PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS TERMINOS DE SECCION Y FUNCIONES COORDENADAS DE LAS SECCIONES ABIERTAS BASADO EN LA NORMA MV 110-1982

Ignacio Arrúe Matilla
430-3

1. Introducción

Las piezas de sección abierta de pequeño espesor tienen cada vez un mayor uso en edificación, tanto en acero (piezas de chapa conformada y piezas de chapa laminadas soldadas en sus cantos), como en hormigón armado bajo la denominación de placas plegadas o en otros materiales.

La Norma MV 110-1982 se refiere al cálculo de las piezas de chapa conformada en acero, pero, con las modificaciones oportunas, puede aplicarse a piezas de sección abierta fabricadas con otro material. En el Apéndice A de dicha Norma, se presenta un método de cálculo numérico iterativo para obtener los términos de sección y las funciones coordenadas que se requieren en el cálculo de las piezas de sección abierta.

El programa para calcular los términos y funciones coordenadas de una sección abierta cualquiera de pequeño espesor, que se expone en el presente artículo, está basado en este método y su empleo se ilustra con cinco ejemplos de aplicación.

En la figura 1 se representa una sección abierta, formada por segmentos rectos de espesor constante y su correspondiente línea quebrada, formada por las líneas medias de dichos segmentos, mediante la cual se define la sección. Los vértices de dicha quebrada se designan con números impares: 1, 3, 5, ... $2n + 1$, y los segmentos que la componen se designan con números pares: 2, 4, 6, ... $2n$, siendo n el número de segmentos.

La sección se refiere a un sistema ortogonal de ejes cualesquiera $x'y'$, que conviene elegir de modo que los $2n + 1$ vértices de la quebrada se encuentren en el primer cuadrante.

Los datos que se requieren para la ejecución del programa detallado más adelante son las coordenadas en dicho sistema $x'y'$ de todos los vértices de la quebrada y el espesor de cada segmento.

Los resultados que el programa proporciona son los siguientes:

- Longitud de todos los segmentos, l_i .
- Area de la sección, A .
- Coordenadas del baricentro de la sección referidas al sistema de ejes $x'y'$ elegido, x'_0 y y'_0 .
En el baricentro se sitúa un sistema ortogonal de ejes xy paralelo al elegido $x'y'$, con respecto al cual se refieren los siguientes resultados:
 - Coordenadas de todos los vértices y puntos medios de los segmentos de la línea quebrada que define la sección x_i y y_i .

Fig. 1.—Sección abierta.

- Momentos estáticos de la sección desde el vértice 1 hasta el punto i, S_x, S_y .
- Momentos de inercia de la sección I_x, I_y .
- Producto de inercia o momento centrífugo de la sección, I_{xy} .
- Coordenadas del centro de esfuerzos cortantes, es decir, del punto en el cual se sitúa la resultante de las tensiones tangenciales de la sección, x_m, y_m .
- Coordenada de alabeo de un punto de la sección, Ω_i .
- Momento estático de alabeo desde el punto 1 hasta el punto i, S_{a_i} .
- Módulo de torsión de la sección, I_t .
- Módulo de alabeo de la sección, I_a .

2. Cálculo de las piezas de sección abierta

2.1. La coordenada de alabeo

De todos los resultados que se obtienen con el programa, el que presenta una mayor innovación es la coordenada de alabeo Ω , referida al centro de esfuerzos cortantes M de la sección.

La coordenada de alabeo Ω es una función de s (véase figura 2), equivalente al doble del área Ω_m barrida por un radio vector, con origen en el centro de esfuerzos cortantes de la sección y extremo sobre la línea media de la sección, desde el extremo $s=0$ hasta el punto s , más el valor en el extremo $\Omega_{(0)} = -\frac{1}{A} \int_0^a \Omega_m e ds$, y viene definida por la expresión:

$$\Omega = \int_0^s r ds - \frac{1}{A} \left[\int_0^a \left[\int_0^s r ds \right] e ds \right]$$

Siendo:

s : coordenada curvilínea sobre la línea media de la sección medida desde el punto 1.

a : valor máximo de s .

e : espesor de la sección en el punto de coordenada s .

r : distancia desde el centro de esfuerzos cortantes a la tangente de la línea media de la sección en el punto de coordenada curvilínea s ; positiva cuando ds gira alrededor del centro de esfuerzos cortantes en sentido positivo ($x \rightarrow y$).

A : área de la sección $A = \int_0^a e ds$.

En función de la coordenada de alabeo, se obtienen otra función coordenada que se denomina momento estático de alabeo S_a , y un término de sección I_a , cuyas expresiones son las siguientes:

$$S_a = \int_0^a \Omega e ds ; \quad I_a = \int_0^a \Omega^2 e ds$$

2.2. Solicitación de la pieza

Las funciones coordenadas y términos de sección, obtenidas como resultados con el programa, son necesarias para el cálculo de tensiones en piezas de sección abierta de pequeño espesor, sometidas a flexión y torsión.

Tal y como se indica en la figura 2, si sobre una pieza de sección abierta actúa una carga q con excentricidad d respecto al centro de esfuerzos cortantes, además de la sollicitación de flexión esviada o recta, aparece una sollicitación de torsión.

2.2.1. Sollicitación de torsión

Las componentes de la sollicitación de torsión son las siguientes:

$$M_t = M_r + M_a \quad (1) \quad \begin{array}{l} \text{momento torsor} \\ B \quad \text{bimomento} \end{array}$$

Fig. 2.—Sentidos positivos de acciones y sollicitaciones.

De esta forma, el comportamiento de la pieza es de torsión mixta y el **momento torsor** actuante se descompone en los siguientes sumandos:

M_t : **momento torsor de rotación** (Saint Venant), que resulta proporcional al giro unitario (ϕ) de la sección según la expresión:

$$M_t = G I_t \frac{d\phi}{dz}$$

M_a : **momento torsor de alabeo**, que tiene la expresión:

$$M_a = -E I_a \frac{d^3\phi}{dz^3}$$

siendo:

G: módulo de elasticidad transversal del material.

E: módulo de elasticidad longitudinal del material.

I_t : módulo de torsión de la sección $I_t = \int_0^a \frac{e^3}{3} ds$.

I_a : módulo de alabeo de la sección.

Se establece además una nueva componente de sollicitación denominada **bimomento** B dada por la expresión:

$$B = B' + \int_0^z M_a dz = E I_a \frac{d^2\phi}{dz^2}$$

siendo:

z: Coordenada de la sección en el eje perteneciente al triedro de la pieza que tiene la dirección de la directriz de la misma y se considera positiva cuando va del extremo I al II de dicha pieza.

