

Abaco y cuadros para el rápido cálculo de resistencia de losas y vigas de hormigón armado

Los tanteos diversos que en los proyectos lleva consigo a menudo el cálculo de resistencia de las losas y vigas de hormigón armado exigen tiempo y trabajo, que creemos puede economizarse haciendo uso de los cuadros y ábaco que a continuación exponemos, resolviendo diversos ejemplos para aclaración de su manejo.

Nada, con ellos, se pretende restar al fundamental conocimiento de la obra de mi querido y nunca olvidado compañero, sabio maestro, D. Juan Manuel Zafra, ni a las doctrinas expuestas brillantemente por el ilustre ingeniero D. Alfonso Peña, profesor de aquella materia, lecciones y obra sin las que no se puede dar un paso en firme en los cálculos de resistencia de las distintas estructuras de hormigón armado.

Esto no impide, en nuestra opinión, que, análogamente a la regla logarítmica Richer, que describimos con análogo fin en los números 2 436 y 2 437 de esta REVISTA, de 1.º y 15 de septiembre de 1925, puedan en los cálculos rápidos de tanteo ser útiles el ábaco y cuadro, cuyo uso vamos a describir:

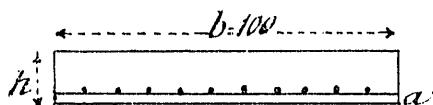
Abaco para el cálculo de losas y vigas de hormigón armado

Losas

Ejemplo:

Datos	luz	l	3,15 m	H	trabajo límite del hormigón
					45 kg/cm ²
	ancho	b	100 cm	A_1	trabajo límite de la armadura
					1 200 kg/cm ²
		a	1,5 cm		
	Sobrecarga		400 kg/m ²		
	Peso del piso y enlucido		60 kg/m ²		
	TOTAL		460 kg/m ²		

Incógnitas h = espesor de la losa
 f_e = sección de la armadura



Resolución:

$$[1] \quad \begin{cases} h = a + c_1 \sqrt{\frac{M}{b}} \\ f_e = c_2 \sqrt{\frac{M}{bh}} \end{cases}$$

El ábaco da c_1 y c_2 en función de M , que hay que determinar por tanteos, dando un valor al espesor h de la losa, que supondremos sea $h = 14$ cm.

Entonces el peso propio de la losa será (siendo la densidad del hormigón 2 400)

$$14 \times 24 = 336 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} (460 + 336) \times 3,15^2 = 989,29 \text{ m/kg}$$

La intersección de la ordenada $A_1 = 1 200$ y abscisa $H = 45$ está comprendida entre las curvas 0,370

y 0,380 de las c_1 , y entre las 0,00260 y 0,00250 de las c_2 .

$$c_1 = 0,375$$

$$c_2 = 0,00253$$

y aplicando estos valores a las [1]

$$h = 12,28 \text{ cm}$$

$$f_e = 8 \text{ cm}^2$$

Hay que hacer un segundo tanteo, pues la hipótesis $h = 14$ cm debe disminuir; tomemos $h = 13$ centímetros.

Entonces,

$$M = \frac{1}{8} (460 + 312) \times 3,15^2 = 957,28 \text{ m/kg}$$

y para $\begin{cases} c_1 = 0,375 & h = 13,08, \text{ que es suficiente aproximación} \\ c_2 = 0,00253 & f_e = 7,82 \text{ cm}^2 \end{cases}$

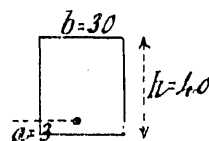
El gráfico entra con valores para A_1 de 500 a 1 500 kilogramos por centímetro cuadrado, y para H , de 10 a 70 kg/cm².

