.
P	kg/m <sup>2</sup>	Presión.
q	m <sup>2</sup> /s	Caudal unitario (Q/b).
$q_a$	m <sup>2</sup> /s	Caudal unitario por el orificio.
$q_v$	m <sup>2</sup> /s	Caudal unitario por el vertedero.
Q	m <sup>3</sup> /s	Caudal total.
$R_e$	—	Número de Reynolds.
t	°C	Temperatura del agua.
V	m/s	Velocidad del escurrimiento.
$V_1$	m/s	Velocidad del flujo aguas arriba de la compuerta.
$\alpha$	—	Coefficiente de Coriolis.
$\gamma$	kg/m <sup>3</sup>	Peso específico del agua.
$\mu$	kg s/m <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica del agua.
$\nu$	m <sup>2</sup> /s	Viscosidad cinemática del agua.
$\rho$	kgs <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	Densidad del agua (o masa específica).
$\phi$	—	Símbolo funcional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- F.J. DOMÍNGUEZ: *Hidráulica*. Editorial Universitaria - 1978. Páginas 459, 460 y 481.
- C. PATRICKSON Y C. ALFARO: *Estudio de los vertederos en pared delgada*. Tesis de Grado, Universidad de Chile (Escuela de Ingeniería), 1962.
- A. SEPÚLVEDA: *Influencia del Número de Reynolds en el coeficiente de gasto de compuertas planas seguidas de torrentes*.  
VI Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica - Santiago, octubre de 1983.
- J. GORODISCHER Y J. CASES: *Estudio del régimen que se produce en un canal inmediatamente aguas abajo de una cortina que al mismo tiempo permiten el escurrimiento inferior como orificio de fondo de todo el ancho, y superiormente es un rebase*.  
Tesis de Grado, Universidad de Chile (Escuela de Ingeniería), 1970.
- F.J. DOMÍNGUEZ: *Régimen en un canal aguas abajo de una cortina que deja un orificio de fondo de todo el ancho, en forma de compuerta y superiormente rebasa*.
- I. Coloquio Nacional de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Santiago, junio-julio de 1971.
- L. ESCANDE: *Application des procédés de visualisation a l'étude des phénomènes d'écoulement par déversoirs et par vannes de fond*.  
Actes du Colloque International de Mécanique, Poitiers, 1951. Tomo III, p. 174 a 185.