B': bimomento en el extremo I de la pieza.

2.2.1.1. Ecuación diferencial de la torsión mixta

Si en la expresión (1) introducimos los valores dados para M_t y M_a , obtenemos la ecuación diferencial de la torsión mixta:

$$G I_t \frac{d\phi}{dz} - E I_a \frac{d^3\phi}{dz^3} = M_t$$

teniendo en cuenta que $\frac{dM_t}{dz} = qd$, y definiendo:

$t = \sqrt{\frac{E I_a}{G I_t}}$, como **longitud característica a torsión**, dicha ecuación diferencial queda de la siguiente forma:

$$t^2 \frac{d^4\phi}{dz^4} - \frac{d^2\phi}{dz^2} = - \frac{q d}{G I_t}$$

La solución general de dicha ecuación diferencial es:

$$\phi = C_1 + C_2 \frac{z}{t} + C_3 \operatorname{Sh} \frac{z}{t} + C_4 \operatorname{Ch} \frac{z}{t} + \phi_p$$

ϕ_p es una solución particular función de $M_t(z)$.

Dicha solución general, con las condiciones de contorno, permite obtener la sollicitación.

2.2.1.2. Casos de aplicación

A continuación se exponen dos casos frecuentes de piezas, así como las componentes de sollicitación de torsión en cada caso.

a) **Ménsula.** Extremo I empotrado. Extremo II libre, en el que se aplica el momento acción K.

$$\phi = \frac{Kt}{GI_t} \left[Th \frac{L}{z} \left(Ch \frac{z}{t} - 1 \right) - \left(Sh \frac{z}{t} - \frac{z}{t} \right) \right]$$

$$M_r = K \left[Th \frac{L}{t} Sh \frac{z}{t} - \left(Ch \frac{z}{t} - 1 \right) \right]$$

$$M_a = K \left[Ch \frac{z}{t} - Th \frac{L}{t} Sh \frac{z}{t} \right]$$

$$B = Kt \left[Th \frac{L}{t} Ch \frac{z}{t} - Sh \frac{z}{t} \right]$$

siendo L la longitud de la ménsula.

b) **Correa.** Ambos extremos con giro impedido y sin coacción al alabeo. Momento acción unitario constante k.

$$\phi = \frac{kt}{GI_t} \left[\frac{z(L-z)}{2t^2} + \frac{Sh \frac{L-z}{t} - Sh \frac{L}{t} + Sh \frac{z}{t}}{Sh \frac{L}{t}} \right]$$

$$M_r = \frac{k(L-2z)}{2} - \frac{kt}{Sh \frac{L}{t}} \left[Ch \frac{L-z}{t} - Ch \frac{z}{t} \right]$$

$$M_a = \frac{kt}{Sh \frac{L}{t}} \left[Ch \frac{L-z}{t} - Ch \frac{z}{t} \right]$$

$$B = - \frac{kt^2}{Sh \frac{L}{t}} \left[Sh \frac{L-z}{t} - Sh \frac{L}{t} + Sh \frac{z}{t} \right]$$

siendo L la longitud de la correa.

En los ejemplos contemplados, puede observarse que el momento torsor de rotación es muy pequeño cuando $L < t$, y que el momento torsor de alabeo y el bimomento se reducen mucho cuando $L > 6t$. La Norma MV 110-1982 admite considerar en el primer caso: $M_r = 0$ y, en el segundo: $M_a = B = 0$.

2.2.2. Solicitación de flexión

Las componentes de sollicitación de la flexión son las siguientes:

Mx: momento flector según el eje x.

My: momento flector según el eje y.

Tx: esfuerzo cortante según el eje x.

Ty: esfuerzo cortante según el eje y.

Los convenios de signos que se establecen para dichas componentes son los indicados en la figura 2.

2.3. Tensiones normales y tangenciales

Una vez obtenidas las sollicitaciones actuantes sobre una sección de la pieza, las tensiones en la misma se obtienen como se indica a continuación:

a) Solicitación de torsión mixta

$$\text{Tensión normal: } \sigma_t = \frac{B \Omega}{I_a}$$

$$\text{Tensión tangencial: } \tau_t = \pm \frac{M_r e}{I_t} - \frac{M_a S_a}{e I_a}$$

b) Solicitación de flexión

$$\text{Tensión normal: } \sigma_f = \frac{1}{D} [M_x (y l_y - x l_{xy}) + M_y (x l_x - y l_{xy})]$$

$$\text{Tensión tangencial: } \tau_f = \frac{-1}{eD} [T_y (s_x l_y - S_x l_{xy}) + T_x (S_y l_x - S_x l_{xy})]$$

$$\text{siendo: } D = I_x l_y - I_{xy}^2$$

si los ejes xy coinciden con las tensiones principales de la pieza, estas últimas expresiones se simplifican pues $I_{xy} = 0$.

Las tensiones normal y tangencial totales se obtienen sumando las debidas a la flexión y a la torsión:

$$\text{Tensión normal: } \sigma = \sigma_f + \sigma_t$$

$$\text{Tensión tangencial: } \tau = \tau_f + \tau_t$$

3. Programa

3.1. Calculadora elegida

Dado el tremendo auge que han tenido en todo el mundo las pequeñas calculadoras programables o microcomputadores, el programa ha sido preparado para uno de sus exponentes más claros: la Hewlett-Packard 41C/CV, utilizada por un gran número de profesionales.

Para la ejecución del programa es necesario disponer de una HP-41CV o de una HP-41C, con un mínimo de tres módulos de ampliación conectados a la misma.

El programa está preparado para ser utilizado indistintamente con o sin impresora térmica HP-82143A, conectada al sistema. En el primer caso, el selector de impresión de la misma deberá situarse en la posición NORM para que queden impresos datos y resultados o en la posición MAN, para que sólo se impriman los resultados.

El número de segmentos que compongan la sección deberá estar comprendido entre 1 y 20. Dicha limitación casi carece de importancia por excluir únicamente algunos casos poco comunes en la práctica.

Para almacenamiento de datos intermedios o finales, el programa utiliza los registros del R 00 al R 87 y, por tanto, es imprescindible ejecutar SIZE 088 al iniciar el mismo.