Vigas

Ejemplo:

Datos	luz	l	4,5 m	A_1	1 200 kg/cm ²
	ancho	b	30 cm		
	alto	h	40 cm		
		a	3 cm		
	Sobrecarga		620 kg/m l		
	Peso propio		288 kg/m l		

Incógnitas: H , f_e



Resolución:

$$h = a + c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$f_e = c_2 \sqrt{\frac{M}{bh}}$$

Podemos determinar

$$M = \frac{1}{8} pl^2 = 2 300 \text{ m/kg}$$

y el correspondiente al ancho de viga de 1 m sería

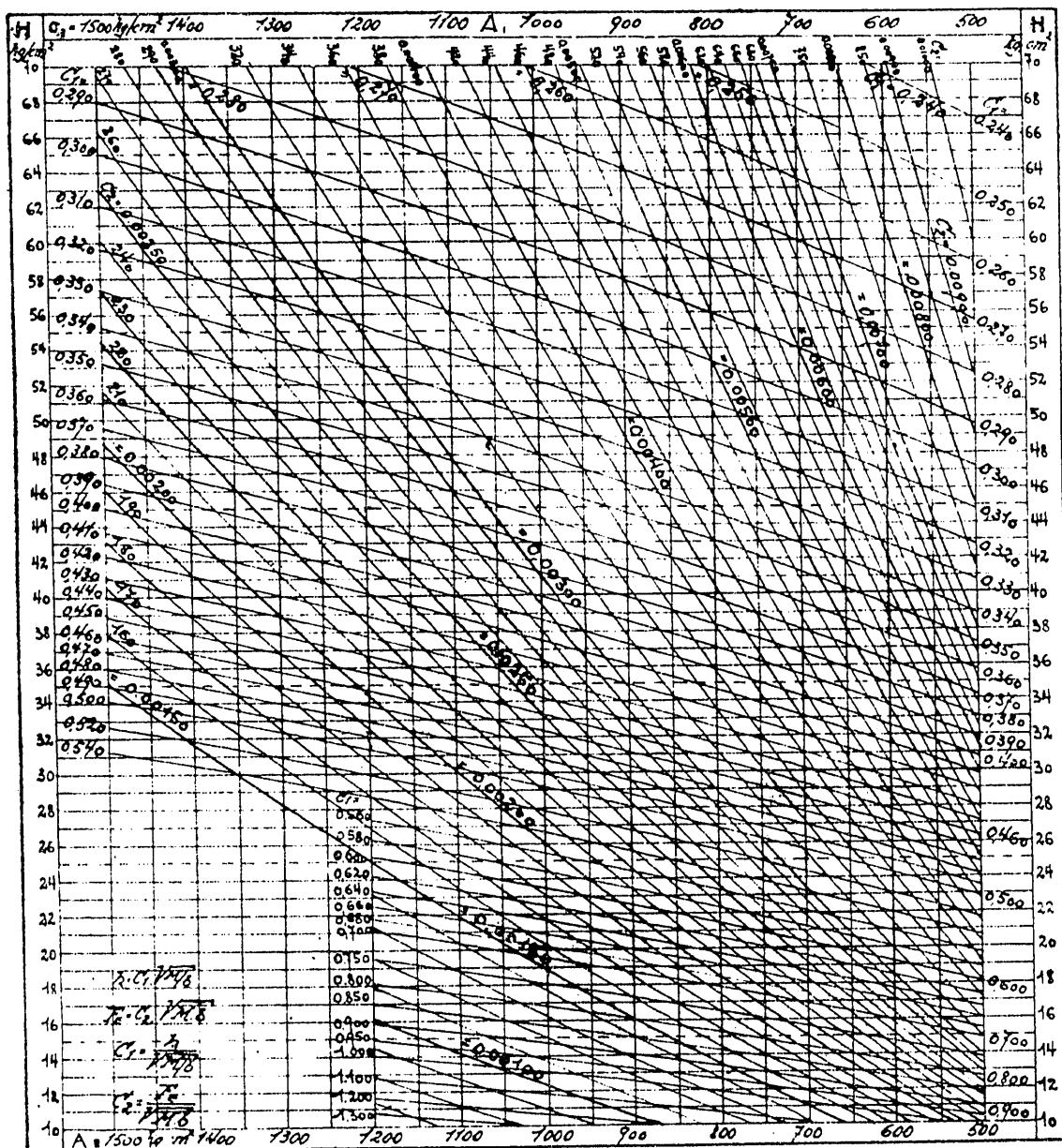
$$M = \frac{2 300 \times 100}{30} = 7 667 \text{ m/kg}$$

además, conocido este momento, conoceremos c_1 ,

$$c_1 = \frac{h - a}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{37}{\sqrt{7 667}} = 0,420$$

que, con $A_1 = 1 200$, nos da $H = 39$ kg/cm², y $c_2 = 0,00221$; de donde $f_e = 19,45$ cm² para el ancho de 1 m, y para $b = 0,30$, $f_e = 19,45 \times 0,30 = 5,83$ cm².

