

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

De Gaudí a Miralles.

Cent Anys d'Estructura Metàl·lica a Barcelona.



Autor: Josep Maria Pons Poblet

Directors: Frederic Marimon Carvajal
Josep Maria Fornons García

Tesi Doctoral presentada per a obtenir el títol de Doctor per la Universitat
Politécnica de Catalunya.

Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

Programa de Doctorat en Anàlisi Estructural. Barcelona 2014.



BLOC IV. 1959-1982



Els cables negres d'alta tensió
la lluna sobre el riu els fa brillar.
Sota el pas elevat de l'autopista,
la desolada terra de ningú,
corral de cotxes de segona mà.
Per a aquest món, cap més futur que Bach.





4.1. CONTEXT HISTÒRIC	5
4.2. MÈTODES DE CÀLCUL	14
4.2.1. Mètodes d'anàlisi global	15
4.2.1.1. Mètode de Cross	19
4.2.1.2. Mètode de Kani	49
4.2.1.3. Mètode de Takabeya	62
4.2.1.4. Mètodes Plàstics	65
4.2.2. Mètodes de dimensionament de peces i unions	80
4.3. NORMATIVA OFICIAL	86
4.3.1. Normativa oficial. Sèrie M.V.	88
4.3.1.1. NBE MV 102-1964. Acero laminado para estructuras de edificación	89
4.3.1.2. NBE MV 102-1975. Acero laminado para estructuras de edificación	99
4.3.1.3. NBE MV 103-1972. Cálculo de las estructuras de acero laminado en la edificación	109
4.3.1.4. NBE MV 104-1966. Ejecución de las estructuras de acero en la edificación	127
4.3.1.5. NBE MV 105-1967. Roblones de acero	139
4.3.1.6. NBE MV 106-1968. Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado	145
4.3.1.7. NBE MV 107-1968. Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas	154
4.3.1.8. NBE MV 108-1976. Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación	163
4.3.1.9. NBE MV 109-1979. Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación	169
4.3.1.10. NBE MV 110-1982. Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación	177
4.3.1.11. NBE MV 111-1980. Placas y paneles de chapa conformada de acero para edificación	189



4.3.2. Instituto Eduardo Torroja. Instrucción E.M. 62 para estructuras de acero	195
4.4. TECNOLOGIA INDUSTRIAL.....	200
4.4.1. Tecnologia dels materials	201
4.4.2. Tecnologia de fabricació i muntatge.....	232



4.1. CONTEXT HISTÒRIC



El període que comença vindrà marcat per un important creixement econòmic, si més no, en la fase inicial. Des del punt de vista polític també es pot parlar, encara que molt tímidament, d'una certa obertura del règim tant a l'interior com a l'exterior. Serà l'època de l'aparició dels tecnòcrates els quals assoliran cotes elevades de poder enfront als polítics pròpiament dits. En aquest període també es comencen a produir les primeres vagues (especialment a la mineria), la constitució de partits polítics i sindicats, moviments veïnals, etc. Passem-ho a detallar breument.

Se'n dubte serà 1959 un any clau; l'any del **Pla d'Estabilització**. Fins llavors es veia cada vegada més clar que amb el règim autàrquic que hem vist al BLOC anterior el país estava estancat. Calia la importació de productes energètics així com gran quantitat de bens de diversa tipologia que ajudarien la fràgil industrialització del país; era necessari doncs liberalitzar l'economia per tal d'augmentar-ne el creixement. Amb aquest objectiu es promulgà el Pla d'Estabilització.

6

Al final de la Guerra de Liberación, la economía española, tuvo que enfrentarse con el problema de su reconstrucción, que se veía retardada en aquellos momentos por la insuficiencia de los recursos y los bajos niveles de renta y ahorro, agravados por el desequilibrio de la capacidad productiva como consecuencia de la contienda. La guerra mundial y las repercusiones que trajo consigo aumentaron estas dificultades y cerraron gran parte de los mercados y fuentes de aprovisionamiento normales, lo que motivó una serie de intervenciones económicas al servicio de las tareas del abastecimiento y de la reconstrucción nacional. Sin embargo, a través de estas etapas difíciles España ha conocido un desarrollo sin precedentes en su economía. Gracias a ese rápido proceso, nuestra estructura económica se ha modificado profundamente. Resueltos un sin fin de problemas, **hay que enfrentarse ahora con otros derivados tanto del nivel de vida ya alcanzado cuanto de la evolución de la economía mundial**, especialmente la de los países de Occidente, en cuyas organizaciones económicas está integrada España.

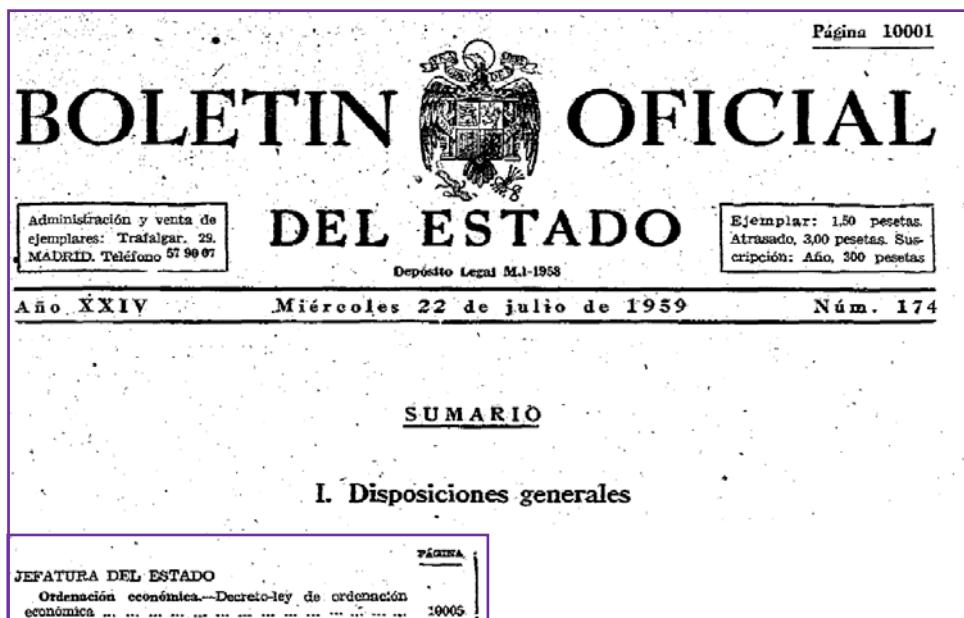


Figura 4.1 Decreto - Ley de ordenación económica.

Para ello son imprescindibles unas medidas de adaptación que, sin romper la continuidad de nuestro proceso económico, aseguren un crecimiento de la producción respaldada por una política de ahorro y de ordenación del gasto.[...] El Decreto-ley que a continuación se articula establece la liberalización progresiva de la importación de mercancías y, paralelamente, la de su comercio interior; autoriza la convertibilidad de la peseta y una regulación del mercado de divisas; faculta al Gobierno para modificar las tarifas de determinados impuestos y al ministerio de Hacienda para dictar normas acerca del volumen de créditos¹.

7

Fonamentalment el Pla preveia, entre d'altres, els següents ítems que tot seguit es transcriuen que, se'n dubte, tindran una traducció immediata en la indústria, en la construcció i en definitiva en el desenvolupament del país que es veurà obligat a la implementació de noves infraestructures per tal de satisfer la creixent demanda tant interna com externa:

¹ **Publicación:** BOE número 174 de 22/07/1959

Referencia: 1959/09920. BOE-A-1976-25284

Páginas: 10005 - 10007



- Reducció de la despesa pública i congelació dels sous dels funcionaris.
- Fixació d'un canvi estable de la pesseta amb les altres divises.
- Moderació salarial per lluitar contra la inflació.
- Reducció de l'intervencionisme de l'Estat en l'economia.
- Liberalització de les importacions i afavoriment de les exportacions.
- Estimulació de les inversions estrangeres, excepte en indústries de guerra, serveis públics i activitats relacionades amb la informació.

L'any 1960 es fixa un aranzel de caire fortament proteccióista que complementaria les mesures anteriors². Aquests fets, ajudats per l'efecte del turisme, l'entrada de capital estranger (amb la conseqüent dependència de l'exterior), i l'entrada de divises dels emigrants espanyols feren que l'economia espanyola tingués un espectacular creixement.

	Evolució del PIB i de la renda per càpita	
	PIB (milions de pessetes)	Renda per càpita (pessetes)
1955	260.863	8.982
1960	828.000	27.253
1965	1.285.000	48.000
1970	2.070.000	70.800
1975	2.297.000	151.424

8

Figura 4.2 Evolució del PIB i de la renda per càpita. Font: Història econòmica

Una altra dada significativa serà l'augment demogràfic que es produeix a l'estat espanyol. Aquest fet obligarà a augmentar habitatges, serveis i infraestructures entre d'altres (en parèntesi les xifres corresponen a Barcelona).

² Publicación: BOE de 31/05/1960 - Sección I

Referencia: BOE-A-1960-7965.

Pàgines: 7323 a 7353



Poblaciones de hecho. Cifras de censos respectivos. (Unidades: Personas).	
1960	30.582.936 (1.557.863)
1970	33.956.047 (1.745.142)
1981	37.742.561 (1.754.900)

Figura 4.3 Increments demogràfics. Font: <http://www.ine.es>

Una de les causes d'aquesta creixença esdevenimental és la immigració. Uns esdeveniments molt importants en aquest període, especialment a la primera part, són els moviments migratoris de persones tant a l'exterior com a l'interior. Respecte a l'exterior, si abans hi havia un important flux respecte a l'Amèrica Llatina ara es transvasarà cap a Europa (Alemanya i França principalment).

Ara bé, més important serà la immigració interior que implicarà un *èxode rural* de persones que abandonen les zones, generalment agrícoles i a voltes deprimides, per anar cap a zones industrials amb caràcter definitiu (fet que la immigració exterior no tenia ja que era de caràcter bàsicament temporal). 9



Figura 4.4 Bellvitge als anys 60. Autor: Paco Elvira.

Aquesta dada, important a Catalunya, País Basc, Madrid i València, implicà una creixent urbanització amb la creació de barris de nova construcció.



Esdevindrà un fet clau doncs caldran habitatges i serveis que hauran de ser duts a terme amb una gran rapidesa.

Aquesta època, com s'ha referit, també va suposar un augment de renda per a la majoria de famílies fet que provocà que a moltes llars apareguessin nous electrodomèstics (rentadores, televisions,...) a més de l'adquisició, per primera vegada, d'un automòbil.

L'evolució que estava patint el país provocà un augment elevat de la producció industrial i conseqüentment un augment del sector constructiu per tal d'allotjar aquelles noves empreses.



10

Figura 4.5 Edifici SEAT.

La protesta social contra el règim continuava. El 20 de novembre de l'any 1964 es fundà la *Comissió Obrera Central de Barcelona* als locals de la parròquia de Sant Medir, al barri de Sants. També és destacada *la Caputxinada*, nom amb el qual es coneixen els fets que tingueren lloc el 9 de març de 1966 al convent dels caputxins de Sarrià on es reuní l'Assemblea Constituent del Sindicat Democràtic d'Estudiants així com els posteriors fets que provocaren l'actuació policial.

Són rellevants en aquesta època els moviments veïnals en diversos barris per tal de fer sentir a l'administració demandes locals a voltes oblidades.



Figura 4.6 Arribada del metro als barris populars. Font: Ajuntament de Barcelona.

Mort el dictador, el 20 de novembre de 1975, s'obre una nova època a l'estat espanyol que començarà amb el regnat de Joan Carles I proclamat com a rei d'Espanya dos dies després. Serà un període d'importants reformes socials i polítiques que conduiran a unes eleccions l'any 1977 i a la formulació i aprovació de la Constitució de 1978.

11



Figura 4.7 Referèndum de la Constitució segons es recollia als mitjans de l'època.



Econòmicament però, podem parlar d'un deteriorament de la situació, fruit en part de la conjuntura econòmica mundial (crisi del petroli) i per la inestabilitat política que a Espanya s'estava produint; el país estava patint una **greu situació econòmica**. Aquesta situació condirà als anomenats *Pactos de la Moncloa* que seran un acord de les forces polítiques parlamentaries per intentar reconduir la difícil situació econòmica.

Los efectos de los pactos de la Moncloa fueron inmediatos: la inflación cerraba el año en un 26,4% y se situaba en 1978 en el 16%; se recuperaba el equilibrio de la balanza por cuenta corriente, obteniéndose superávit el año siguiente; las reservas de divisas pasaron de 4000 millones de dólares a mediados de 1977 a 10000 millones a finales de 1978; se restablecía un cierto equilibrio en las cuentas de las empresas, iniciándose una tendencia alcista de los beneficios. [...]³

Centrats més plenament en l'entorn català destacar primerament el restabliment de la Generalitat provisional de 29 de setembre de 1977 amb el posterior nomenament de Josep Tarradellas⁴ com a President de la mateixa; en fou President a l'exili.

12



Figura 4.8 Restabliment provisional de la Generalitat de Catalunya⁵.

³ Joaquín Estefanía, "El compromiso histórico español". Memoria de la Transición, 1996

⁴ Josep Tarradellas i Joan (1899-1988)

⁵ **Publicación:** BOE núm. 238, de 5 de octubre de 1977.

Departamento: Jefatura del Estado.

Páginas: 22047 a 22048.



Posteriorment cal destacar el retorn de Josep Tarradellas a Catalunya l'any 1977. Exercí el càrrec fins l'any 1980 quan es convocaren eleccions que foren guanyades per Jordi Pujol⁶.



Figura 4.9 Tarradellas retorna a Catalunya. Font la Vanguardia 25 d'octubre de 1977.

⁶ Jordi Pujol i Soley (1930)



14

1959-1982	Mètodes iteratius	Cross
		Kani
		Takabeya
	Mètodes plàstics	

4.2. MÈTODES DE CÀLCUL



4.2.1. Mètodes d'anàlisi global

La situació canviant a la qual ens acabem de referir va tenir també una repercussió fonamental en els mètodes de càlcul.