3.2. Nomenclatura del programa

Variable	Nomenclatura	Notación HP-41C/CV
— N.º de segmentos (ad)	n	N
— Espesor de un segmento (cm)	e	E
— Coordenadas de los extremos de los segmentos respecto a los ejes x' y' (cm)	x'	X
	y'	Y
— Longitud de un segmento (cm)	l	L
— Area de la sección (cm ²)	A	A
— Módulo de torsión de la sección (cm ⁴)	I _t	IT
— Coordenadas del baricentro de la sección en los ejes x' y' (cm)	x' ₀	X.O
	y' ₀	Y.O
— Coordenadas de los extremos y centros de los segmentos en los ejes baricéntricos x y (cm)	x	X
	y	Y
— Momentos estáticos de la sección desde el punto 1 hasta un punto, respecto a los ejes x y (cm ³)	S _x	SX
	S _y	SY
— Momentos y producto de inercia de la sección respecto a los ejes x y (cm ⁴)	I _x	IX
	I _y	IY
	I _{xy}	IXY

Continuación

Variable	Nomenclatura	Notación HP-41C/CV
— Coordenadas del centro de esfuerzos cortantes de la sección en los ejes x y (cm)	xm ym	XM YM O
— Coordenada de alabeo de un punto (cm ²)		
— Momento estático de alabeo de la sección desde el punto 1 hasta un punto (cm ⁴)	Sa	SA
— Módulo de alabeo de la sección (cm ⁶)	Ia	IA

3.3. Instrucciones de uso

Paso	Instrucciones	Entrada	Función	Salida	Comentarios
1	Comienzo		XEQ "S"	N?	
2	N.º segmentos que componen la sección	n (≤ 20) R/S	R/S	X.↑Y.1	
3	Coordenadas de los extremos en los ejes elegidos x' y'	x ₁ y ₁ x ₃ y ₃ • • • x' 2n+1 y' 2n+1	ENTER↑ R/S ENTER↑ R/S • • • ENTER↑ R/S	X.↑Y.3 X.↑Y.5 • • • E2?	
4	Espesores de los segmentos	e ₂ e _n • • • e _{2n}	R/S R/S • • • R/S R/S ⁽¹⁾ • • • R/S ⁽¹⁾	E4? E6? • • • L2=... L4=... • • L2n=...	Longitud de los segmentos.
5			R/S ⁽¹⁾	A=...	Area de la sección.
6			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾	X.O=... Y.O=...	Coordenadas del baricentro.
7			R/S	IT=...	Módulo de torsión.
8			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ • • • R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾	X1=... Y1=... X2=... Y2=... • • • X _{2n+1} =... Y _{2n+1} =...	Coordenadas de los extremos y puntos medios de cada segmento en los ejes baricéntricos.

Continuación

Paso	Instrucciones	Entrada	Función	Salida	Comentarios
9			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ • • • R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾	SX2=.. SY2=.. SX3=.. SY3=.. • • • SX _{2n+1} =.. SY _{2n+1} =..	Momentos estáticos de la sección desde el punto 1 hasta el punto respecto de los ejes x y.
10			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾	IX=.. IY=.. IXY=..	Momentos y productos de inercia de la sección respecto de los ejes x y.
11			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾	XM=.. YM=..	Coordenadas del centro de esfuerzos cortantes.
12			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ • • • R/S ⁽¹⁾	O1=.. O3=..	Coordenada de alabeo de un punto.
13			R/S ⁽¹⁾ R/S ⁽¹⁾ • • • R/S ⁽¹⁾	SA2=.. SA3=.. • • • SA _{2n+1} =	Momentos estáticos de alabeo desde en punto 1 hasta un punto.
14			R/S ⁽¹⁾	IA=..	Módulo de alabeo.

(1) Con la impresora conectada, no son necesarios.

3.4. Listado del programa

```

01♦LBL "S"      65 -      128 ARCL 65      193 STO 68
02 CLRG         66 X↑2    129 AVIEW      194 STO 79
03 SF 21        67 RCL 73  130 "Y.0="    195 STO 69
04 FIX 0        68 RCL 74  131 ARCL 66    196 STO 70
05 CF 29        69 -      132 AVIEW      197♦LBL 04
06 "N?"        70 X↑2    133 "IT="      198 RCL 66
07 PROMPT      71 +      134 ARCL 67    199 STO 65
08 2            72 SQRT   135 AVIEW      200 RCL 68
09 *            73 FIX 0   136 ADV        201 STO 67
10 1            74 CF 29   137 RCL 00      202 RCL 79
11 +            75 "L"    138 1          203 STO 78
12 1 E3         76 ARCL 63  139 -          204 XEQ 15
13 /            77 "t="    140 STO 63      205 RDN
14 2 E-5        78 FIX 6   141♦LBL 03      206 20
15 +            79 SF 29   142 RCL 63      207 +
16 2            80 ARCL X   143 1          208 RCL IND
17 +            81 AVIEW    144 +          X
18 STO 00       82 RCL 63   145 2          209 STO 75
19 1            83 2       146 /          210 RCL 71
20 -            84 /       147 RCL 65      211 RCL 72
21 STO 63       85 42      148 ST- IND    212 +
22♦LBL 00       86 +      Y          213 *
23 RCL 63       87 X<>Y    149 RDN        214 ST+ 69
24 1            88 RCL IND  150 21        215 RCL 69