A b a c o



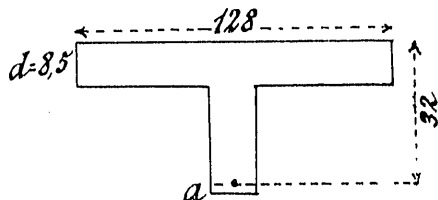
Vigas en T

Sirve el ábaco también para calcular las vigas en T siempre que $d > x$, o sea que la fibra neutra esté dentro de la cabeza.

Ejemplo:

$$\text{Datos} \begin{cases} M = 3\,960 \text{ m/kg} \\ b = 128 \text{ cm} \\ h = 35 \text{ cm} \\ a = 3 \text{ cm} \end{cases} \quad A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2$$

Incógnitas: H , f_c



Resolución :

$$f_e = c_2 \sqrt{M/b}$$

El momento correspondiente a 1 m de ancho será:

$$M' = \frac{3\,960 \times 100}{1.28} = 3\,094 \text{ m/kg}$$

Conocido este momento, tendremos

$$c_1 = \frac{h-a}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{32}{\sqrt{3.094}} = 0,575$$

que, con $A_1 = 1\,200$, nos da $h = 26,5$ kg/cm², y $c_2 = 0,00158$; de donde $f_c = 8,78$ para el ancho de 1 m, y para $b = 1,28$ $f_c = 11,23$ cm².

Cuadros para el cálculo de resistencia de losas y vigas de hormigón armado, con única y doble armadura

En el último ejemplo del ábaco para calcular una viga en T precisaba, para su uso, que $h > x$, hipótesis que con el ábaco no podemos comprobar; con los cuadros A y B , que vamos seguidamente a aplicar, ya es posible aquella determinación, pues, además de

Cuadro A

A_1						h											
60	55	50	45	40	35	1 800	1 650	1 500	1 350	1 200	1 050	900	750	600	450	300	150
						1 650	1 512	1 375	1 237	1 100	962	825	687	550	412	275	137
						1 500	1 375	1 250	1 125	1 000	875	750	625	500	375	250	125
						1 350	1 237	1 125	1 012	900	787	675	562	450	337	225	112
						1 200	1 100	1 000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
						1 050	962	875	787	700	612	525	437	350	262	175	87
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c	F_c
0,335	0,350	0,367	0,386	0,410	0,438	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
331	345	362	382	405	433	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
327	341	358	377	400	427	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
323	337	353	372	395	422	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109
319	333	349	367	390	417	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147
314	328	344	363	385	411	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
310	324	340	358	380	406	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
306	320	336	353	375	401	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269
302	316	331	349	370	395	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312
298	311	326	344	365	390	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
294	307	322	339	360	385	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406	0,406
290	303	317	334	355	379	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455
286	298	313	330	350	374	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
282	294	309	325	345	369	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561
278	290	304	320	340	363	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
274	286	300	316	335	358	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676	0,676
270	281	295	311	330	353	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738
266	277	291	306	325	347	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802
261	273	286	302	320	342	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
257	268	282	297	315	337	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941
253	264	277	292	310	331	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015
249	260	273	287	305	326	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
245	256	268	283	300	321	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175	1,175
241	252	264	278	295	315	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261
237	247	259	273	290	310	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
233	243	255	269	285	305	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446	1,446
229	239	250	264	280	299	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547
225	234	246	259	275	294	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652
220	230	241	254	270	289	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764
216	226	237	250	265	283	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884	1,884
212	222	232	245	260	278	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010
208	217	228	240	255	273	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142
204	213	224	236	250	267	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282
200	209	219	231	245	262	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433	2,433
196	205	215	226	240	257	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593	2,593
192	200	210	221	235	251	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760
188	196	206	217	230	246	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941	2,941
184	192	201	212	225	241	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134	3,134
180	188	197	207	220	235	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344	3,344
176	183	192	203	215	230	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562	3,562
171	179	188	198	210	225	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800

obtener los coeficientes c_1 y c_2 descritos, nos dan un c_3 , que determina x (profundidad de la fibra neu- tra) en función de h (espesor de la cabeza). Comen- cemos por considerar