Les noves edificacions que s'havien de construir demanaven un temps de disseny i execució molt ràpid. Aquest fet conduí a la implementació d'un nou càlcul que, alhora que garantint el binomi rigor i fiabilitat, permetés la major rapidesa possible. Xavier Subias Fages⁷; arquitecte responsable de la Facultat de Dret conjuntament amb Guillermo Giráldez i Pedro López Iñigo afirmava “tres mesos per a construir l'edifici”⁸. Òbviament amb aquestes premisses, s'havia d'exigir a la part de càlcul una agilitat i rapidesa que fins ara no s'havien vist.



15

Figura 4.10 Facultat de Dret Font: La Vanguardia 15 de juny de 1943.

Serà l'època dels **mètodes anomenats iteratius** dels qual el mètode de Cross serà el més emprat. La resolució de les equacions generades per les slope-deflection provocava moltes dificultats ja que ara parlem d'edificis de gran alçaria on ens trobaríem amb un nombre molt elevat d'equacions que implicarien un sistema de resolució molt feixuc. Els mètodes gràfics eren difícils

⁷ Figueres, 1926

⁸ Informació via correu electrònic.



d'aplicar en aquests casos, especialment si considerem l'estrucció global. Aquells mètodes basats en les bigues aïllades portaven associats darrera una gran imprecisió, sobretot en estructures molt esveltes on influències com les dels desplaçaments eren importants. Per tant, quan aparegué a principis de la dècada dels anys 30 un mètode en el qual el sistema d'equacions era resoluble àgilment i a més permetia el càlcul d'estruccions amb desplaçaments copsà l'atenció del món calculístic.

La Guerra Civil i la posterior postguerra deixaren en un segon ordre aquesta metodologia específica de càlcul ja que les construccions (modestes en consonància a l'època) no la requerien. Serà però entrada la dècada dels seixanta i amb el “ressorgiment” al qual ens hem referit que esdevindrà gairebé indispensable reprendre l'estudi i utilització dels mètodes implementats gairebé tres dècades abans.



16

Figura 4.11 Vista aèria zona universitària.

Com es deia, els mètodes en qüestió més utilitzats en aquesta època són els anomenats **mètodes d'aproximacions successives** entre els quals destaca el **mètode de Cross** com a principal i més emprat pels calculistes trobant-se present, ara sí, en múltiples memòries de càlcul consultades d'aquest període.



MÈTODE	CROSS	KANI	TAKABEYA
Degut a	Hardy Cross ⁹	Gaspar Kani ¹⁰	Fukuhei Takabeya ¹¹
Any	1932	1949	1938
País	Virgínia (EUA)	Sèrbia	Japó

Figura 4.12 Mètodes d'aproximacions successives.

Els mètodes vistos als blocs anteriors continuaven essent vigents ara bé la seva aplicació cada vegada fou menor especialment quant les noves generacions aprengueren el mètode de Cross que progressivament s'anà explicant a les facultats tècniques.

Es mostra un fragment dels apunts impartits pel professor Pey Cuñat a l'assignatura *Construcciones Industriales y Proyectos* impartides a la Escuela Especial de Ingenieros Industriales Textiles de Tarrasa on un grup d'alumnes varen fer una guía-resumen de las explicaciones dadas en clase por Antonio Pey Cuñat tal i com s'ha vist en BLOCS precedents.

17

Lección 31.

METODO DE CROSS.- Se trata de un método moderno, data de 1930, para el cálculo de todo tipo de estructuras. Es debido a Cross, catedrático de la Universidad de Illinois, y a su ayudante Morgan. Se funda en la sistematización del método de Ritter y de otros autores. Este método fué publicado en 1932.

Figura 4.13 Inici del tema dedicat al mètode de Cross. Pey Cuñat (1954)

Serà a aquest mètode al que se li dedicarà més temps d'estudi degut a la seva importància contrastada en la bibliografia i en les memòries de càlcul existents de l'època, deixant els altres dos fonamentalment com a testimoni de

⁹ Hardy Cross (1885-1959).

¹⁰ Gaspar Kani (1910-1968).

¹¹ Fukuhei Takabeya (1893-1975).



mètodes que existiren i que tingueren un breu ressò teòric però nul·la (o gairebé) aplicació pràctica.

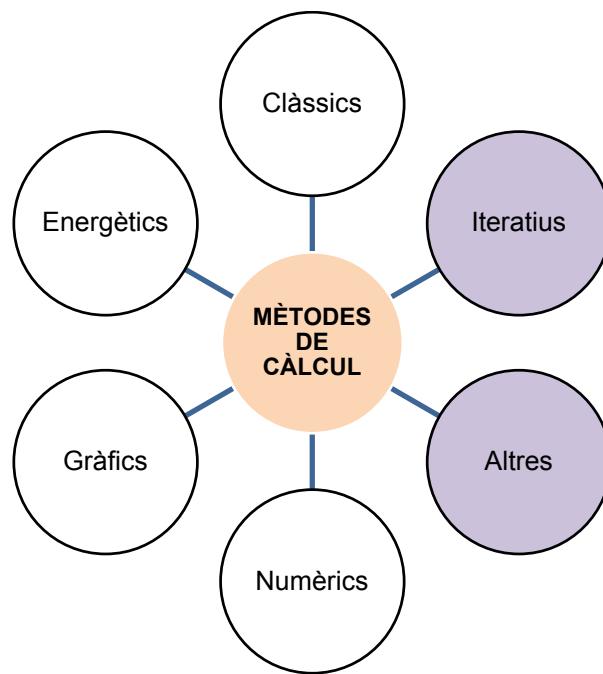


Figura 4.14 Mètodes de Càlcul. Mètodes Iteratius i altres (Mètodes plàstics).



19

+360	+5240	-195	+11.905
$\frac{-960}{}$	$\left. \begin{array}{r} +320 \\ -965 \end{array} \right\} -115$	$\frac{850}{-965}$	
$\left. \begin{array}{r} +1280 \\ -2760 \end{array} \right\} +920$	$\left. \begin{array}{r} 4218 \\ -5.768 \end{array} \right\} -1.550$	$\frac{12.130}{-5.768}$	
$\left. \begin{array}{r} +3680 \\ -12.000 \end{array} \right\} +4000$	$\left. \begin{array}{r} 13.570 \\ +1440 \end{array} \right\} +7.500$	$\frac{0.258}{0.915}$	
$\left. \begin{array}{r} 0.250 \\ 0.750 \end{array} \right\} -14.640$	$\left. \begin{array}{r} -16.000 \\ -6.000 \end{array} \right\} -11.80$	$\left. \begin{array}{r} -960 \\ +6065 \end{array} \right\} -1.070$	$\left. \begin{array}{r} -1.070 \\ -1.79 \end{array} \right\} -36$
$\left. \begin{array}{r} -4000 \\ -920 \\ -320 \end{array} \right\} -5.240$	$\left. \begin{array}{r} 7.360 \\ +1070 \end{array} \right\} +1180$	$\left. \begin{array}{r} -11.535 \\ +2.109 \end{array} \right\} +2.109$	$\left. \begin{array}{r} -1.070 \\ -1.79 \\ -36 \end{array} \right\} -1285$
$\left. \begin{array}{r} -4000 \\ -920 \\ -320 \end{array} \right\} -5.240$	$\left. \begin{array}{r} 7.360 \\ +1070 \end{array} \right\} +1180$	$\left. \begin{array}{r} -11.535 \\ +2.109 \end{array} \right\} +2.109$	$\left. \begin{array}{r} -1.070 \\ -1.79 \\ -36 \end{array} \right\} -1285$
$\left. \begin{array}{r} -160 \\ -460 \\ -2000 \end{array} \right\} -2620$	$\left. \begin{array}{r} -13.420 \\ +8 \\ +5.25 \end{array} \right\} -6215$	$\left. \begin{array}{r} -1930 \\ +36 \\ +425 \end{array} \right\} -645$	$\left. \begin{array}{r} -1.070 \\ -1.79 \\ -36 \end{array} \right\} -1285$

Un pedazo de papel y un lápiz bastan para acometer el análisis de cualquier estructura reticular. Carlos Fernández Casado

4.2.1.1. Mètode de Cross

L'any 1932, es publicà el *Mètode de distribució de moments* degut a l'enginyer nord-americà Hardy Cross (1885-1959), catedràtic de la Universitat d'Illinois i al seu ajudant Newlin Dolbey Morgan. És el conegut **Mètode de Cross**. Fou publicat a la revista *Transactions of the American Society of Civil Engineers*¹². Inicialment pensat per a edificis de formigó armat, ha esdevingut, però, un mètode aplicable a qualsevol tipus d'estructura hiperestàtica.



Referint-se a ell Carlos Fernández Casado diu; *inmediatamente adoptamos el método de cálculo para nuestros proyectos y figuró oficialmente por primera vez en un concurso del año 1932 donde utilizamos, además la simplificación de cargas y estructuras simétricas*; val a dir que l'enginyer espanyol ja tenia coneixement del mètode ja que l'autor n'havia publicat una memòria inicial l'any 1930.

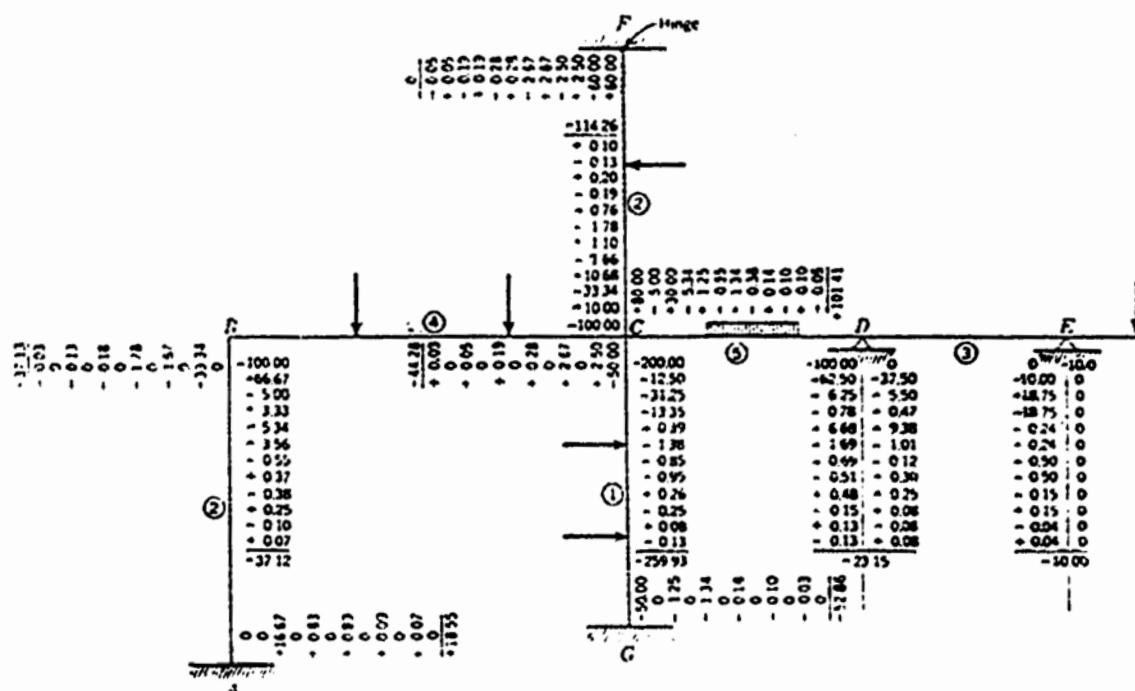


Figura 4.15 Estructura resolta en la memòria original de H. Cross: Proceeding of A.S.C.E, maig 1930

¹² *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 96, No. 1, January 1932, pp. 1-10.



Malgrat tot, la seva plena arribada a l'estat espanyol no serà fins ben entrada la dècada dels anys 50 ja que llavors es necessitaran nous mètodes de càlcul (més àgils i potents) pel desenvolupament de les noves estructures que els temps canviants aniran demanant.

És un mètode d'aproximacions successives (amb alguna similitud amb els mètodes de Kani i Takabeya com es veurà) i per tant es pot escollir l'exactitud que es desitgi. Està fonamentat en el mètode de l'equilibri i el seu càlcul és senzill. S'ha de pensar que a l'època en la qual fou formulat no es disposaven d'eines electròniques (ordinadors, calculadores) com avui en dia. Els càlculs s'havien de fer bàsicament a mà. L'aplicació del mètode ha estat molt variada; bigues contínues, pòrtics, tipologies estructurals diverses en serien exemples variats.

La seva difusió fou molt ràpida i pràcticament en totes les memòries de càlcul de l'època es troba l'estructura calculada, total o parcialment, amb el mètode de Cross.

21

61,75	-43,79	-37,09	-44,89	-42,40	-45,83	-30,41	-39,67	-38,16	-37,56	-40,39
2,45	+ 7,74	+ 4,56	+ 4,30	+ 6,07	+ 5,71	+ 3,53	+ 2,80	+ 4,43	+ 4,51	+ 3,96
+ 4,42	+ 3,99	+ 2,15	+ 3,03	+ 2,85	+ 4,03	+ 1,40	+ 2,21	+ 2,25	+ 1,98	+ 3,75
41,75	-32,36	-26,50	-34,60	-35,24	-32,16	-20,44	-29,82	-29,78	-30,15	-27,9
-18,42	-5,16	-17,36	-11,62	-16,08	-23,40	-14,91	-14,86	-15,07	-13,9	-20,2
2,55	0,42	0,32	0,42	0,42	0,24	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
-36,80	0	-46,32	0	-34,40	0	-32,17	-46,80	-29,72	-30,15	-40,04
-22,22	+ 1,40	-16,40	+ 1,16	-35,26	+ 17,62	-16,08	-10,22	-44,91	-14,86	-13,9
+ 8,45	+ 7,98	+ 4,30	+ 6,17	+ 6,71	+ 5,71	+ 8,07	+ 2,80	+ 4,43	+ 4,51	+ 3,96
-50,57	-54,70	-43,55	-46,47	-44,08	-54,87	-37,24	-40,20	-40,50	-39,01	-46,8
+ 0,48	0,56	0,42	0,42	0,42	0,55	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
-3,10	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
-2,70	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
-1,60	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
-0,57	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Figura 4.16 Exemple del Mètode de Cross (I). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

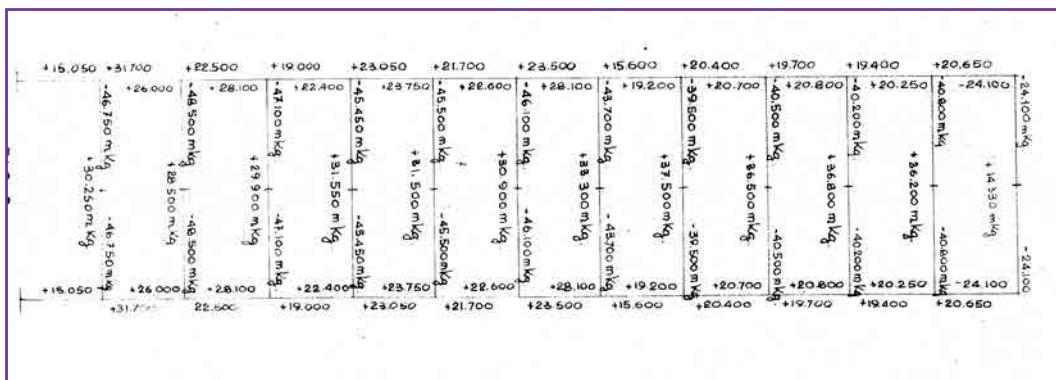


Figura 4.17 Exemple del Mètode de Cross(II). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.