```

25 +	Y	151 +	216 STO 66
26 2	89 *	152 RCL 66	217 RCL 71
27 /	90 STO IND	153 ST- IND	218 3
28 "X.↑Y."	Y	Y	219 *
29 ARCL 63	91 LASTX	154 ISG 63	220 RCL 72
30 "↑?"	92 X↑2	155 GTO 03	221 +
31 PROMPT	93 *	156 RCL 00	222 4
32 X<>Y	94 ST+ 67	157 STO 63	223 /
33 STO IND	95 RCL IND	158 LBL 07	224 RCL 75
Z	Y	159 XEQ 15	225 *
34 RDN	96 ST+ 64	160 RCL 63	226 -
35 21	97 2	161 1	227 RCL 63
36 ST+ Z	98 ST/ IND	162 -	228 X<>Y
37 RDN	T	163 RCL 72	229 "X"
38 STO IND	99 RDN	164 RCL 74	230 ASTO Z
Y	100 RCL 73	165 XEQ 17	231 XEQ 16
39 ISG 63	101 RCL 74	166 X<> Z	232 4
40 GTO 00	102 +	167 1	233 *
41 RCL 00	103 2	168 +	234 RCL 65
42 STO 63	104 /	169 RCL 71	235 +
43 LBL 01	105 X<>Y	170 RCL 72	236 RCL 66
44 "E"	106 *	171 +	237 +
45 ARCL 63	107 ST+ 65	172 2	238 6
46 "↑?"	108 LASTX	173 /	239 /
47 PROMPT	109 RCL 71	174 RCL 73	240 STO 76
48 RCL 63	110 RCL 72	175 RCL 74	241 RCL 71
49 2	111 +	176 +	242 RCL 72
50 /	112 2	177 2	243 -
51 42	113 /	178 /	244 *
52 +	114 *	179 XEQ 17	245 ST- 81
53 RDN	115 ST+ 66	180 ISG 63	246 RCL 73
54 STO IND	116 ISG 63	181 GTO 07	247 RCL 74
T	117 GTO 02	182 RCL 63	248 +
55 ISG 63	118 ADV	183 1	249 RCL 75
56 GTO 01	119 RCL 64	184 -	250 *
57 RCL 00	120 ST/ 65	185 RCL 71	251 ST+ 70
58 STO 63	121 ST/ 66	186 RCL 73	252 RCL 70
59 ADV	122 3	187 XEQ 17	253 STO 68
60 ADV	123 ST/ 67	188 ADV	254 RCL 73
61 LBL 02	124 "A="	189 RCL 00	255 3
62 XEQ 15	125 ARCL 64	190 STO 63	256 *
63 RCL 71	126 AVIEW	191 0	257 RCL 74
64 RCL 72	127 "X.0="	192 STO 66	258 +
259 4	326 RCL 82	393 ST+ 67	459 -
260 /	327 RCL 84	394 RCL 63	460 RCL 73
261 RCL 75	328 *	395 2	461 RCL 74
262 *	329 RCL 83	396 /	462 +
263 -	330 RCL 85	397 42	463 2
264 RCL 63	331 *	398 +	464 /
265 X<>Y	332 -	399 RCL IND	465 RCL 86
266 "Y"	333 RCL 81	X	466 -
267 ASTO Z	334 RCL 82	400 RCL 67	467 RCL 85
268 XEQ 16	335 *	401 *	468 *
269 4	336 RCL 83	402 ST+ 66	469 +
270 *	337 X↑2	403 ISG 63	470 RCL 66
271 RCL 67	338 -	404 GTO 05	471 -
272 +	339 /	405 RCL 64	472 STO 77
273 RCL 68	340 STO 84	406 ST/ 66	473 RCL 70
274 +	341 "XM="	407 RCL 66	474 RCL 71
275 6	342 ARCL X	408 CHS	475 RCL 87
276 /	343 AVIEW	409 STO 78	476 -
277 STO 77	344 LASTX	410 0	477 RCL 84
278 RCL 73	345 RCL 81	411 STO 70	478 *

279 RCL 74	346 RCL 85	412 STO 81	479 -
280 -	347 *	413 STO 82	480 RCL 73
281 *	348 RCL 83	414 RCL 00	481 RCL 86
282 ST- 82	349 RCL 84	415 STO 63	482 -
283 LASTX	350 *	416 RCL 01	483 RCL 85
284 RCL 76	351 -	417 STO 86	484 *
285 *	352 X<>Y	418 RCL 22	485 +
286 ST- 83	353 /	419 STO 87	486 RCL 66
287 XEQ 14	354 CHS	420 LBL 06	487 -
288 ST+ 80	355 STO 85	421 RCL 70	488 STO 78
289 RCL 80	356 "YM="	422 STO 68	489 RCL 77
290 STO 79	357 ARCL X	423 RCL 78	490 RCL 76
291 RCL 78	358 AVIEW	424 STO 76	491 +
292 -	359 ADV	425 "O"	492 2
293 RCL 76	360 0	426 RCL 63	493 /
294 X<>Y	361 STO 66	427 1	494 RCL 63
295 *	362 STO 65	428 -	495 2
296 ST- 84	363 RCL 00	429 FIX 0	496 /
297 LASTX	364 STO 63	430 CF 29	497 42
298 RCL 77	365 LBL 05	431 ARCL X	498 +
299 *	366 RCL 65	432 "I="	499 RDN
300 ST- 85	367 2	433 FIX 6	500 RCL IND
301 RCL 63	368 *	434 SF 29	T
302 1	369 STO 67	435 ARCL Y	501 STO 75
303 +	370 XEQ 15	436 AVIEW	502 *
304 RCL 66	371 XEQ 14	437 RCL 81	503 RCL 79
305 "X"	372 ST+ 65	438 STO 79	504 +
306 ASTO Z	373 ST+ 67	439 XEQ 15	505 STO 80
307 XEQ 16	374 RCL 71	440 XEQ 14	506 RCL 63
308 RDN	375 RCL 72	441 RCL 68	507 2
309 RCL 68	376 +	442 X<>Y	508 /
310 "Y"	377 RCL 22	443 +	509 X<>Y
311 ASTO Z	378 2	444 STO 70	510 STO IND
312 XEQ 16	379 *	445 LASTX	Y
313 ISG 63	380 -	446 2	511 RCL 78
314 GTO 04	381 RCL 84	447 /	512 RCL 77
315 ADV	382 *	448 -	513 +
316 "IX="	383 ST- 67	449 STO 69	514 2
317 ARCL 81	384 RCL 73	450 RCL 71	515 /
318 AVIEW	385 RCL 74	451 RCL 72	516 RCL 75
319 "IY="	386 +	452 +	517 *
320 ARCL 82	387 RCL 01	453 2	518 RCL 80
321 AVIEW	388 2	454 /	519 +
322 "IXY="	389 *	455 RCL 87	520 STO 81
323 ARCL 83	390 -	456 -	521 RCL 63
324 AVIEW	391 RCL 85	457 RCL 84	522 2
325 ADV	392 *	458 *	523 /
524 21	588 ADV	618 ARCL Z	
525 +	589 ADV	619 FIX 0	
526 X<>Y	590 STOP	620 CF 29	
527 STO IND	591 GTO "S"	621 ARCL Y	
Y	592 LBL 15	622 "I="	
528 RCL 80	593 RCL 63	623 SF 29	
529 4	594 2	624 FIX 6	
530 *	595 /	625 ARCL X	
531 +	596 1	626 AVIEW	
532 RCL 79	597 +	627 RTN	
533 +	598 RCL IND	628 LBL 14	
534 6	X	629 RCL 74	
535 /	599 STO 73	630 RCL 71	
536 RCL 78	600 RDN	631 *	
537 RCL 76	601 1	632 RCL 73	