Cuadro B

$A_1 = 1400$				$A_1 = 1200$				$A_1 = 1000$			
H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$	H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$	H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$
10	1,400	0,0505	0,0968	10	1,370	0,0635	0,1110	10	1,266	0,0826	0,130
11	1,338	0,0554	0,1055	11	1,270	0,0695	0,1210	11	1,161	0,0904	0,142
12	1,283	0,0603	0,1140	12	1,157	0,0760	0,1305	12	1,073	0,0982	0,153
13	1,144	0,0650	0,1225	13	1,075	0,0814	0,1400	13	0,999	0,106	0,163
14	1,070	0,0698	0,1305	14	1,065	0,0875	0,1490	14	0,935	0,114	0,174
15	1,005	0,0744	0,1385	15	0,994	0,094	0,1580	15	0,880	0,121	0,184
16	0,946	0,0792	0,1465	16	0,895	0,098	0,1670	16	0,831	0,128	0,194
17	0,897	0,0840	0,1540	17	0,848	0,107	0,1760	17	0,788	0,136	0,203
18	0,852	0,0885	0,1620	18	0,801	0,111	0,1840	18	0,751	0,143	0,213
19	0,812	0,0931	0,1690	19	0,770	0,117	0,1920	19	0,716	0,151	0,222
20	0,775	0,0976	0,1765	20	0,730	0,122	0,2000	20	0,686	0,159	0,231
21	0,754	0,1024	0,1840	21	0,701	0,128	0,209	21	0,657	0,166	0,240
22	0,713	0,1068	0,1910	22	0,671	0,134	0,218	22	0,632	0,173	0,248
23	0,686	0,1117	0,1980	23	0,648	0,140	0,225	23	0,610	0,180	0,257
24	0,662	0,1160	0,205	24	0,625	0,145	0,231	24	0,588	0,187	0,265
25	0,638	0,1203	0,211	25	0,600	0,150	0,238	25	0,568	0,194	0,273
26	0,618	0,1249	0,218	26	0,585	0,155	0,245	26	0,550	0,200	0,280
27	0,598	0,1292	0,224	27	0,567	0,160	0,252	27	0,532	0,207	0,288
28	0,579	0,1333	0,231	28	0,555	0,166	0,259	28	0,518	0,214	0,296
29	0,562	0,1379	0,237	29	0,534	0,172	0,266	29	0,504	0,221	0,303
30	0,546	0,1422	0,244	30	0,519	0,177	0,272	30	0,490	0,228	0,310
31	0,531	0,147	0,250	31	0,505	0,182	0,279	31	0,477	0,235	0,317
32	0,517	0,151	0,258	32	0,491	0,188	0,286	32	0,464	0,242	0,324
33	0,504	0,155	0,261	33	0,480	0,192	0,292	33	0,453	0,248	0,331
34	0,501	0,159	0,267	34	0,469	0,198	0,298	34	0,443	0,254	0,338
35	0,480	0,164	0,273	35	0,458	0,203	0,304	35	0,433	0,261	0,344
36	0,469	0,168	0,278	36	0,447	0,208	0,310	36	0,423	0,267	0,351
37	0,459	0,172	0,284	37	0,437	0,213	0,316	37	0,414	0,274	0,357
38	0,449	0,176	0,290	38	0,428	0,219	0,322	38	0,406	0,280	0,363
39	0,439	0,180	0,295	39	0,420	0,222	0,328	39	0,398	0,287	0,369
40	0,430	0,184	0,300	40	0,411	0,228	0,333	40	0,390	0,293	0,375
41	0,421	0,188	0,306	41	0,403	0,234	0,339	41	0,383	0,300	0,381
42	0,414	0,193	0,310	42	0,395	0,238	0,344	42	0,376	0,306	0,387
43	0,406	0,197	0,315	43	0,388	0,244	0,350	43	0,370	0,312	0,392
44	0,398	0,200	0,320	44	0,381	0,247	0,355	44	0,363	0,318	0,398
45	0,391	0,204	0,325	45	0,375	0,253	0,360	45	0,357	0,324	0,403
46	0,384	0,209	0,330	46	0,368	0,258	0,365	46	0,351	0,330	0,408
47	0,378	0,212	0,335	47	0,362	0,263	0,370	47	0,346	0,335	0,413
48	0,372	0,216	0,340	48	0,356	0,268	0,375	48	0,340	0,341	0,418
49	0,365	0,220	0,345	49	0,350	0,273	0,380	49	0,335	0,347	0,424
50	0,360	0,224	0,349	50	0,345	0,278	0,385	50	0,330	0,354	0,429
51	0,354	0,228	0,353	51	0,340	0,283	0,390	51	0,325	0,360	0,434
52	0,349	0,233	0,358	52	0,335	0,287	0,394	52	0,320	0,366	0,438
53	0,343	0,237	0,362	53	0,330	0,292	0,399	53	0,315	0,372	0,443
54	0,339	0,240	0,366	54	0,325	0,295	0,403	54	0,312	0,377	0,447
55	0,330	0,247	0,375	55	0,317	0,303	0,412	55	0,304	0,388	0,456
56	0,322	0,255	0,384	56	0,309	0,314	0,420	56	0,296	0,400	0,465
57	0,313	0,262	0,392	57	0,301	0,323	0,428	57	0,289	0,411	0,474
58				58				58			
59				59				59			
60				60				60			