La justificació del seu ús queda reflectit en la **múltiple bibliografia** que es començà a publicar en referència a aquest nou mètode de càlcul.

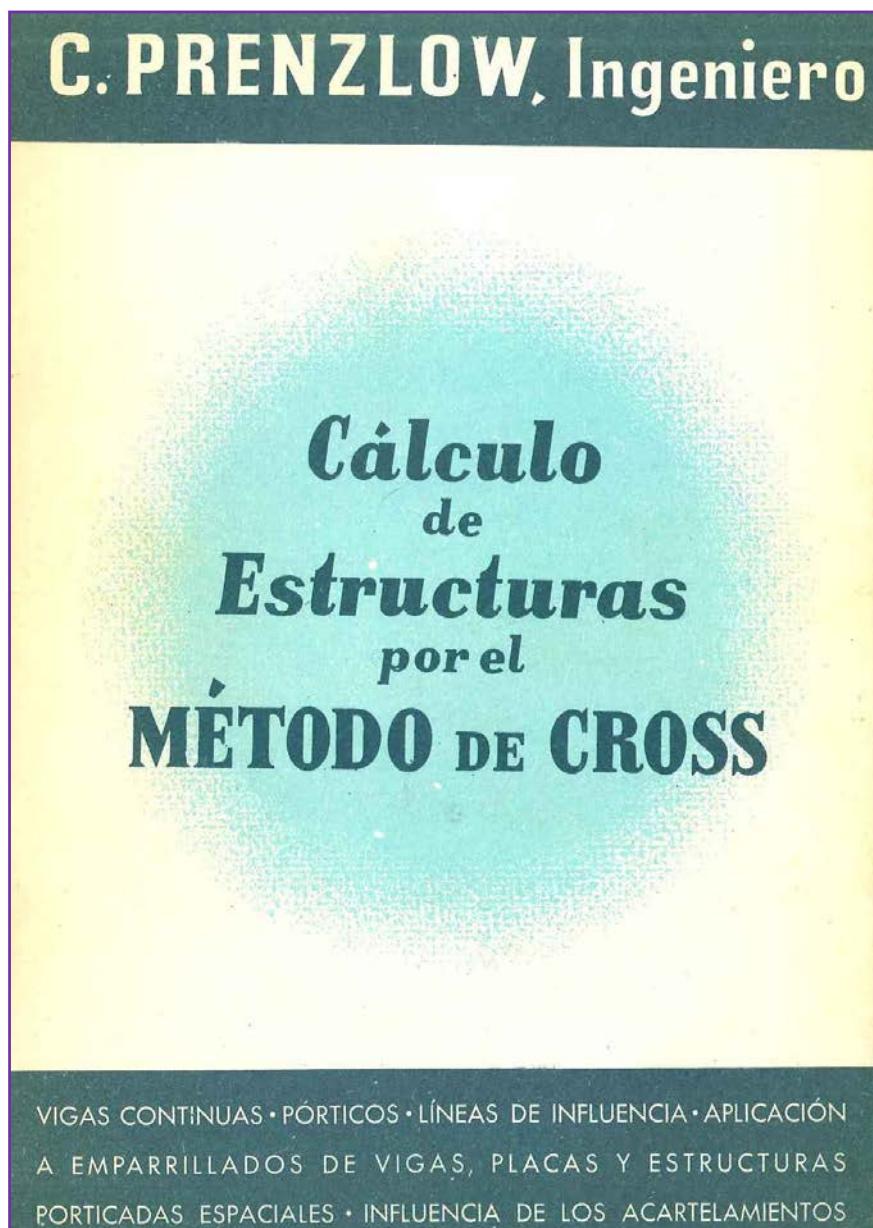


Figura 4.18 Prenzlow C. Cálculo de estructuras por el método de Cross.

[...] Hace mucho tiempo que se han ido buscando procedimientos de cálculo más sencillos y más fáciles, de resultados más o menos exactos, y afortunadamente se han hallado tales métodos [...]. El campo de aplicación del método de Cross puede subdividirse en dos grandes dominios: **Estructuras sustentantes porticadas con nudos que si bien giran, no pueden desplazarse**. Para ellos resulta particularmente sencillo el cálculo.



Estructuras sustentantes con nudos que tanto pueden girar como desplazarse. En este caso es preciso efectuar cálculos supletorios (estados de carga auxiliares), pero las consideraciones en que se fundan no son mucho más complicadas...¹³.

I conclou afirmant:

El cálculo se desarrolla con **medios extremadamente sencillos**, en forma sinóptica y clara y sin esfuerzo mental digno de consideración. Por esto puede, quizás, resumirse este procedimiento bajo el lema **estática fácil**¹⁴.

Un llibre de referència a les escoles d'enginyeria i arquitectura i que se'n dubte ha marcat els coneixements de tota una generació és el *Fernández Casado* nom col·loquial amb el qual es coneixia el llibre *Cálculo de Estructuras Reticulares. Nudos rígidos* degut als enginyers Carlos Fernández Casado i José Luís Fernández Casado.

23

Presentamos una sistematización completa del método de Cross. Este método, que los norteamericanos consideran como “**la aportación más valiosa al cálculo de estructuras durante los treinta años del siglo**”, resuelve del modo más sencillo y exacto cualquier tipo de estructura reticular, por complicada que sea. Existen métodos de cálculo en los que las intuiciones directas no se limitan a establecer el punto de partida, sino que influyen a lo largo de todo el desarrollo, dando a las transformaciones de cálculo un sentido más valioso que el puramente combinatorio. Los puntos de contacto entre las esferas de lo físico y lo matemático jalonan todo el proceso y, a través de las operaciones abstractas, **trasparece la realidad concreta del fenómeno físico**. A este tipo de métodos pertenece el que hemos adoptado.

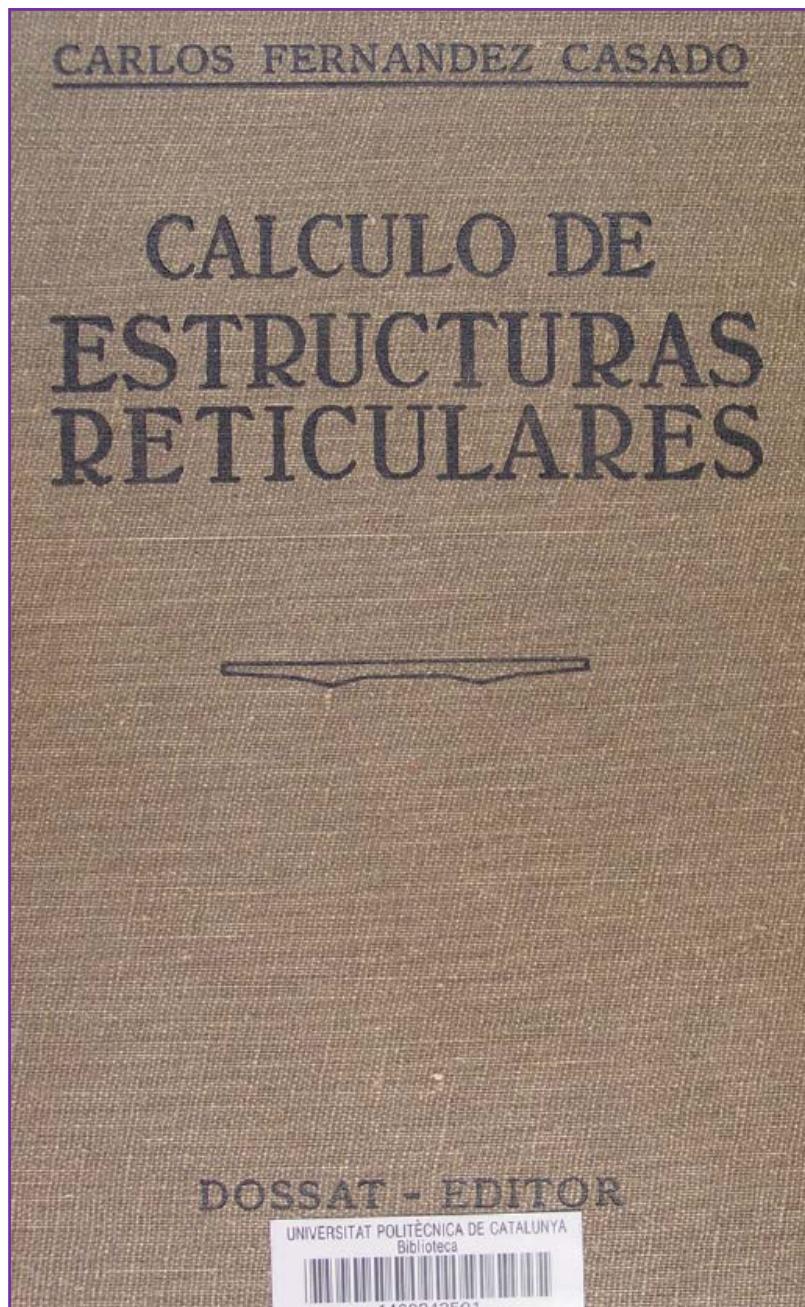
Ventajas prácticas: poseyendo la intuición del fenómeno físico que es lo que debe aprenderse en la Teoría de Estructuras, no hace falta más; los problemas se resuelven sin necesidad de recordar combinaciones

¹³ Prenzlow, C: Cálculo de estructuras por el método de Cross. Gustavo Gili. Barcelona, 1958

¹⁴ Ibídem



artificiosas, por consiguiente de un **modo más sencillo, más seguro y agradable**¹⁵.



24

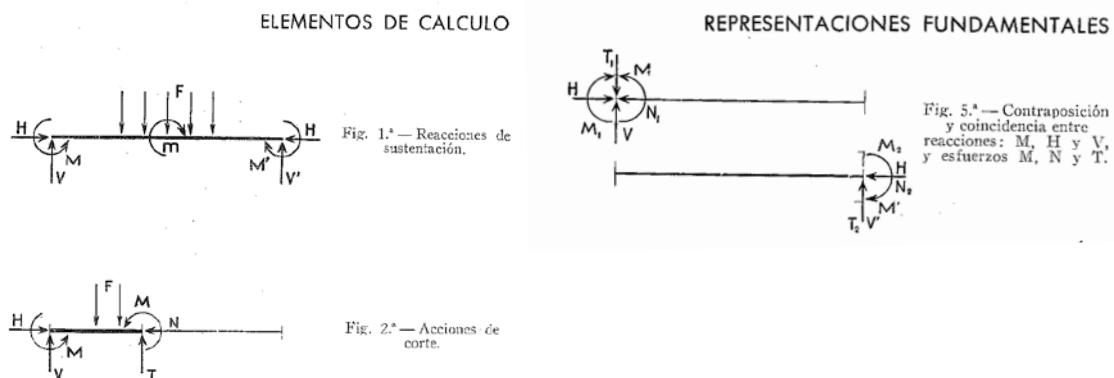
Figura 4.19 Fernández Casado. Cálculo de estructuras reticulares. Nudos rígidos. 2^a ed.

Fernández Casado, abans d'entrar de ple en la formulació del mètode de Cross, comença l'estudi amb l'element barra afirmant;

¹⁵ Carlos Fernández Casado, 1934

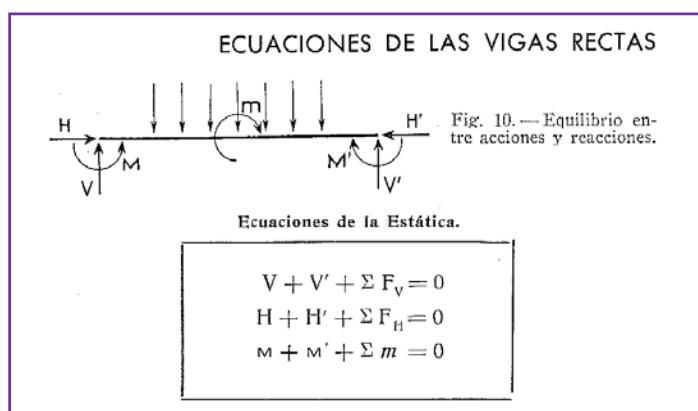
Tratándose de estructuras en cuya geometría discontinua se individualizan las barras, el método ha de ajustarse a esta desintegración, tomando como unidad el elemento barra y estableciendo todas las relaciones con dicho desglose desde el momento inicial.

Els elements de càlcul i les representacions fonamentals seran:



25

Les relacions entre aquestes magnituds compliran les coneudes equacions de l'estàtica.



Aquestes, generalment no seran suficients en ser la majoria casos hiperestàtics i per tant s'han de completar amb d'altres expresando *las condiciones de continuidad de la deformación de la barra segregada con el resto de la estructura, indicando la solidaridad de barra y estructura*; en clara al·lusió als teoremes de Mohr¹⁶.

¹⁶ Apartat 1.2.1.1.2. BLOC I.