538 -	602 -	633 RCL 72
539 *	603 RCL IND	634 *
540 ST- 82	X	635 -
541 ISG 63	604 STO 74	636 RTN
542 GTO 06	605 RDN	637♦LBL 17
543 "0"	606 21	638 "X"
544 RCL 63	607 +	639 XEQ 18
545 1	608 RCL IND	640 "Y"
546 -	X	641 X<>Y
547 FIX 0	609 STO 72	642♦LBL 18
548 CF 29	610 RDN	643 FIX 0
549 ARCL X	611 1	644 CF 29
550 "t="	612 +	645 ARCL Z
551 FIX 6	613 RCL IND	646 "t="
552 SF 29	X	647 FIX 6
553 ARCL 78	614 STO 71	648 SF 29
554 AVIEW	615 RTN	649 ARCL X
555 ADV	616♦LBL 16	650 AVIEW
556 RCL 00	617 "S"	651 RTN
557 STO 63		
558♦LBL 08		
559 "A"		
560 ASTO X		
561 RCL 63		
562 RCL 63		
563 2		
564 /		
565 RDN		
566 RCL IND		
T		
567 XEQ 16		
568 RDN		
569 1		
570 +		
571 RCL 63		
572 2		
573 /		
574 21		
575 +		
576 RDN		
577 RCL IND		
T		
578 XEQ 16		
579 ISG 63		
580 GTO 08		
581 ADV		
582 "IA="		
583 ARCL 82		
584 AVIEW		
585 ADV		
586 ADV		
587 ADV		

4. Ejemplos

4.1. Ejemplo 1: Perfil UF 150.70.4.

UF 150.70.4

```

XEQ "S"
N?
5 RUN
X.↑Y.1?
6.8 ENTER↑
14.6 RUN
X.↑Y.3?
.44 ENTER↑
14.6 RUN
X.↑Y.5?
0 ENTER↑
14.16 RUN
X.↑Y.7?
0 ENTER↑
.44 RUN
X.↑Y.9?
.44 ENTER↑
0 RUN
X.↑Y.11?
6.8 ENTER↑
0 RUN
E2?
.4 RUN
E4?
.4 RUN
E6?
.4 RUN
E8?
.4 RUN
E10?
.4 RUN
    
```

```

L2=6.360000
L4=0.622254
L6=13.720000
L8=0.622254
L10=6.360000
A=11.073803
X.0=1.673145
Y.0=7.300000
IT=0.590603
X1=5.126855
Y1=7.300000
X2=1.946855
Y2=7.300000
X3=-1.233145
Y3=7.300000
X4=-1.453145
Y4=7.000000
X5=-1.673145
Y5=6.860000
X6=-1.673145
Y6=-3.000000E-9
X7=-1.673145
Y7=-6.860000
    
```

```

X8=-1.453145
Y8=-7.000000
X9=-1.233145
Y9=-7.300000
X10=1.946855
Y10=-7.300000
X11=5.126855
Y11=-7.300000
SX2=9.285600
SY2=4.498880
SX3=18.571200
SY3=4.952800
SX4=19.466001
SY4=4.785644
SX5=20.333423
SY5=4.591109
SX6=29.745343
SY6=-4.000000E-9
SX7=20.333423
SY7=-4.591109
SX8=19.466001
SY8=-4.785644
SX9=18.571200
SY9=-4.952800
SX10=9.285600
SY10=-4.498880
SX11=-4.000000E-8
SY11=-7.000000E-9
    
```

```

IX=382.188327
IY=52.857787
IXY=1.900000E-7
XM=-4.236563
YM=-1.517480E-8
O1=-30.733448
O3=15.694552
O5=17.585048
O7=-17.585048
O9=-15.694552
O11=30.733448
SA2=-24.328842
SA3=-19.129475
SA4=-17.117457
SA5=-14.987883
SA6=9.138884
SA7=-14.987883
SA8=-17.117457
SA9=-19.129475
SA10=-24.328842
SA11=-1.700000E-9
IA=1.905.316676
    
```

Technical drawing of a U-shaped profile. The profile is shaded gray. Dimensions are indicated with arrows and numbers: the total height is 15, the total width is 7, the corner radius is $r=0.4$, and the height of the fillet at the corners is 2. The profile is oriented vertically with the open end at the top.

[illegible]

Technical drawing of a C-channel profile with the following dimensions:

- Total height: 16
- Top flange width: 6
- Flange thickness: 2
- Web thickness: 0.3
- End flange radius: $r=0.3$
- Bottom flange width: 5.3