$A_1 = 900$				$A_1 = 800$				$A_1 = 750$			
H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$	H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$	H	$h' = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$f_e = c_2 \sqrt{Mb}$	$x = c_3 h'$
10	1,203	0,096	0,143	10	1,158	0,114	0,168	10	1,128	0,126	0,167
11	1,116	0,106	0,155	11	1,063	0,125	0,171	11	1,036	0,137	0,180
12	1,033	0,115	0,167	12	0,984	0,136	0,184	12	0,958	0,149	0,194
13	0,958	0,129	0,178	13	0,917	0,146	0,196	13	0,897	0,160	0,206
14	0,900	0,132	0,189	14	0,868	0,156	0,208	14	0,840	0,172	0,219
15	0,847	0,141	0,200	15	0,810	0,166	0,219	15	0,791	0,183	0,231
16	0,802	0,150	0,211	16	0,767	0,177	0,231	16	0,762	0,194	0,242
17	0,760	0,158	0,221	17	0,727	0,187	0,242	17	0,711	0,205	0,254
18	0,724	0,167	0,231	18	0,694	0,197	0,249	18	0,678	0,216	0,265
19	0,693	0,176	0,241	19	0,664	0,207	0,263	19	0,651	0,227	0,275
20	0,660	0,184	0,250	20	0,635	0,217	0,273	20	0,622	0,237	0,286
21	0,635	0,192	0,260	21	0,612	0,227	0,283	21	0,598	0,248	0,296
22	0,610	0,200	0,268	22	0,587	0,236	0,292	22	0,575	0,258	0,306
23	0,590	0,209	0,277	23	0,567	0,246	0,301	23	0,554	0,268	0,315
24	0,570	0,216	0,286	24	0,549	0,256	0,311	24	0,537	0,279	0,325
25	0,549	0,224	0,294	25	0,530	0,264	0,319	25	0,520	0,289	0,333
26	0,532	0,233	0,303	26	0,515	0,274	0,328	26	0,504	0,299	0,343
27	0,518	0,241	0,311	27	0,500	0,284	0,336	27	0,490	0,309	0,351
28	0,502	0,248	0,318	28	0,485	0,293	0,344	28	0,475	0,319	0,360
29	0,488	0,256	0,326	29	0,472	0,302	0,362	29	0,462	0,329	0,368
30	0,475	0,263	0,333	30	0,469	0,309	0,369	30	0,452	0,338	0,375
31	0,463	0,272	0,341	31	0,449	0,320	0,368	31	0,441	0,348	0,383
32	0,450	0,279	0,348	32	0,434	0,328	0,375	32	0,430	0,357	0,391
33	0,440	0,286	0,355	33	0,427	0,337	0,382	33	0,420	0,367	0,397
34	0,435	0,290	0,362	34	0,417	0,345	0,389	34	0,410	0,377	0,405
35	0,420	0,302	0,368	35	0,408	0,353	0,396	35	0,401	0,385	0,412
36	0,413	0,308	0,375	36	0,400	0,361	0,403	36	0,393	0,393	0,419
37	0,403	0,315	0,382	37	0,394	0,367	0,409	37	0,385	0,404	0,426
38	0,398	0,322	0,388	38	0,384	0,375	0,416	38	0,378	0,413	0,432
39	0,389	0,332	0,394	39	0,376	0,387	0,422	39	0,370	0,422	0,439
40	0,386	0,337	0,400	40	0,368	0,396	0,429	40	0,363	0,430	0,444
41	0,374	0,346	0,406	41	0,363	0,404	0,435	41	0,357	0,441	0,450
42	0,367	0,353	0,412	42	0,357	0,414	0,441	42	0,351	0,448	0,457
43	0,359	0,358	0,418	43	0,350	0,421	0,446	43	0,345	0,457	0,463
44	0,354	0,366	0,423	44	0,345	0,428	0,452	44	0,340	0,460	0,468
45	0,348	0,372	0,429	45	0,339	0,435	0,458	45	0,334	0,474	0,474
46	0,342	0,379	0,434	46	0,336	0,443	0,463	46	0,329	0,483	0,479
47	0,337	0,387	0,439	47	0,329	0,453	0,469	47	0,324	0,492	0,486
48	0,332	0,393	0,444	48	0,324	0,461	0,474	48	0,319	0,501	0,490
49	0,327	0,400	0,450	49	0,319	0,468	0,479	49	0,314	0,509	0,495
50	0,322	0,407	0,455	50	0,314	0,475	0,484	50	0,310	0,517	0,500
51	0,312	0,418	0,464	51	0,306	0,492	0,494	51	0,302	0,533	0,510
52	0,304	0,431	0,474	52	0,298	0,506	0,503	52	0,295	0,549	0,519
53	0,298	0,448	0,483	53	0,290	0,520	0,512	53	0,287	0,566	0,529
54	0,289	0,459	0,491	54	0,283	0,534	0,521	54	0,279	0,580	0,538
55	0,282	0,470	0,500	55	0,277	0,550	0,530	55	0,272	0,596	0,546
56				56				56			
57				57				57			
58				58				58			
59				59				59			
60				60				60			