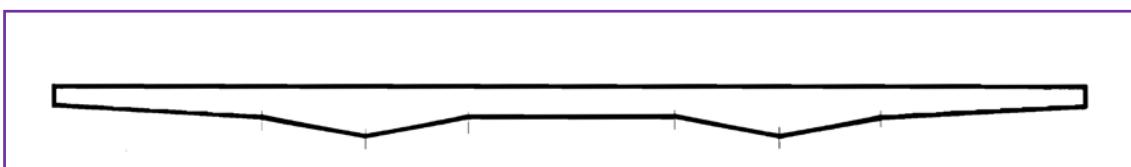


Considera, el mètode, les següents hipòtesi de treball:

1. El camp de comportament de l'estructura és elàstic lineal; per tant, petits corriments i proporcionalitat entre tensions i deformacions.
2. Es aplicable el principi de superposició: els petits corriments no modifiquen l'acció de les carregues.
3. La càrrega de l'estructura és monòtona creixent.
4. Les seccions planes de les barres a flexió de l'estructura segueixen planes després de la deformació. És menystenen les deformacions degudes al tallant.
5. L'equació de govern de les barres és la de la flexió de Navier:

$$d^2y/dx^2 = -M(x)/EI$$

6. No es tenen en compte les deformacions produïdes per l'esforç axial.



26

Figura 4.20 Imatge típica de les portades dels llibres de Fernández Casado.

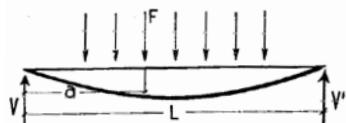
Un cop definides les hipòtesi de treball i com a darrer pas per a l'explicació del mètode, l'autor planteja les relacions fonamentals de la barra aïllada en quatre casos (d'on n'extreu les relacions bàsiques que farà servir *a posteriori* tant pel mètode de Cross com pel mètode slope-deflection¹⁷).

- a. Biga simplement recolzada
- b. Biga perfectament encastada
- c. Biga perfectament encastada en un extrem i recolzada en l'altre
- d. Biga amb encastament elàstic

¹⁷ El mateix Fernández Casado en fa referència com a mètode d'aplicació i el presenta al mateix llibre malgrat la seva formulació original, com varem veure, fou prèvia. A ell ens referírem a l'apartat 3.2.1.1. del BLOC III.

a. Biga simplemente apoyada

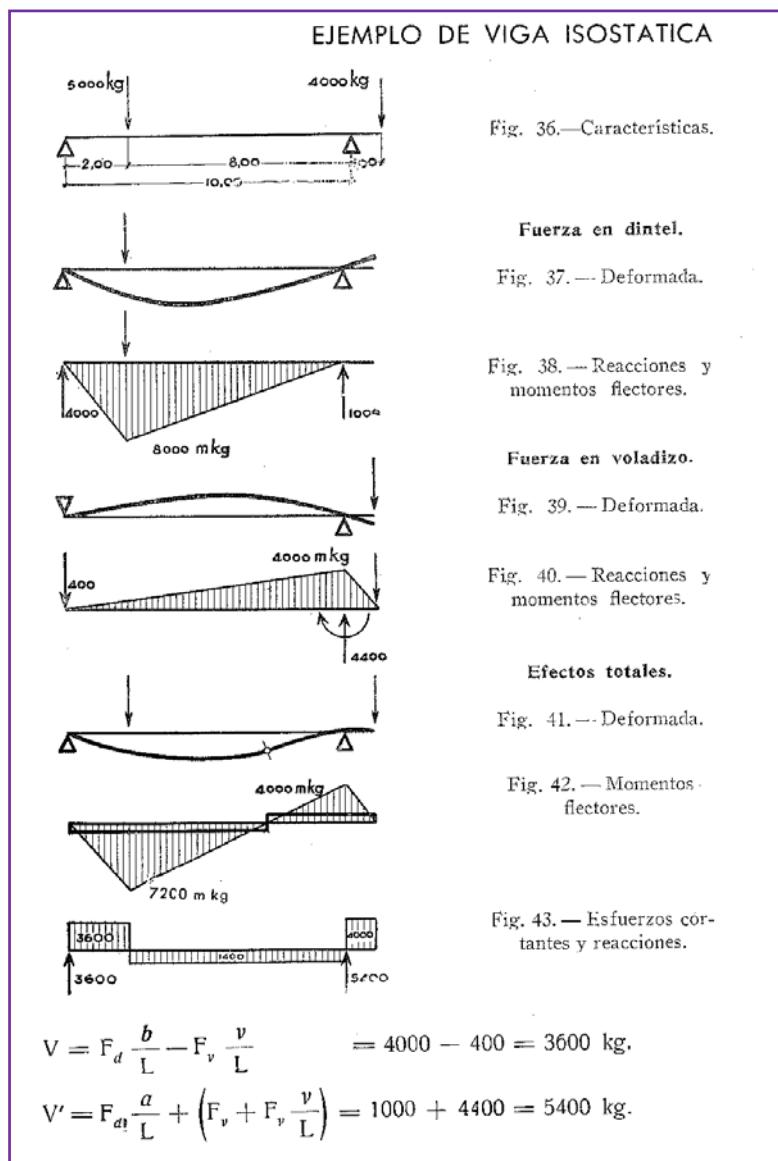
VIGA APOYADA SOLICITADA POR FUERZAS



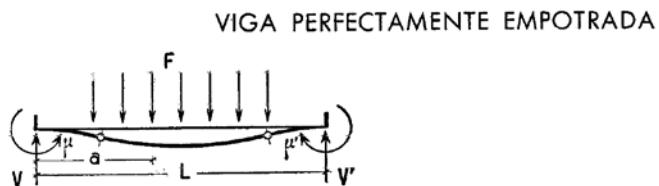
La resolució és elemental amb les equacions de l'estàtica $\sum F(H)=0$, $\sum F(V)=0$ i $\sum M(x)=0$ vistes anteriorment

$$\Sigma_0^L F_V + V + V' = 0$$

$$\Sigma_0^L F_V a + V' L = 0$$



b. Biga perfectament encastada



En tenir en aquest cas 4 incògnites (2 forces i 2 moments) amb les equacions de l'estàtica no n'hi ha prou per resoldre el problema i per tant s'han d'aplicar les relacions obtingudes a la mecànica de les deformacions, expressant les condicions d'immobilitat de les seccions extremes. D'entre els teoremes possibles; Mohr, Castigliano, Bresse, Treballs Virtuals, etc... l'autor planteja treballar amb els teoremes de Mohr que prèviament ha definit.

Primer teorema de Mohr: El ángulo de las tangentes a la deformada, en dos puntos cualesquiera de una barra recta, viene dado por el área, entre las ordenadas de aquellos dos puntos, del diagrama de los momentos flectores divididos por los momentos de inercia de las secciones y por el coeficiente de elasticidad.

28

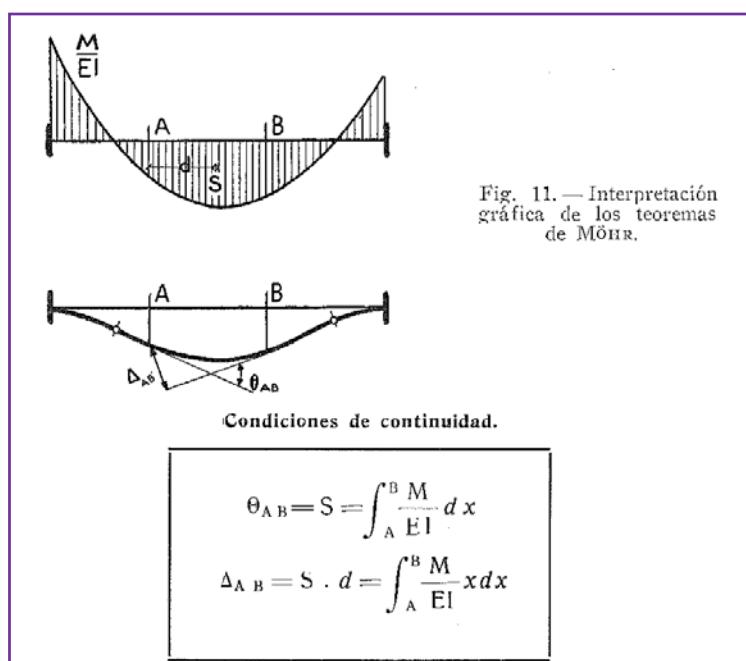


Figura 4.21 Teoremes de Mohr.

Segundo teorema de Mohr: La distancia desde un punto de la deformada a la tangente en otro punto de esta misma curva viene dada por el momento estático con relación al primer punto del área citada en el primer teorema para los puntos considerados.

Per tant,

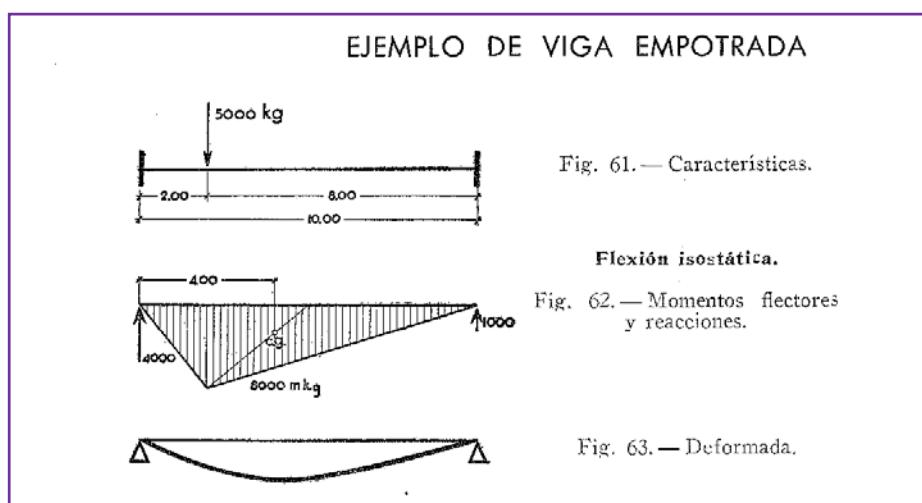
El fenómeno físico puede interpretarse partiendo de la viga apoyada con sustentación isostática, que, después de estar sometida a las fuerzas exteriores, se lleva a las condiciones de empotramiento perfecto aplicando en las secciones extremas dos pares, que deshacen los giros libremente adquiridos por aquéllas, teniendo así la superposición de dos fenómenos: flexión isostática y flexión hiperestática producida por los pares de empotramiento.

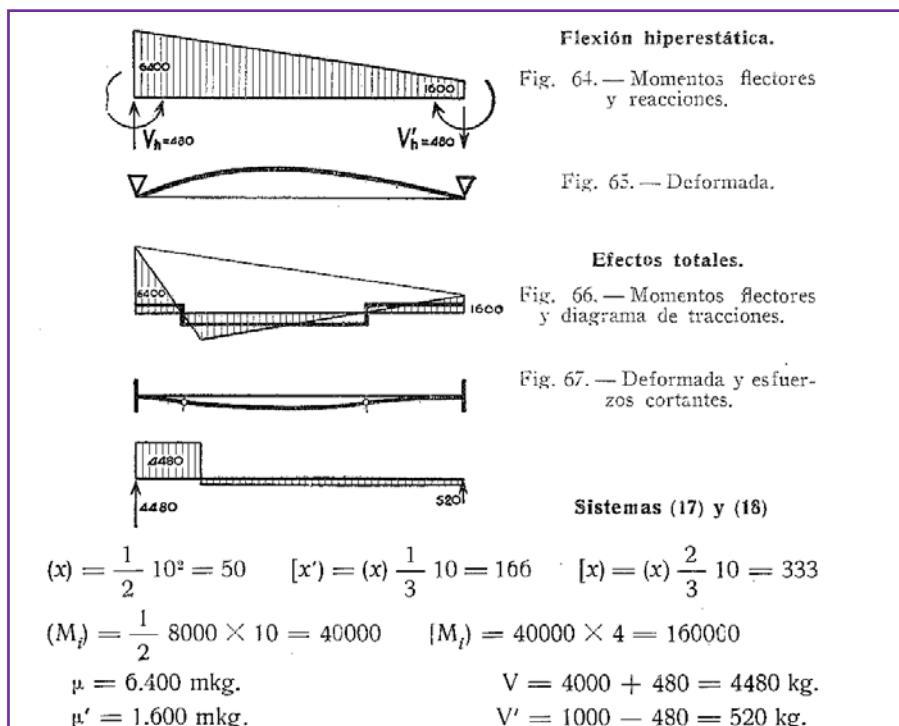
Amb aquesta operativa es poden deduir els moments d'encastament perfecte que habitualment es troben tabulats.

29

Per tant, i en funció de les dades de partida s'obté;

$$\begin{aligned} V + V' + \Sigma^L F &= 0 \\ V' L + \Sigma_0^L F a + \mu + \mu' &= 0 \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Theta_{01} &= \int_0^L \frac{M}{EI} dx = 0 \\ \Delta_{01} &= \int_0^L \frac{M}{EI} x dx = 0 \end{aligned}$$

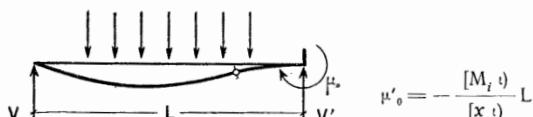




c. Biga perfectament encastada en un extrem i recolzada en l'altre

30

VIGA APOYADA EMPOTRADA



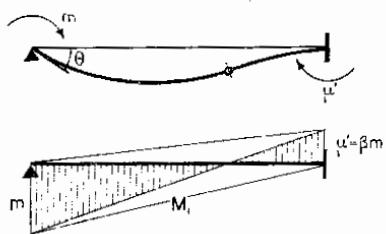
Aquesta tipologia de biga és fàcilment resoluble basant-nos en els dos casos anteriors, és a dir partint de la biga recolzada i introduint un parell a l'extremitat de l'encastament.

L'autor, però, aclareix que, *el caso verdaderamente importante es el de la actuación de un par en la extremidad apoyada*, amb la qual cosa s'introduceixen dos coeficients bàsics en l'explicació del mètode de Cross; **el coeficient de transmissió de moments (β) i el coeficient de rigidesa (K)**.