ZF 160.3	E2?	.3	RUN	X1=-5,220648		IX=329,427734
REQ "S"	E4?	.3	RUN <td>Y1=6,552870 <td></td> <td>IY=56,779445</td> </td>	Y1=6,552870 <td></td> <td>IY=56,779445</td>		IY=56,779445
N?	E6?	.3	RUN <td>X2=-5,220648 <td>SX2=1,254990</td> <td>IXY=-100,621714</td> </td>	X2=-5,220648 <td>SX2=1,254990</td> <td>IXY=-100,621714</td>	SX2=1,254990	IXY=-100,621714
9 RUN	E8?	.3	RUN <td>Y2=7,162870 <td>SY2=-0,955378</td> <td></td> </td>	Y2=7,162870 <td>SY2=-0,955378</td> <td></td>	SY2=-0,955378	
X.↑Y.1?	E10?	.3	RUN <td>X3=-5,220648 <td>SX3=2,621610</td> <td>XM=0,098787</td> </td>	X3=-5,220648 <td>SX3=2,621610</td> <td>XM=0,098787</td>	SX3=2,621610	XM=0,098787
0 ENTER↑	E12?	.3	RUN <td>Y3=7,772870 <td>SY3=-1,910757</td> <td>YM=-3,265401</td> </td>	Y3=7,772870 <td>SY3=-1,910757</td> <td>YM=-3,265401</td>	SY3=-1,910757	YM=-3,265401
14,15 RUN	E14?	.3	RUN <td>X4=-5,055648 <td>SX4=3,171514</td> <td></td> </td>	X4=-5,055648 <td>SX4=3,171514</td> <td></td>	SX4=3,171514	
X.↑Y.3?	E16?	.3	RUN <td>Y4=7,937870 <td>SY4=-2,270446</td> <td>01=50,406419</td> </td>	Y4=7,937870 <td>SY4=-2,270446</td> <td>01=50,406419</td>	SY4=-2,270446	01=50,406419
0 ENTER↑	E18?	.3	RUN <td>X5=-4,090648 <td>SX5=3,732969</td> <td>03=43,916709</td> </td>	X5=-4,090648 <td>SX5=3,732969</td> <td>03=43,916709</td>	SX5=3,732969	03=43,916709
15,37 RUN		.3	RUN <td>Y5=8,102870 <td>SY5=-2,618584</td> <td>05=38,518640</td> </td>	Y5=8,102870 <td>SY5=-2,618584</td> <td>05=38,518640</td>	SY5=-2,618584	05=38,518640
X.↑Y.5?		.3	RUN <td>X6=-2,720648 <td>SX6=9,007937</td> <td>07=-10,820003</td> </td>	X6=-2,720648 <td>SX6=9,007937</td> <td>07=-10,820003</td>	SX6=9,007937	07=-10,820003
.33 ENTER↑		.3	RUN <td>Y6=8,102870 <td>SY6=-5,096060</td> <td>09=-14,357246</td> </td>	Y6=8,102870 <td>SY6=-5,096060</td> <td>09=-14,357246</td>	SY6=-5,096060	09=-14,357246
15,7 RUN		.3	RUN <td>X7=-0,550648 <td>SX7=14,282906</td> <td>011=-9,552553</td> </td>	X7=-0,550648 <td>SX7=14,282906</td> <td>011=-9,552553</td>	SX7=14,282906	011=-9,552553
X.↑Y.7?		.3	RUN <td>Y7=8,102870 <td>SY7=-6,160867</td> <td>013=-0,126998</td> </td>	Y7=8,102870 <td>SY7=-6,160867</td> <td>013=-0,126998</td>	SY7=-6,160867	013=-0,126998
4,67 ENTER↑		.3	RUN <td>X8=-0,385648 <td>SX8=14,844360</td> <td>015=13,704514</td> </td>	X8=-0,385648 <td>SX8=14,844360</td> <td>015=13,704514</td>	SX8=14,844360	015=13,704514
15,7 RUN		.3	RUN <td>Y8=7,937870 <td>SY8=-6,193639</td> <td>017=16,800645</td> </td>	Y8=7,937870 <td>SY8=-6,193639</td> <td>017=16,800645</td>	SY8=-6,193639	017=16,800645
X.↑Y.9?		.3	RUN <td>X9=-0,220648 <td>SX9=15,394264</td> <td>019=24,979105</td> </td>	X9=-0,220648 <td>SX9=15,394264</td> <td>019=24,979105</td>	SX9=15,394264	019=24,979105
5 ENTER↑			<td>Y9=7,772870 <td>SY9=-6,214860</td> <td></td> </td>	Y9=7,772870 <td>SY9=-6,214860</td> <td></td>	SY9=-6,214860	
15,37 RUN			<td>X10=-0,220648 <td>SX10=24,447299</td> <td>SA2=8,927470</td> </td>	X10=-0,220648 <td>SX10=24,447299</td> <td>SA2=8,927470</td>	SX10=24,447299	SA2=8,927470
X.↑Y.11?			<td>Y10=0,252870 <td>SY10=-6,712641</td> <td>SA3=17,261132</td> </td>	Y10=0,252870 <td>SY10=-6,712641</td> <td>SA3=17,261132</td>	SY10=-6,712641	SA3=17,261132
5 ENTER↑			<td>X11=-0,220648 <td>SX11=16,535214</td> <td>SA4=20,240988</td> </td>	X11=-0,220648 <td>SX11=16,535214</td> <td>SA4=20,240988</td>	SX11=16,535214	SA4=20,240988
.33 RUN			<td>Y11=-7,267130 <td>SY11=-7,210422</td> <td>SA5=23,031901</td> </td>	Y11=-7,267130 <td>SY11=-7,210422</td> <td>SA5=23,031901</td>	SY11=-7,210422	SA5=23,031901
X.↑Y.13?			<td>X12=-0,055648 <td>SX12=16,020714</td> <td>SA6=40,077672</td> </td>	X12=-0,055648 <td>SX12=16,020714</td> <td>SA6=40,077672</td>	SX12=16,020714	SA6=40,077672
5,33 ENTER↑			<td>Y12=-7,432130 <td>SY12=-7,220093</td> <td>SA7=41,063714</td> </td>	Y12=-7,432130 <td>SY12=-7,220093</td> <td>SA7=41,063714</td>	SY12=-7,220093	SA7=41,063714
0 RUN			<td>X13=0,109352 <td>SX13=15,494663</td> <td>SA8=40,244370</td> </td>	X13=0,109352 <td>SX13=15,494663</td> <td>SA8=40,244370</td>	SX13=15,494663	SA8=40,244370
X.↑Y.15?			<td>Y13=-7,597130 <td>SY13=-7,218213</td> <td>SA9=39,301217</td> </td>	Y13=-7,597130 <td>SY13=-7,218213</td> <td>SA9=39,301217</td>	SY13=-7,218213	SA9=39,301217
10,37 ENTER↑			<td>X14=2,629352 <td>SX14=9,751233</td> <td>SA10=9,620891</td> </td>	X14=2,629352 <td>SX14=9,751233</td> <td>SA10=9,620891</td>	SX14=9,751233	SA10=9,620891
0 RUN			<td>Y14=-7,597130 <td>SY14=-6,182982</td> <td>SA11=-14,640196</td> </td>	Y14=-7,597130 <td>SY14=-6,182982</td> <td>SA11=-14,640196</td>	SY14=-6,182982	SA11=-14,640196
X.↑Y.17?			<td>X15=5,149352 <td>SX15=4,007803</td> <td>SA12=-15,283981</td> </td>	X15=5,149352 <td>SX15=4,007803</td> <td>SA12=-15,283981</td>	SX15=4,007803	SA12=-15,283981
10,7 ENTER↑			<td>Y15=-7,597130 <td>SY15=-3,242632</td> <td>SA13=-15,877855</td> </td>	Y15=-7,597130 <td>SY15=-3,242632</td> <td>SA13=-15,877855</td>	SY15=-3,242632	SA13=-15,877855
.33 RUN			<td>X16=5,314352 <td>SX16=3,481752</td> <td>SA14=-17,895710</td> </td>	X16=5,314352 <td>SX16=3,481752</td> <td>SA14=-17,895710</td>	SX16=3,481752	SA14=-17,895710
X.↑Y.19?			<td>Y16=-7,432130 <td>SY16=-2,876384</td> <td>SA15=-11,661253</td> </td>	Y16=-7,432130 <td>SY16=-2,876384</td> <td>SA15=-11,661253</td>	SY16=-2,876384	SA15=-11,661253
10,7 ENTER↑			<td>X17=5,479352 <td>SX17=2,967251</td> <td>SA16=-10,647703</td> </td>	X17=5,479352 <td>SX17=2,967251</td> <td>SA16=-10,647703</td>	SX17=2,967251	SA16=-10,647703
1,85 RUN			<td>Y17=-7,267130 <td>SY17=-2,498585</td> <td>SA17=-9,525783</td> </td>	Y17=-7,267130 <td>SY17=-2,498585</td> <td>SA17=-9,525783</td>	SY17=-2,498585	SA17=-9,525783
			<td>X18=5,479352 <td>SX18=1,396986</td> <td>SA18=-5,229064</td> </td>	X18=5,479352 <td>SX18=1,396986</td> <td>SA18=-5,229064</td>	SX18=1,396986	SA18=-5,229064
			<td>Y18=-6,507130 <td>SY18=-1,249292</td> <td>SA19=-2,720000E-7</td> </td>	Y18=-6,507130 <td>SY18=-1,249292</td> <td>SA19=-2,720000E-7</td>	SY18=-1,249292	SA19=-2,720000E-7
			<td>X19=5,479352 <td>SX19=1,100000E-8</td> <td></td> </td>	X19=5,479352 <td>SX19=1,100000E-8</td> <td></td>	SX19=1,100000E-8	
			<td>Y19=-5,747130 <td>SY19=1,100000E-8</td> <td></td> </td>	Y19=-5,747130 <td>SY19=1,100000E-8</td> <td></td>	SY19=1,100000E-8	
			<td>A=8,708029</td> <td></td> <td>IA=2,560,275743</td>	A=8,708029		IA=2,560,275743
			<td>X.0=5,220648</td> <td></td> <td></td>	X.0=5,220648		
			<td>Y.0=7,597130</td> <td></td> <td></td>	Y.0=7,597130		
			<td>IT=0,261241</td> <td></td> <td></td>	IT=0,261241		