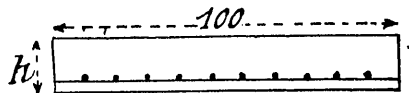
ARMADURA ÚNICA

Losas

Adoptando el mismo ejemplo antes propuesto:

$$\text{Datos } \left\{ \begin{array}{l} l = 3,15 \\ b = 1 \text{ m} \\ a = 1,5 \text{ cm} \\ M = 987,29 \text{ m/kg} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} H = 45 \text{ kg/cm}^2 \\ A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

Incógnitas: h , f_e , x



El cuadro A, para valores de H de 10 a 60 kg/cm^2 y de A_1 de 1 400 a 750 kg/cm^2 , nos da los coeficientes c_1 , c_2 y c_3 , que resuelven las ecuaciones

$$\left. \begin{array}{l} h - a = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}} \\ f_e = c_2 \sqrt{Mh} \\ x = c_3(h - a) \end{array} \right\} \text{según el cuadro, } \begin{array}{l} c_1 = 0,375 \\ c_2 = 0,253 \\ c_3 = 0,360 \end{array}$$

luego

$$h = 13,08 \text{ cm} \quad f_e = 7,82 \text{ cm}^2 \quad x = 4,17 \text{ cm}$$

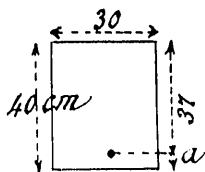
Por tomar b en metros, c_2 viene multiplicada por 100.

Vigas

Tomamos el mismo ejemplo resuelto en el ábaco:

$$\text{Datos } \left\{ \begin{array}{l} l = 4,5 \text{ m} \\ b = 0,30 \text{ m} \\ h = 0,40 \text{ m} \\ a = 3 \text{ cm} \\ M = 2\,300 \text{ m/kg} \end{array} \right. \quad A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2$$

Incógnitas: H , f_e , x



El momento M' por unidad de ancho será

$$M' = \frac{2\,300}{0,30} = 7\,667 \text{ m/kg}$$

y, según él,

$$c_1 = \frac{h - a}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{37}{\sqrt{7\,667}} = 0,420$$

que, con $A_1 = 1\,200$, nos da $H = 39 \text{ kg/cm}^2$ y $c_2 = 0,222$, o sea $f_e = 19,45$ para $b = 1$; luego, para 0,30, $f_e = 19,45 \times 0,30 = 5,83 \text{ cm}^2$ y $x = 0,328 \times 37 = 12,14 \text{ cm}$.