A la relación entre el momento del par reacción i el momento del par aplicado se les denomina **factor de transmisión de momentos (β)** i a la relación entre el momento del par aplicado i el ángulo de la sección apoyada se denomina **rigidez (K)**.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 **1959-1982** 1983-2000

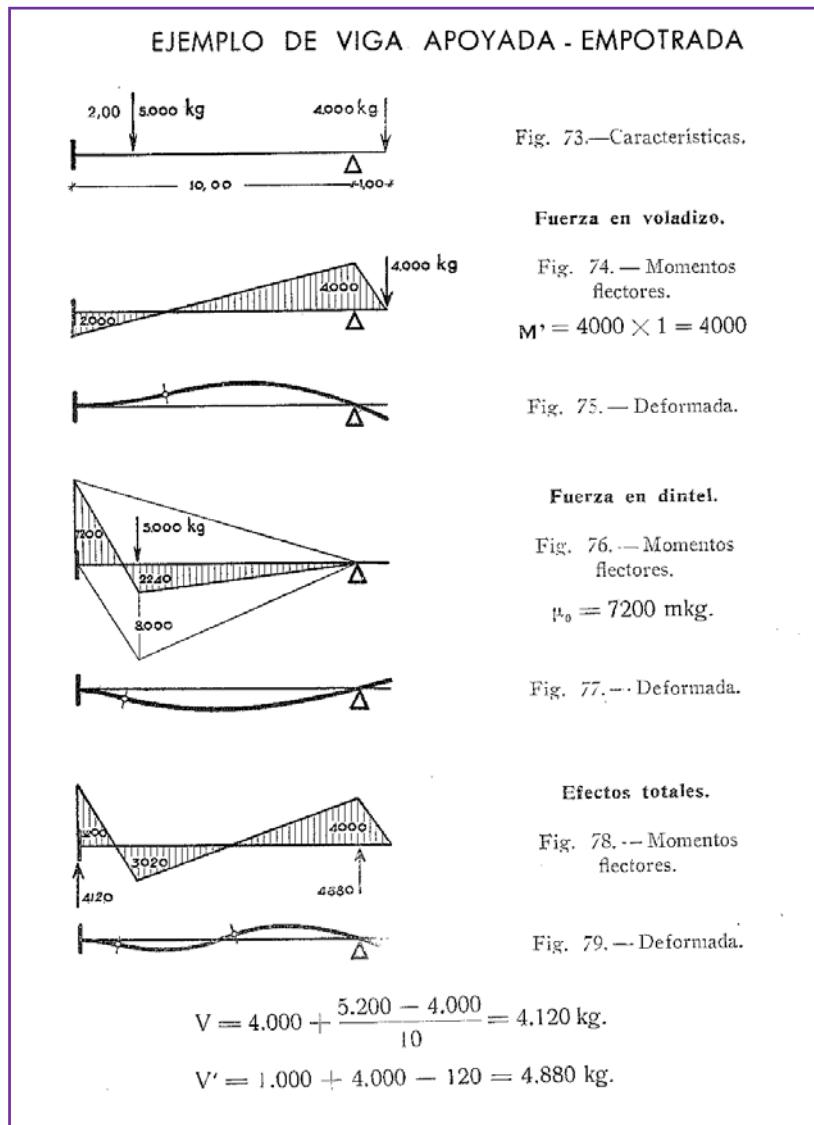
COEFICIENTES ELASTICOS



$$\beta = \frac{\mu'}{m}; K = \frac{m}{q}$$

El mateix autor en demostra el seu valor per a **barres d'inèrcia constant**:

$$\beta = \frac{1}{2} \quad i \quad K = \frac{4EI}{L}$$

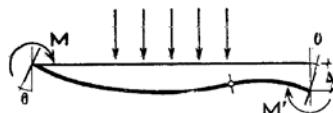




I en el cas de barres d'inèrcia variable se *elige una sección que se considera como típica de la viga y los momentos de inercia de todas las secciones se refieren al de aquélla, considerado como unidad.*

d. Biga amb encastament elàstic

VIGA CON EMPOTRAMIENTO ELASTICO. - GIROS



Per abordar el problema, considerat per l'autor com **el cas més general que es pot presentar en una barra**, es desglossa en dues parts; *giros de las secciones de empotramiento i deslizamiento de las secciones empotramiento*, obtenint en cada cas les conegudes relacions, que com en el cas anterior seran bàsiques tant pel mètode de Cross com pel mètode *slope-deflection*.

32

Caso general: Sumando los efectos debidos a los giros con los de los deslizamientos y con los debidos al empotramiento considerado perfecto, tenemos las relaciones:

$$M = \mu + k \left[\theta + \beta \theta' + (1 + \beta) \frac{\Delta}{L} \right]$$

$$M' = \mu' + k' \left[\theta' + \beta' \theta + (1 + \beta') \frac{\Delta}{L} \right]$$

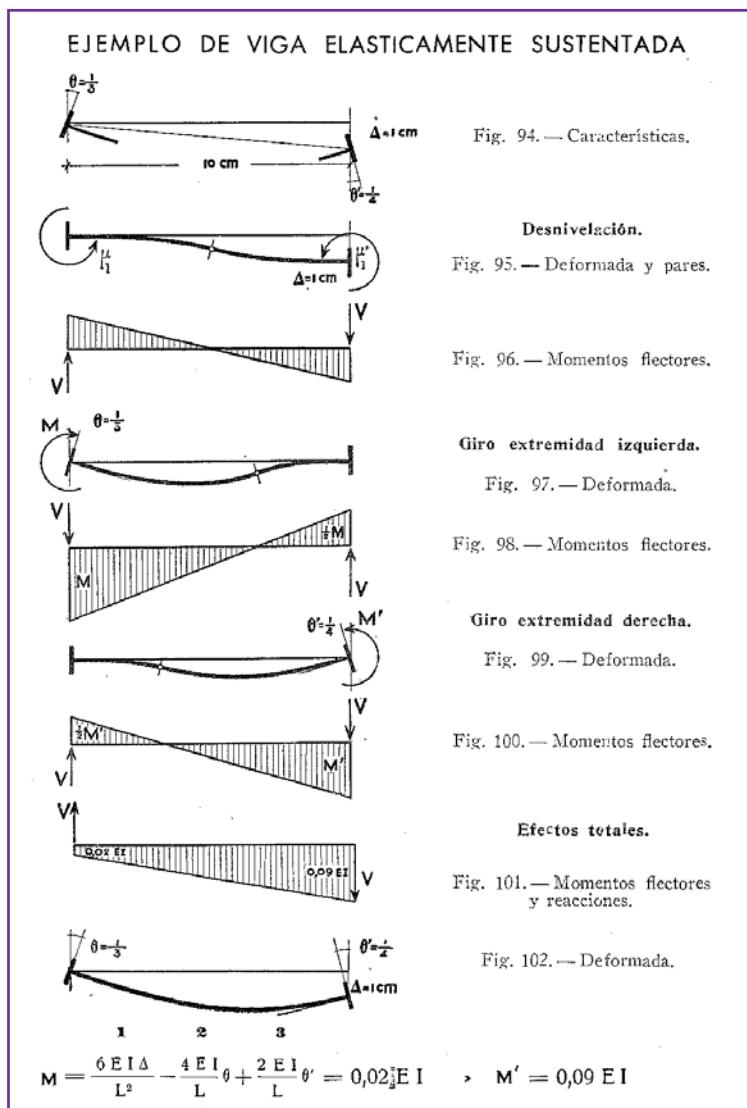
El mateix autor en demostra el seu valor per a barres d'inèrcia constant:

$$M = \mu + \frac{4 EI}{L} \left(\theta + \frac{1}{2} \theta' + 1,5 \frac{\Delta}{L} \right)$$

$$M' = \mu' + \frac{4 EI}{L} \left(\theta' + \frac{1}{2} \theta + 1,5 \frac{\Delta}{L} \right)$$

Concloent; *el problema especial de la viga elásticamente sustentada consiste en determinar los pares de empotramiento, pues inmediatamente se*

deducen de ellos los momentos flectores, esfuerzos cortantes y reacciones de sustentación.



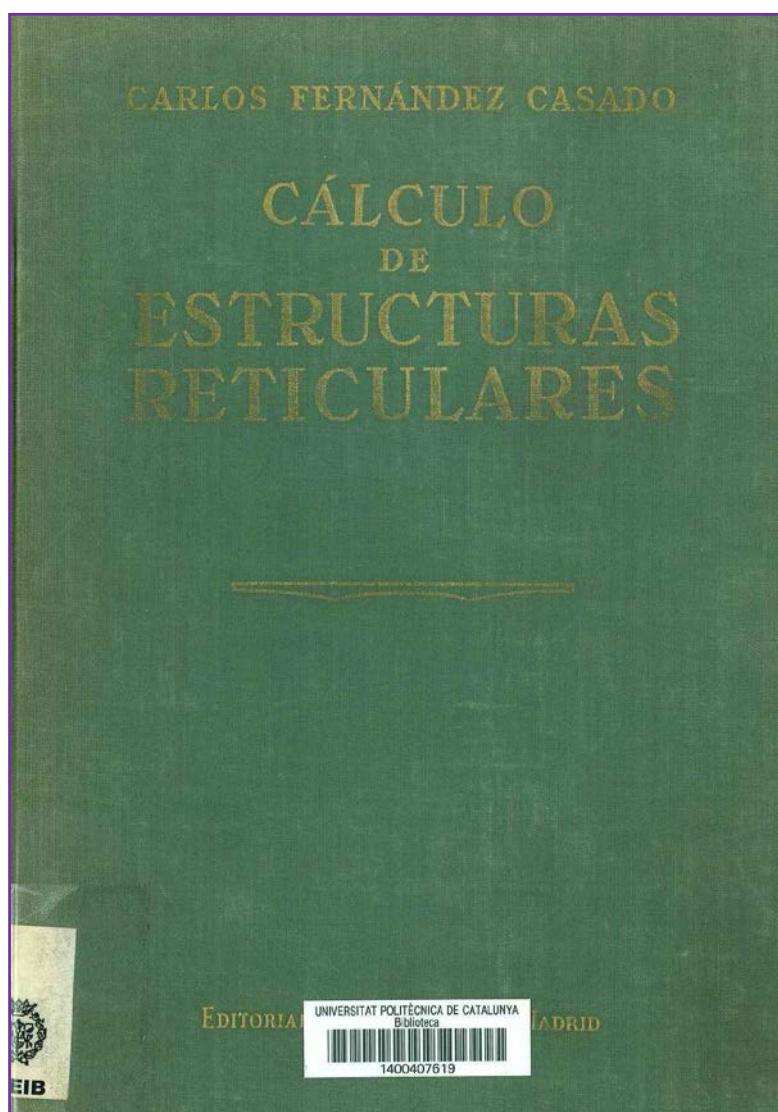
Un cop coneudes les relacions que hi ha en la biga aïllada, es pot passar a l'estudi de l'estructura; entesa com a conjunt de barres;

El problema de la barra queda reducido a determinar los pares de empotramiento de la biga correspondiente; por tanto el del entramado, que es agrupación de barras, consistirá en determinar estos elementos para cada una de ellas. La dificultad de cálculo de un entramado, tal como



se plantea en el método analítico expuesto¹⁸, **está en la resolución del sistema de ecuaciones lineales**, y era casi insuperable cuando el número de éstas resultaba algo elevado. **El método de Cross elimina en parte esta dificultad.**

Un altre aspecte que fins llavors era considerat com a difficultós i que sovint, com hem vist a l'apartat normatiu, s'ometia el càlcul era el de l'obtenció dels desplaçaments. El mètode de Cross també n'agilitzava la formulació tal i com el mateix Fernández Casado indicava.



34

Figura 4.22 Fernández Casado. Cálculo de estructuras reticulares. Nudos rígidos. 8^a ed.

¹⁸ En clara referència al mètode slope -deflection.



El hecho que haya sido **el método de Cross el que ha puesto en marcha el estudio definitivo de los desplazamientos**, se explica por el carácter intuitivo del mismo y su referencia directa a fenómenos físicos, ya que precisamente en las estructuras resistentes los hechos más fácilmente comprobables son las deformaciones y los desplazamientos.

El estudio de los desplazamientos estaba ya planteado antes de Cross, pero el modo de enfocar la cuestión desde el entramado en su totalidad física, ha abierto el horizonte para tratarlo de un modo integral y no como una corrección o como influencia secundaria.

A partir d'aquest punt, i un cop l'autor ja ha justificat la importància i validesa del mètode, passarà definitivament a formular-lo.

Se parte de una estructura virtual con nudos absolutamente rígidos (es decir que no permiten giros ni desplazamientos de las extremidades de las barras) y se llega a la estructura real, deshaciendo por etapas esta rigidez, permitiendo sucesivamente los giros y los desplazamientos.

35

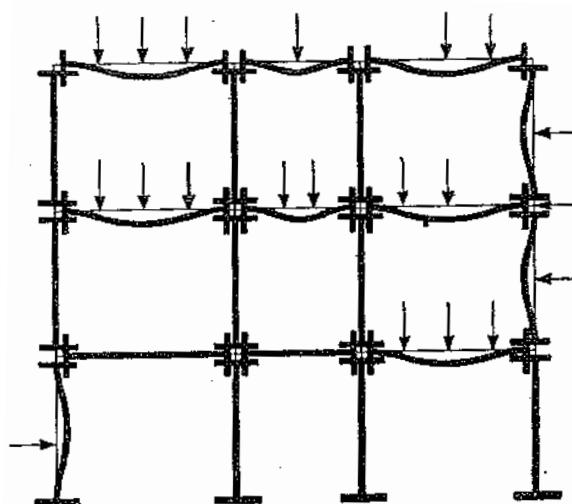
Las situaciones que se consideran las exponemos en cuatro etapas consecutivas:

- **Etapa primera.** Nudos absolutamente rígidos.
- **Etapa segunda.** Nudos giratorios, pero no desplazables.
- **Etapa tercera.** Nudos desplazables pero no giratorios.
- **Etapa cuarta.** Nudos giratorios desplazables.



Etapa primera. Nudos absolutamente rígidos. Las barras están completamente incomunicadas y en condiciones de empotramiento perfecto en sus extremos.