4.4. Ejemplo 4: Perfil OF 80.3

OF 80.3

XEQ "S"

N?

X.Y.1?

X.Y.3?

X.Y.5?

X.Y.7?

X.Y.9?

X.Y.11?

X.Y.13?

X.Y.15?

X.Y.17?

X.Y.19?

9 RUN

0 ENTER↑

7,7 RUN

2,52 ENTER↑

7,7 RUN

2,85 ENTER↑

7,37 RUN

2,85 ENTER↑

,33 RUN

3,18 ENTER↑

0 RUN

7,22 ENTER↑

0 RUN

7,55 ENTER↑

,33 RUN

7,55 ENTER↑

7,37 RUN

7,88 ENTER↑

7,7 RUN

10,4 ENTER↑

7,7 RUN

E2?

E4?

E6?

E8?

E10?

E12?

E14?

E16?

E18?

L2=2,520000

L4=0,466690

L6=7,040000

L8=0,466690

L10=4,040000

L12=0,466690

L14=7,040000

L16=0,466690

L18=2,520000

A=7,500029

X.0=5,200000

Y.0=4,003835

IT=0,225241

X1=-5,200000

Y1=3,696165

X2=-3,940000

Y2=3,696165

X3=-2,680000

Y3=3,696165

X4=-2,515000

Y4=3,531165

X5=-2,350000

Y5=3,366165

X6=-2,350000

Y6=-0,153835

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

,3 RUN

X7=-2,350000

Y7=-3,673835

X8=-2,185000

Y8=-3,838835

X9=-2,020000

Y9=-4,003835

X10=1,000000E-9

Y10=-4,003835

X11=2,020000

Y11=-4,003835

X12=2,185000

Y12=-3,838835

X13=2,350000

Y13=-3,673835

X14=2,350000

Y14=-0,153835

X15=2,350000

Y15=3,366165

X16=2,515000

Y16=3,531165

X17=2,680000

Y17=3,696165

X18=3,940000

Y18=3,696165

X19=5,200000

Y19=3,696165

SX2=1,397150

SY2=-1,727460

SX3=2,794300

SY3=-2,978640

SX4=3,047270

SY4=-3,160474

SX5=3,288689

SY5=-3,330758

SX6=4,984799

SY6=-5,812358

SX7=2,963789

SY7=-8,293958

SX8=2,700832

SY8=-8,452691

SX9=2,426324

SY9=-8,599874

SX10=1,000000E-9

SY10=-9,211934

SX11=-2,426324

SY11=-8,599874

SX12=-2,700832

SY12=-8,452691

SX13=-2,963789

SY13=-8,293958

SX14=-4,984799

SY14=-5,812358

SX15=-3,288689

SY15=-3,330758

SX16=-3,047270

SY16=-3,160474

SX17=-2,794300

SY17=-2,978640

SX18=-1,397150

SY18=-1,727460

SX19=1,000000E-9

SY19=7,000000E-9

IX=65,254330

IY=52,360442

IXY=-7,000000E-9

XM=1,920093E-9

YM=-6,470626

O1=16,677313

O3=-8,943000

O5=-11,413641

O7=5,130359

O9=4,982918

O11=-4,962918

O13=-5,130359

O15=11,413641

O17=8,943000

O19=-16,677313

SA2=3,882905

SA3=2,923570

SA4=2,254290

SA5=1,493533

SA6=-6,186656

SA7=-5,136613

SA8=-4,780050

SA9=-4,428648

SA10=-2,918324

SA11=-4,428648

SA12=-4,780050

SA13=-5,136613

SA14=-6,186656

SA15=1,498533

SA16=2,254290

SA17=2,923570

SA18=3,882905

SA19=-3,400000E-8

IA=289,695425

4.5. Ejemplo 5: Cálculo de tensiones

Cálculo de tensiones normales y tangenciales en una correa fabricada con el perfil CF 150.70.20.4 (Ejemplo 2), sometida a una carga uniforme $q_y = 3 \text{ kp/cm}$. La longitud de la correa es de 250 cm.

— Momento torsor uniforme:

$$k = 3(5,29 - 2,10) = 9,57 \text{ kp} \cdot \text{cm/cm}$$

— Longitud característica a torsión:

$$t = 1,61 \sqrt{\frac{3470}{0,648}} = 118 \text{ cm}$$

Como ejemplo numérico se desarrolla el cálculo de tensiones en el punto 1 de una sección, situada a una distancia de un cuarto de la luz del extremo I ($z = 62,5 \text{ cm}$).