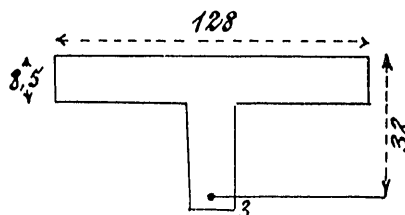
Vigas en T

Como dijimos al tratar del ábaco, el cuadro A sólo puede aplicarse para valores de $d > x$, que aquí puede comprobarse la hipótesis mediante el coeficiente c_3 .

Tomemos el mismo ejemplo antes calculado:

$$\text{Datos } \left\{ \begin{array}{l} M = 3\,960 \text{ m/kg} \\ b = 1,28 \\ h = 35 \text{ cm} \\ a = 3 \text{ cm} \\ d = 8,5 \text{ cm} \end{array} \right. \quad A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2$$

Incógnitas: H , f_e , x



El momento M' correspondiente a 1 m de ancho será

$$M' = \frac{3\,960}{1,28} = 3\,094 \text{ kg}$$

que nos dará

$$c_1 = \frac{h - a}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = 0,575$$

que, con $A_1 = 1\,200$, nos da $H = 26,5 \text{ kg/cm}^2$, y $c_2 = 0,158$; de donde $f_e = 8,78$ para el ancho de 1 m, y para $b = 1,28$, $f_e = 11,23$, y $x = 0,242 \times 32 = 7,74$, cumpliéndose la hipótesis $d > x$.

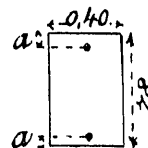
DOBLE ARMADURA

El cuadro B sirve para el cálculo de vigas con armadura doble, bien sujetas a flexión sencilla cuando se fija un cierto peralte, bien para las sujetas a flexión compuesta.

Flexión sencilla

$$\text{Datos } \left\{ \begin{array}{l} M' = 18\,000 \text{ m/kg} \\ h = 78 \text{ cm} \\ b = 0,40 \text{ m} \\ a = 3 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} H = 40 \text{ kg/cm}^2 \\ A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

Incógnitas: f_e , f'_e



Buscando en el cuadro, en su primera columna, el encasillado correspondiente a $H = 40$, tendremos que para

$$c_1 = \frac{75}{\sqrt{\frac{18\,000}{0,4}}} = 0,355$$

que se halla en la columna vertical de aquel valor de H . Corresponden horizontalmente y para $A_1 = 1\,200$ dos coeficientes

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,455 \\ 0,736 \end{array} \right\}$$

el primero para la armadura superior f'_e y el segundo para la f_e inferior, cuyos valores serán

$$f'_e = 0,455 \times b \times (h - a) = 0,455 \times 0,40 \times 75 = 13,6 \text{ cm}^2$$

$$f_e = 0,736 \times b \times (h - a) = 0,736 \times 0,40 \times 75 = 22,1 \text{ cm}^2$$

Flexión compuesta

Flexión y compresión axial N .—El mismo ejemplo anterior.

$$\text{Datos } \begin{cases} M = 18\,000 \text{ m/kg} \\ N = 20\,000 \text{ kg} \\ b = 0,40 \text{ m} \\ h = 78 \text{ cm} \\ a = 3 \text{ cm} \end{cases} \quad \begin{cases} H = 40 \text{ kg/cm}^2 \\ A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

El momento respecto a la armadura de tensión M_e es

$$M_e = M + N \left(\frac{h}{2} - a \right) = 25\,000 \text{ m/kg}$$

y c_1 será

$$c_1 = \frac{75}{\sqrt{\frac{25\,000}{0,40}}} = 0,300$$

que para $H = 40$ y $A_1 = 1\,200$ nos da los coeficientes

$$\begin{cases} 1,175 \\ 1,020 \end{cases}$$

luego

$$\begin{aligned} f'_e &= 1,175 \times b \times (h-a) = 1,175 \times 0,40 \times 75 = 35,3 \text{ cm}^2 \\ f_e &= 1,020 \times b \times (h-a) - \frac{N}{A_1} = 1,020 \times 0,40 \times 75 - \frac{20\,000}{1\,200} = 13,9 \text{ cm}^2 \\ f'_e + f_e &= 49,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Si en vez del valor supuesto a A_1 fuera $A_1 = 800$,

$$\begin{aligned} f'_e &= 0,807 \times 0,40 \times 75 = 24,2 \text{ cm}^2 \\ f_e &= 1,578 \times 0,40 \times 75 - \frac{20\,000}{800} = 22,3 \text{ cm}^2 \\ f'_e + f_e &= 46,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Flexión y tensión axial N .—El mismo ejemplo.