L'autor referirà a la taula annexada al seu llibre on hi figuren aquests moments d'encastament perfecte en múltiples varietats de càrregues.



36

Figura 4.23 Etapa primera. Nudos absolutamente rígids.

Etapa segunda. Nudos giratorios, pero no desplazables; permiten el giro, pero no los desplazamientos de las extremidades de las barras.

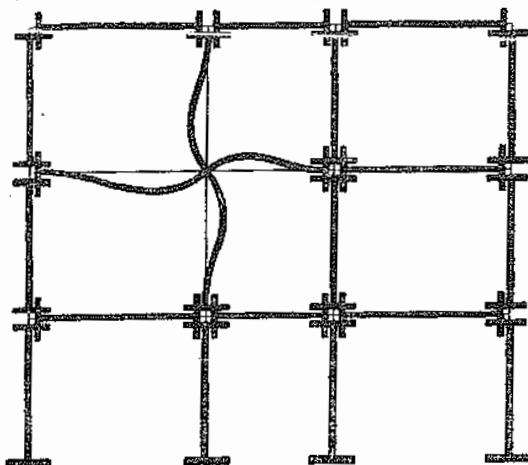


Figura 4.24 Etapa segona. Alliberament d'un sol nus.



Al liberar un nudo, restableciendo la intercomunicación de sus barras, se sumaran algebraicamente los pares de empotramiento perfecto que actuaban aisladamente sobre cada una de ellas en la etapa anterior (fig. 4.23).

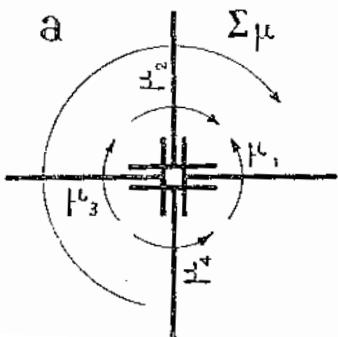


Figura 4.25 Resultant del parells d'encastament.

Si la resultante no es cero, las extremidades de las barras girarán, continuando el movimiento hasta que dicho par resulte equilibrado por los resistentes que se desarrollan aisladamente en cada una de las barras.

37

Como estos pares son proporcionales al ángulo de giro y a las rigideces de las barras, su determinación se reduce a repartir proporcionalmente a éstas un momento que equilibra a aquel momento desequilibrado inicial.

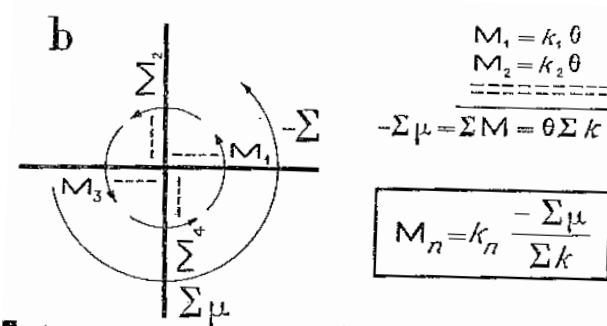


Figura 4.26 Compensació del moment desequilibrat i repartiment.

Realizando la repartición en cada uno de los nudos, queda aparentemente en equilibrio la estructura, pero la etapa no termina, puesto que en la actuación de estos pares de repartición en uno de los extremos de cada barra implica la aparición de otros en sus extremos opuestos, que están



con los anteriores en la relación fijada por el coeficiente de transmisión de momentos.

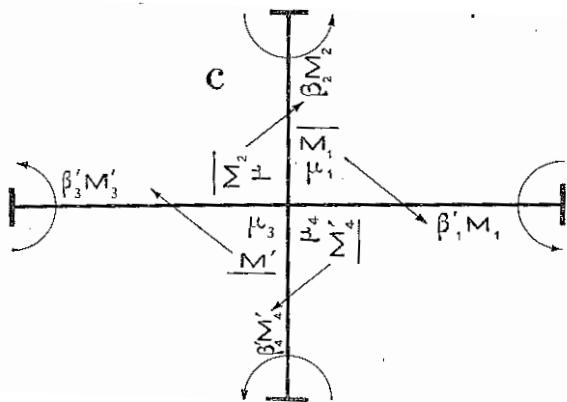


Figura 4.27 Transmissió de moments.

Por consiguiente, después de hacer la repartición en un nudo, hay que transmitir en cada barra al extremo opuesto un momento fracción conocida del que ha correspondido, con lo que los nudos quedan otra vez desequilibrados, siendo preciso realizar la distribución de estos momentos transmitidos, lo que dará lugar a nuevos momentos de repartición y traslado.

38

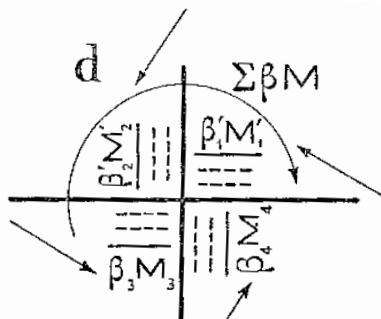


Figura 4.28 Resultant del parells rebuts per transmissió.

Esta etapa, consta de dos operaciones: **repartición y transmisión, que se repiten en ciclos sucesivos** [...]. Respecto al orden en la realización de estas operaciones, pueden seguirse dos caminos: el que acabamos de utilizar haciendo las independientemente primero la repartición y luego el traslado o bien efectuándolas simultáneamente empezando por el nudo más desequilibrado y teniendo en cuenta al hacer la distribución del siguiente, no sólo los momentos que proceden de la etapa primera, sino también el transmitido por la barra común del nudo anterior.



Per tant, el procediment per aplicar mètode de Cross a una **estructura intranslacional** seria:

1. Calcular els **moments d'encastrament perfecte**.
2. Calcular les **rigideses de les barres** i els **coeficients de repartiment**.
3. Determinar els **coeficients de transmissió**.
4. Desbloquejar el primer nus. Es fa la suma algebraica dels moments d'encastrament perfecte (Σm) de les barres que hi concorren. Es canvia el signe i es reparteix $-\Sigma m$ entre totes les barres que concorren al nus, multiplicant pel coeficient de repartiment. Transmetre a l'altre extrem de la barra la meitat del moment repartit (cas d'inèrcia constant).
5. Es torna a bloquejar aquest primer nus i es desbloqueja el veí, on es repeteix les operacions.
6. Es bloqueja aquest segon nus, i es desbloqueja un tercer i així successivament fins arribar al darrer nus. Com a conseqüència dels moments transmesos, els nusos prèviament desbloquejats i bloquejats s'hauran descompensat. S'haurà de fer uns segona passada repetint tot el procés. Els moments repartits van sent cada vegada més petits.
7. Finalment es fan les **sunes de tots els moments** que hi ha en cada extern de la barra (**d'encastrament perfecte, repartits, transmesos**).

La suma dels moments d'un nus ha de ser nul·la perquè hi hagi equilibri.

39

A continuació es mostra un exemple del mètode de Cross, etapes I i II (etapa fonamental), obtingut de la memòria de càcul de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (E.T.S.A.B.) -amb data 1961-1962- obra de l'arquitecte Eusebi Bona¹⁹.

¹⁹ Eusebi Bona Puig (1890-1972).

1900-1929

1930-1938

1939-1958

1959-1982

1983-2000

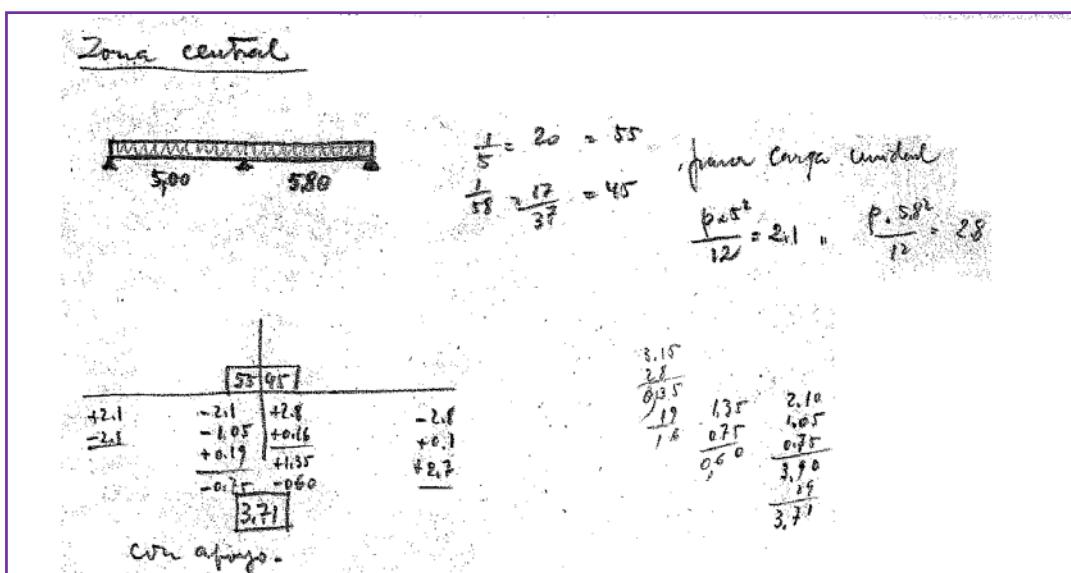
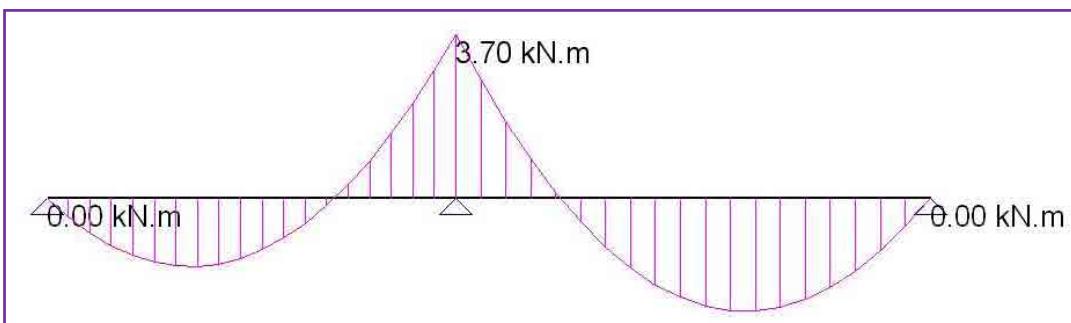


Figura 4.29 Exemple Mètode de Cross. Etapa Fonamental



40

Figura 4.30 Diagrama de moments resultant de l'exemple anterior.

Arribats a aquest punt es clou l'anomenada **etapa fonamental** (que com s'ha vist correspondria a les etapes I i II del mètode de Cross).

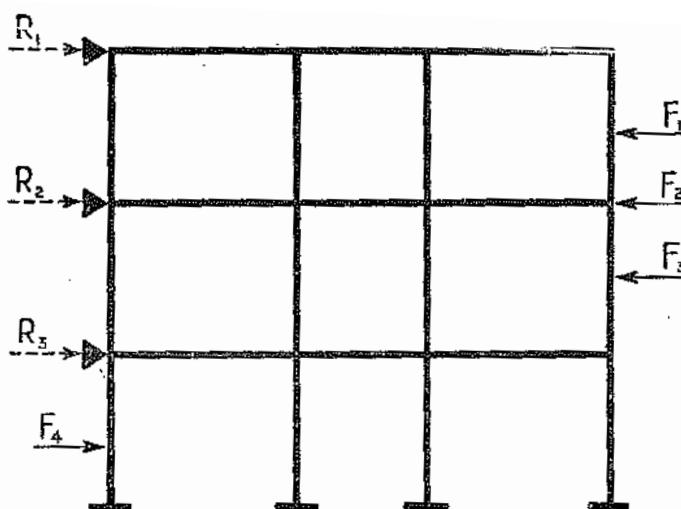
Si l'estruccura esdevingués intranacional el procediment ja estaria acabat amb la qual cosa el diagrama de moments obtingut seria el definitiu. Un cop el tinguéssim fora ràpid obtenir la resta de diagrames ja que l'estruccura esdevindria isostàtica doncs es coneixeria el valor dels moments que fins llavors havien estat incògnites.

Ara bé, si l'estruccura fos translacional (estructures asimètriques, amb asimetria de càrrega i/o perfils,...), hauríem de continuar el procés amb el que es coneix com **etapa paramètrica** que correspondria a les etapes III i IV del mètode de Cross.



Tot seguit es presenta.

Etapa tercera. Nudos desplazables pero no giratorios permiten el desplazamiento de las barras, pero de modo que se mantengan siempre paralelas sus secciones extremas; estamos en **el caso de desplazamientos locales**. Por consiguiente, así como la primera etapa se reducía a calcular los momentos de los pares de empotramiento perfecto, ésta consiste en determinar los momentos de los pares de empotramiento local. [...] Si los nudos se trasladan, la hipótesis de indesplazabilidad supuesta en las etapas primera y segunda equivale a introducir unos apoyos ficticios que inmovilizan los nudos.



41

Figura 4.31 Significació física de la hipòtesi de la no desplaçabilitat suposada a les etapes I i II

En las etapas anteriores la estructura acumula acciones contra dichos apoyos ficticios, acciones cuyo valor se obtendrá cortando las barras que concurren a los nudos donde hemos localizado los apoyos y sumando algebraicamente los esfuerzos longitudinales y transversales de las barras cortadas.

En la presente etapa tenemos que **suprimir el sistema de apoyos ficticios** o, lo que es equivalente desde el punto de vista de la solicitudón, dejar en libertad de acción las fuerzas acumuladas contra los apoyos en las etapas anteriores. Entonces **se trasladarán los nudos, produciéndose desplazamientos transversales** relativos en las extremidades de algunas barras, equivaliendo a corrimientos relativos de las secciones extremas.