Solicitación de flexión

$$M_x = \frac{1}{2} (q_y \cdot L \cdot z - q_y \cdot z^2) = \frac{1}{2} (3 \times 250 \times 62,5 - 3 \times 62,5^2) = 17.600 \text{ kp} \cdot \text{cm}$$

$$M_y = \frac{1}{2} (q_x \cdot L \cdot z - q_x \cdot z^2) = 0$$

$$T_x = \frac{1}{2} (q_x \cdot L - 2 \cdot q_x \cdot z) = 0$$

$$T_y = \frac{1}{2} (q_y \cdot L - 2 \cdot z \cdot q_y \cdot z) = \frac{1}{2} (3 \times 250 - 2 \times 3 \times 62,5) = 188 \text{ kp}$$

Solicitación de torsión

$$M_r = \frac{k(L - 2z)}{2} - \frac{kt}{\text{Sh} \frac{L}{t}} \left[\text{Ch} \frac{L - z}{t} - \text{Ch} \frac{z}{t} \right] = \frac{9,57(250 - 2 \times 62,5)}{2} - \frac{9,57 \times 118}{\text{Sh} \frac{250}{118}} \left[\text{Ch} \frac{250 - 62,5}{118} - \text{Ch} \frac{62,5}{118} \right] = 210 \text{ kp} \cdot \text{cm}$$

$$M_a = \frac{kt}{Sh \frac{L}{t}} \left[Ch \frac{L-z}{t} - Ch \frac{z}{t} \right] = \frac{9,57 \times 118}{Sh \frac{250}{118}} \left[Ch \frac{250-62,5}{118} - Ch \frac{62,5}{118} \right] = 388 \text{ kp} \cdot \text{cm}^2$$

$$B = - \frac{kt^2}{Sh \frac{L}{t}} \left[Sh \frac{L-z}{t} - Sh \frac{L}{t} + Sh \frac{z}{t} \right] = - \frac{9,57 \times 118^2}{Sh \frac{250}{118}} \left[Sh \frac{250-62,5}{118} - Sh \frac{250}{118} + Sh \frac{62,5}{118} \right] = 38.900 \text{ kp} \cdot \text{cm}^2$$

Cálculo de tensiones

$$\sigma_r = \frac{M_x}{I_x} y = \frac{17.600}{422} 5,5 = 230 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_t = - \frac{T_y S_x}{e I_x} = 0$$

$$\sigma_t = \frac{B \Omega}{I_a} = \frac{38.900 (-42,2)}{3.470} = - 473 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_t = - \frac{M_a S_a}{e I_a} (\pm \frac{M_r e}{I_t}) = - \frac{388 \times 0}{0,4 \times 3.470} (\pm \frac{210 \times 0,4}{0,648}) = 0$$

$$= 130 \text{ kp/cm}^2$$

$$= - 130 \text{ kp/cm}^2$$

Los tres valores obtenidos para τ_t corresponden a las tensiones tangenciales en el punto 1 que, al ser variables a lo largo del espesor, toman valores diferentes en el centro o en los extremos del mismo.

Las tensiones resultantes son:

— Tensión normal: $\sigma = \sigma_r + \sigma_t = 230 - 473 = - 243 \text{ kp/cm}^2$

— Tensión tangencial: $\tau = \tau_r + \tau_t = 0 (\pm 130) = 0$

Las gráficas que se presentan a continuación corresponden a los valores de las tensiones normales y tangenciales existentes en 3 secciones de la barra:

$z = 0$	$M_x = 0$ $M_y = 0$ $T_x = 0$ $T_y = 375 \text{ kp}$	$M_r = 309 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $M_a = 887 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $B = 0$
$z = 62,5$	$M_x = 17.600 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $M_y = 0$ $T_x = 0$ $T_y = 188 \text{ kp}$	$M_r = 210 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $M_a = 388 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $B = 38.900 \text{ kp} \cdot \text{cm}^2$
$z = 125$	$M_x = 23.400 \text{ kp} \cdot \text{cm}$ $M_y = 0$ $T_x = 0$ $T_y = 0$	$M_r = 0$ $M_a = 0$ $B = 50.800 \text{ kp} \cdot \text{cm}^2$

— La línea quebrada que define la sección se ha representado desplegada para favorecer el entendimiento de las gráficas.

— Como se puede observar, existen tres valores de tensiones tangenciales para cada punto, tal y como se ha visto en el ejemplo numérico anterior.

* * *

publicaciones del i.e.t.c.c.

Modelos reducidos. Método de cálculo

H. Hossdorf, Ingeniero Civil

La técnica de los ensayos en modelos reducidos de estructuras sufre hoy día una decisiva metamorfosis. Hasta hace poco era un medio más bien de artesanía, que no siempre era tomado en serio por los académicos teorizantes para comprender el comportamiento resistente de las estructuras complejas y al que se acudió las más de las veces, como a un último remedio debido a sus indiscutibles insuficiencias. Sin embargo, en poco tiempo y gracias a su conexión con los ordenadores digitales, se ha transformado en un instrumento científicamente valioso, que no puede quedar a un lado en la práctica diaria del Ingeniero Projectista.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 17 x 24 cm, compuesto de 250 páginas, 158 figuras y fotografías.

Precios: 1.800 ptas.; \$ USA 26.00.

PASTAS CERAMICAS

Enrique Gippini,
Dr. en Ciencias Químicas

El nexo de unión de todos los capítulos del libro es la idea subyacente de crear una teoría general de pastas. Moldeo y Cocción son los dos procesos a los que debe adecuarse la composición. Las características físico-químicas más importantes que deben presentar las pastas para que los resultados de estos procesos sean satisfactorios y cómo pueden cambiarse dichas características son los temas de discusión escogidos.

Un volumen encuadernado en cartón, de 25 x 17 cm, compuesto de 259 páginas, 143 figuras y fotografías, y 37 tablas.

Precios: 2.000 ptas.; \$ USA 29.00.

La presa bóveda de Susqueda

A. Rebollo,
Dr. Ingeniero de Caminos

El esfuerzo del constructor de presas se sitúa, por su pretensión de perennidad, a contracorriente de las tendencias de la civilización actual, caracterizada por lo fungible. Pueden evocarse las 10.000 grandes presas en funcionamiento o en construcción que están envejeciendo y reclaman los cuidados gerontológicos para mantener y perfeccionar su servicio y garantizar su inalienable pretensión de perennidad. En la medida en que todas nuevas obras, grandes o pequeñas, son portadoras de riesgos ecológicos y, a veces, catastróficos, que aumentan con el envejecimiento, la gerontología de las presas es todo un empuje. La acción adelantada de Arturo Rebollo en este terreno marca un camino a seguir para todos los que aman su propia obra con la devoción paternal que él ha puesto en Susqueda.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 18 x 24,5 cm, compuesto de 408 páginas, 330 figuras y fotografías y 39 tablas.

Precios: 1.700 ptas.; extranjero, \$ USA 24.00.