$$\text{Datos } \begin{cases} M = 22\,000 \text{ m/kg} \\ N = 20\,000 \text{ kg} \\ b = 0,40 \text{ m} \\ h = 78 \text{ cm} \\ a = 3 \text{ cm} \end{cases} \quad \begin{cases} H = 40 \text{ kg/cm}^2 \\ A_1 = 1\,200 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

El momento M_e respecto a la armadura de tensión será

$$M_e = M + N \left(\frac{h}{2} - a \right) = 15\,000 \text{ m/kg}$$

y el valor

$$c_1 = \frac{75}{\sqrt{\frac{15\,000}{0,40}}} = 0,388$$

que para $H = 40$ y $A_1 = 1\,200$ dará

$$\begin{cases} 0,163 \\ 0,620 \end{cases}$$

luego

$$\begin{aligned} f'_e &= 0,163 \times 0,40 \times 75 = 4,9 \text{ cm}^2 \\ f_e &= 0,620 \times 0,40 \times 75 - \frac{N}{A_1} = 35,3 \text{ cm}^2 \\ f'_e + f_e &= 40,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Además, y para mayor número de casos, se han publicado en junio de 1929 las tablas de Weese, que son de gran utilidad, pues en número de 37 resuelven rápidamente los problemas que se presentan, según los datos.

Así, para el cálculo de losas y vigas, y cualquiera que sea el valor de la altura x de la fibra neutra, determinan todas las incógnitas en función de la luz y la carga.

Otras determinan estos mismos elementos y para cualquier valor de x en las vigas de sección en T.

Por último, hay tablas para el cálculo de columnas, y otras de perímetros, secciones y pesos de hierros de distinto perfil, muy útiles.

Como hemos demostrado, el manejo de los cuadros y ábaco presentados es sencillísimo y rápido, y por ello, considerando pudiera ser útil su aplicación, nos decidimos a redactar este modesto trabajo.

Arturo MONFORT HERVÁS
Ingeniero de Caminos

Los grandes expresos trasatlánticos

Cunde la alarma entre las principales Compañías navieras del mundo a causa de la tenaz disminución del tráfico, aun en las mejores líneas transoceánicas, como son las afluentes a Nueva York desde los puertos de Europa. La general crisis económica inmoviliza más del 16 por 100 del tonelaje comercial, y los colosales paquebotes navegan casi de vacío, hasta el extremo de que el "Ile-de-France", quizá el favorito del pasaje, no obstante resultar en octavo lugar por su porte, tan sólo aprovecha en sus travesías el 40 por 100 de sus camarotes de primera.

Ello llega a hacer dudar a la Trasatlántica francesa y hasta a la Cunard Line respecto a la terminación de los vapores de 60 000 y 73 000 toneladas que ambas tienen en astillero, con 300 y 310 m de eslora, respectivamente, y marcha calculada de 30 millas por hora.

Las primordiales características de los diez mejores trasatlánticos hoy existentes son:

	Eslora m	Toneladas	Millas
"Ile-de-France" (francés).....	241,60	43 159	23
"Conte di Savoia" (italiano)...	244	48 000	27
"Rex" (italiano).....	268	50 000	27
"Olympic" (inglés).....	269	48 440	22,5
"Aquitania" (inglés).....	270	45 850	23
"Berengaria" (inglés).....	276	52 226	23
"Bremen" (alemán).....	285	51 655	26
"Europa" (alemán).....	285	49 756	26
"Leviathan" (norteamericano)...	289	46 591	25
"Majestic" (inglés).....	291	56 621	25

Entre los enumerados, los dos italianos, aunque botados al agua, se hallan en construcción a flote; pero todos los restantes están actualmente en servicio. Como se sabe, el alemán "Bremen" mantiene el *record* de velocidad.

El crecimiento continuado de tamaño para los bar-