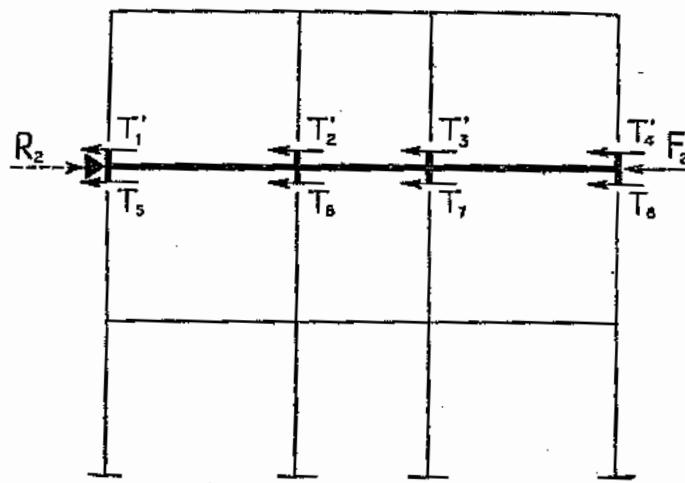


Figura 4.32 Determinació de les reaccions virtuals.

Arribats a aquest punt l'autor planteja el darrer pas del procediment.

Pueden seguirse dos caminos para su resolución; **el directo y el indirecto**.

El procedimiento directo suprime de una vez todos los apoyos ficticios, dejando actuar la totalidad de fuerzas ficticias acumuladas.

42

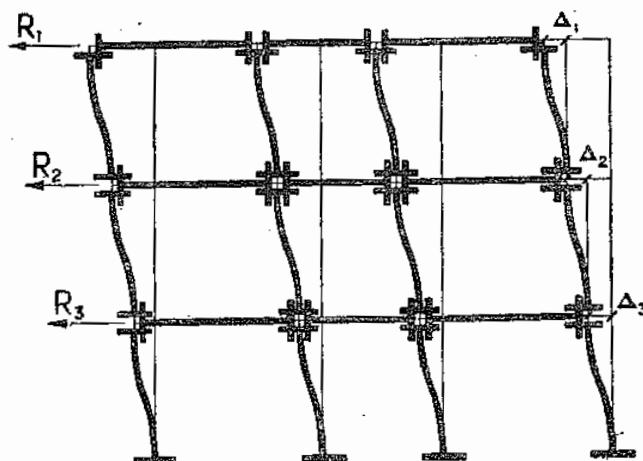
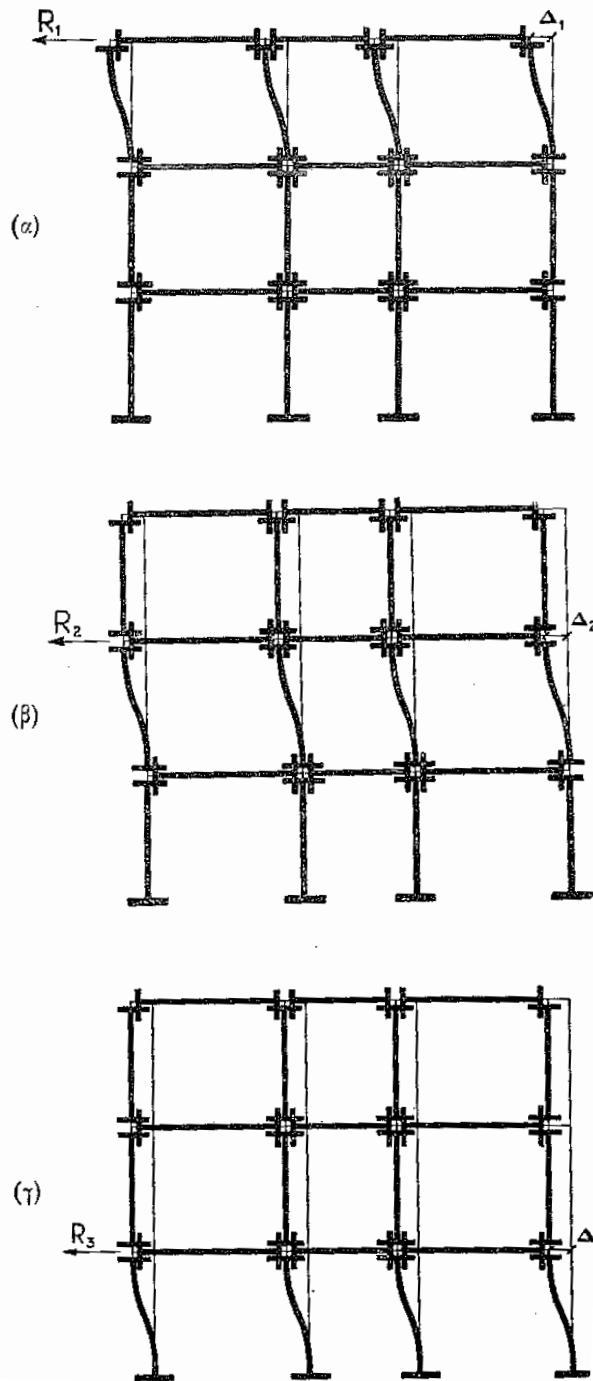


Figura 4.33 Moviments locals.

El procedimiento indirecto realiza la liberación en el número de fases indicado por el grado de desplazabilidad, es decir, descompone el movimiento en tantos parciales como apoyos ficticios hayamos considerado, suprimiendo éstos uno a uno, sucesiva e independientemente.



43

Figura 4.34 Descomposició del desplaçament local en tres fases.

De este modo, en cada fase interviene una sola fuerza ficticia y, por consiguiente, los desplazamientos y los momentos de las barras afectadas en dicha fase dependen de una sola incógnita. Se parte de una serie de valores de los momentos locales proporcionales a los verdaderos. Se realizan todas las operaciones de la etapa siguiente, y al final se plantean



las ecuaciones de desplazamiento, deduciendo la equivalencia entre los valores provisionales y los definitivos.

Per obtenir finalment;

Etapa cuarta. Volvemos a dejar en libertad de giro a los nudos de la estructura, después de sufrir los desplazamientos correspondientes a la etapa anterior. Hay que hacer un número de distribuciones igual al de fases consideradas, partiendo de los valores arbitrarios fijados en la etapa anterior. Los resultados obtenidos en cada distribución se multiplicarán por un mismo coeficiente incógnito, **estableciendo las ecuaciones de desplazamientos para la superposición de todas las etapas.**

ETAPA CUARTA.— PROCEDIMIENTO INDIRECTO

ECUACIONES DE LOS DESPLAZAMIENTOS

44

$\Sigma T_{IV} - R = 0$

Piso primero: $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \sum T'_{IV-1} + \beta \sum T''_{IV-1} + \gamma \sum T'''_{IV-1} - R_1 = 0 \\ \alpha \sum T'_{IV-2} + \beta \sum T''_{IV-2} + \gamma \sum T'''_{IV-2} - R_2 = 0 \\ \alpha \sum T'_{IV-3} + \beta \sum T''_{IV-3} + \gamma \sum T'''_{IV-3} - R_3 = 0 \end{array} \right.$

$\Sigma T_{IV} + \Sigma T_{II} + \Sigma F = 0$

Piso primero: $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \sum T'_{IV-1} + \beta \sum T''_{IV-1} + \gamma \sum T'''_{IV-1} + \sum T_{II-1} + \sum F_1 = 0 \\ \alpha \sum T'_{IV-2} + \beta \sum T''_{IV-2} + \gamma \sum T'''_{IV-2} + \sum T_{II-2} + \sum F_2 = 0 \\ \alpha \sum T'_{IV-3} + \beta \sum T''_{IV-3} + \gamma \sum T'''_{IV-3} + \sum T_{II-3} + \sum F_3 = 0 \end{array} \right.$

$M = M_{II} + \alpha M'_{IV} + \beta M''_{IV} + \gamma M'''_{IV}$

Figura 4.35 Equacions dels desplaçaments.

Llegamos de este modo a un **sistema de ecuaciones lineales** en número fijado por el grado de desplazabilidad, **deduciéndose los valores de las incógnitas**, que son los coeficientes multiplicadores de los valores



numéricos obtenidos para los momentos en las distintas fases de esta etapa.

Així doncs, obtenim el resultat total;

Los momentos totales se deducen por superposición de los de la etapa segunda con los acabados de obtener en cada fase multiplicados por sus respectivos coeficientes.

Per tant, el procediment per aplicar mètode de Cross a una **estructura translacional** seria:

1. Es suprimeix el topall del pis, que experimentarà un desplaçament horitzontal δ . Se suposa que aquest desplaçament es produeix sense que girin els nusos, com si hi hagués unes guies. **Apareixeran uns moments en les extrems dels pilars.**
2. Per tal de facilitar els càlculs, col·locarem moments relatius α ens els extrems dels pilars en funció de la rigidesa a desplaçament d'aquests.
3. Les guies, són fictícies, per tant les haurem de suprimir. Els moments provocats pel desplaçament, estan produint desequilibri en els nusos, pel que es reajustaran seguint el procés normal del mètode, o sigui, les etapes primera i segona.
4. Amb els moments finals obtinguts d'aquesta tercera etapa, es plantejarà l'equació de planta, el que permetrà trobar el valor final dels moments α .
5. Es calcularan els moments obtinguts en la tercera etapa que estaven expressats en funció de α . **El principi de superposició garanteix que els moments definitius seran la suma dels obtinguts en ambdós etapes; l'etapa fonamental i la paramètrica.**

El mateix Fernández Casado al llibre al qual ens estem referint mostra una sèrie d'exemples teòrics on ell mateix explica i comenta les característiques del mètode. A continuació es mostra l'exemple segon; *estructura de edificio asimétrica* on, per la tipologia pròpia de l'estructura hi trobarem tant l'etapa fonamental com les paramètriques; és a dir,

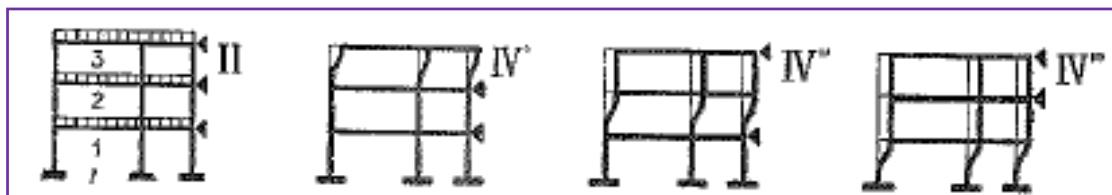
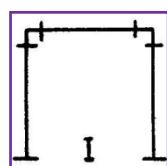


Figura 4.36 Exemple estructura translacional.

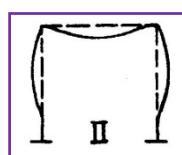
També el professor Pey Cuñat explicita el mètode, molt didàcticament, quedant reflectida l'evolució de la estructura en les 4 etapes fins arribar a l'estructura real:

46

Etapa I (nusos sense girs): L'estructura és indeformable. Les barres estan completament encastades pels seus extrems en els nusos i aquests ni giren ni es desplacen. Apareixen, per tant, parells d'encastament perfecte.

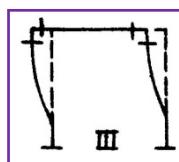


Etapa II (nusos giratoris però indesplaçables): Es desfà la rigidesa i es permet el gir als nusos.

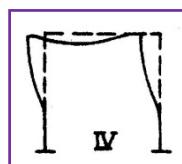




Etapa III (nusos desplaçables però no giratoris): Els nusos es consideren desplaçables però rígids; sense cap gir.



Etapa IV (nusos giratoris desplaçats): S'admet que l'estructura s'ha desplaçat i ha girat.



47

Malgrat com s'ha vist fins ara el llibre de referència del mètode ha estat indiscutiblement el de l'enginyer Fernández Casado, s'ha cregut que és de justícia mencionar un altre llibre que, encara que parcialment eclipsat pel de l'autor citat, també gaudí d'una certa rellevància, especialment en àmbits docents -de fet el llibre neix de la publicació d'un apunts docents per als alumnes de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Aeronàutics de Madrid. Ens referim al llibre del professor **Bernardino Fernández Pérez**.

Fonamentalment el llibre recull el mateix temari que el formulat al llibre de Fernández Casado, encara que sense tanta amplitud, tal i com ell mateix reconeix.

En la actualidad existen ya varios textos en español dedicados fundamentalmente a la explicación del método de Cross, unos de autores españoles y otros de traducciones de textos extranjeros. Entre los primeros debe destacarse el **Cálculo de Estructuras Reticulares**, de Fernández Casado, que, según creo, fue el primero



en español y cuya contribución al conocimiento y difusión de dicho método entre los ingenieros españoles ha sido extraordinaria.

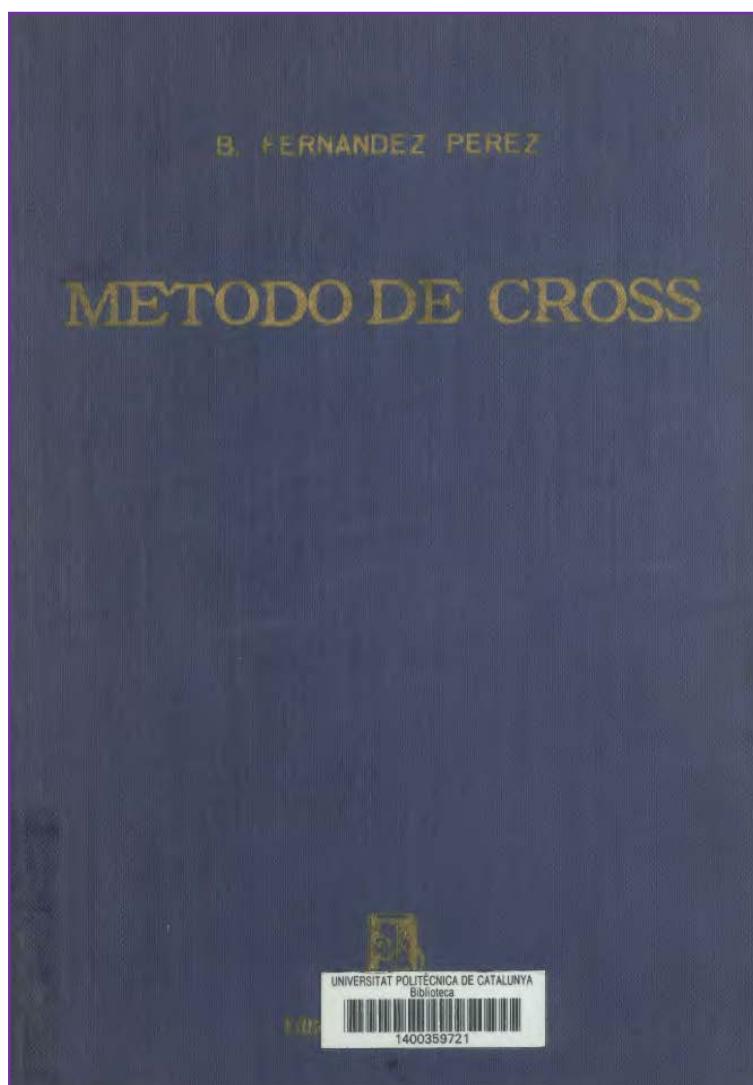
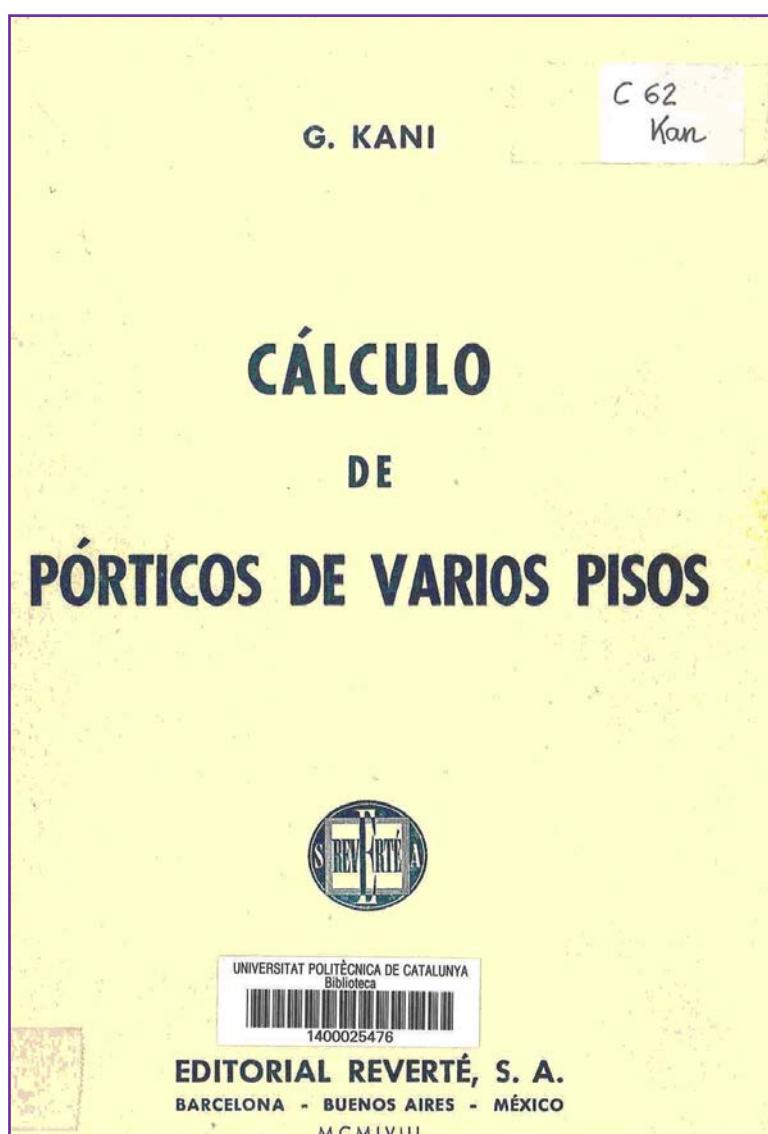


Figura 4. 37 Método de Cross. Bernardino Fernández Pérez.



4.2.1.2. Mètode de Kani



A més de la resolució de l'estructura hiperestàtica pel mètode de Cross vista a l'apartat anterior, apareixen també dos mètodes (el mètode Kani i el mètode Takabeya) per calcular-la deguts a Gaspar Kani i a Fukuhei Takabeya respectivament.

El mètode de Hardy Cross ha estat, amb escreix, el més emprat tot i reduint la utilització dels altres dos a casos concrets i amb una aplicació molt limitada malgrat que la seva validesa els feia ser mètodes perfectament aplicables i amb resultats igualment correctes tal i com es veurà.

A l'estat espanyol, concretament, han estat dos mètodes que malgrat es coneixia la seva existència i el seu funcionament, van tenir una escassa aplicació estructural com queda palès en els comentaris de professionals que van començar a exercir la seva tasca al voltant de la dècada dels 50 i en l'escàs ressò (de fet nul) que s'ha trobat en les memòries de càlcul consultades.

50

És per aquest motiu que s'expliciten ambdós mètodes amb més generalitat que el mètode de Cross.



Gaspar Kani (1910-1968) presentà l'any 1949²⁰ un mètode de càlcul exacto basado en aproximaciones sucesivas i, en clara referència al mètode de Hardy Cross, se ha buscado un nuevo método de cálculo de los desplazamientos horizontales que simplifique su obtención.

La bibliografia del mètode és més aviat escassa cosa que denota que a l'estat espanyol va tenir, com havíem dit, una difusió i utilització més aviat nul·la. De fet, el llibre no es va editar a Espanya fins l'any 1958 quan el mètode de Cross ja havia tingut moltíssima difusió. Segons Gaspar Kani, les avantatges del mètode en comparació amb d'altres són:

- En el supuesto de nudos fijos, o sea sin considerar el posible desplazamiento de los mismos, el cálculo es “correctivo” en cada nudo, pasando luego de éste a otro cualquiera, con lo cual, además de un ahorro de tiempo, supone muy poca probabilidad de que se comentan errores en el mismo.
- La introducción en el cálculo de la hipótesis de nudos desplazables supone una pequeña variación en el desarrollo del mismo, que no tiene gran importancia.
- La comprobación de los resultados puede hacerse en cada nudo y en cualquier momento, sin que sea necesario para los técnicos inspectores el conocer el detalle del cálculo que ha llevado al resultado definitivo.
- Para el caso de que deban variarse los tipos de carga o sección de las barras posteriormente al cálculo efectuado, no es necesario volver a empezar por el mismo, sino sólo anotar los cambios y repetirlos únicamente en parte.

51

El mateix Fernández Casado²¹ es refereix a ell com a:

Un método interesante dentro del grupo de los de distribución de momentos que tiene una especial aplicación al caso de estructuras con barras de inercia constante y entramados completos de retícula rectangular.

²⁰ Kani: Die Berechnung Mehrstöckiger Rahmen. Stuttgart, 1949.

²¹ Fernández Casado. Cálculo de estructuras reticulares. Nudos rígidos. 2^a edición



L'autor introduceix el mètode partint d'una hipotètica barra $i-k$ sotmesa a un estat de càrregues genèric tal com es mostra a la següent figura.

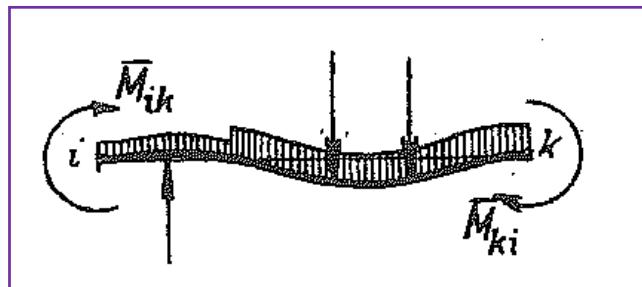


Figura 4.38 Barra $i-k$ sotmesa a un estat genèric de càrregues.

Tant el nus i com el nus k giraran un determinat valor. El valor d'aquest gir es pot descompondre com a superposició de tres etapes que ens conduiran a l'obtenció dels moments en els extrems corresponents.

Etapa I

Nus encastat (sense gir); flexió per l'acció de la pròpia càrrega; existència de moments d'encastament perfecte M_{ik} . Per trobar aquests moments, l'autor recomana la següent bibliografia:

- *Beton Kalender (Calendario de hormigón)*;
- *Stahlbau Kalender (Calendario del acero)*
- *Takabeya Rahmentafeln (Tablas para pórticos)*

52

Etapa II

L'extrem i gira un determinat angle τ_i . **L'extrem k no gira.**

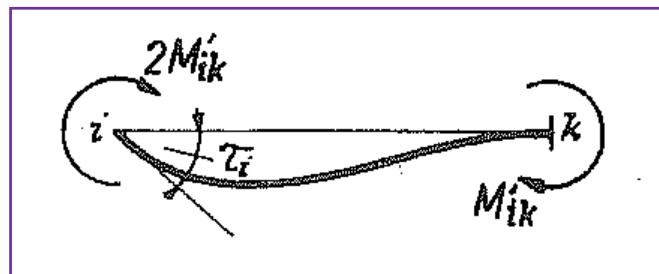


Figura 4.39 L'extrem i gira un determinat angle τ_i .



Etapa III

L'extrem *k* gira un determinat angle τ_k . L'extrem *i* no gira.

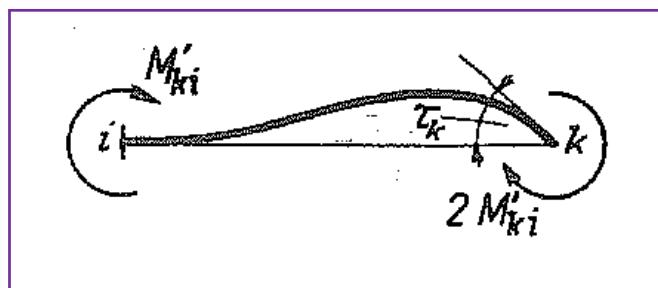


Figura 4.40 L'extrem *k* gira un determinat angle τ_k .

Per tant, i aplicant el principi de superposició, en l'extrem *i* de la barra *i-k* el valor del moment resultant serà:

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

53

Es a dir; el **moment total** es pot trobar com a **suma del moment d'encastrement perfecte, el moment degut al gir en l'extrem contrari de la barra i dos vegades el moment degut al gir en el propi extrem**.

$$M_{23} = 53.33 - 2 \cdot 7.774 + 6.65 = 44.43 \text{ kNm} \quad M_{32} = -53.33 + 2 \cdot 6.65 - 7.774 = -47.80 \text{ kNm}$$

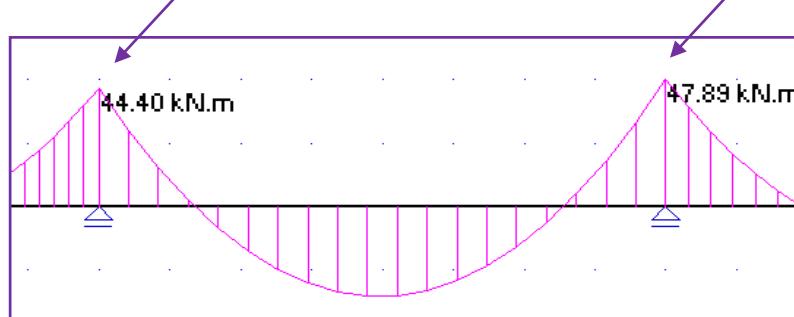


Figura 4.41 Exemple d'aplicació de distribució de moments.

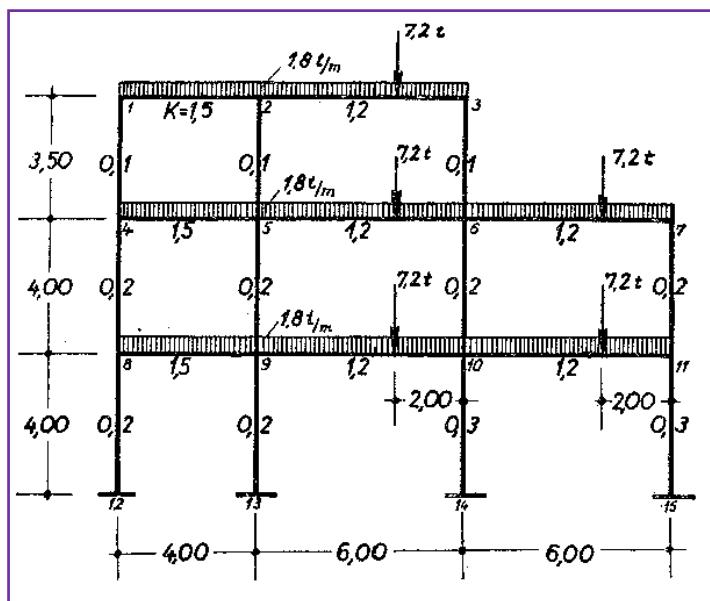
Arribats a aquest punt, l'autor presenta el desenvolupament pròpiament dit del seu mètode formulant-lo en els dos casos més habituals ja vistos també en el mètode de Cross; és a dir:



- Aplicació del mètode a casos amb **nusos rígids no desplaçables**.
- Aplicació del mètode a casos amb **nusos rígids desplaçables**.

a) Aplicació del mètode a casos amb nusos rígids no desplaçables.

Gaspar Kani formula el mètode per a nusos rígids sense desplaçaments explicitant les etapes necessàries per a dur-lo a terme sense demostració. Són a aquestes a les que ens referirem bàsicament en funció del pòrtic que ell mateix defineix.



54

Figura 4.42 Pòrtic tipus amb el qual Kani explica el seu mètode.

El **cálculo de un pórtico con nudos rígidos (no desplazables)** se efectúa mediante un esquema y consta de las siguientes etapas:

1. Se calculan para el tipo de carga supuesto, **los momentos de empotramiento perfecto** en los extremos de las barras M_{ik} y se anotan encima de las correspondientes barras del esquema. Sumando en cada nudo estos momentos de empotramiento, obtenemos los valores de **los momentos de sujeción** para cada uno de dichos nudos, $M_i = \sum M_{ik}$, los cuales anotamos en el centro del círculo de cada nudo.

2. Obtenemos luego los valores de los coeficientes de repartición o factores de giro μ repartiéndo el valor (-1/2) proporcionalmente a cada nudo



a los valores de las rigideces K de las barras que concurren en él ($K = \frac{I}{L}$).

Por ejemplo, para el extremo i de la barra $i-k$ tendríamos:

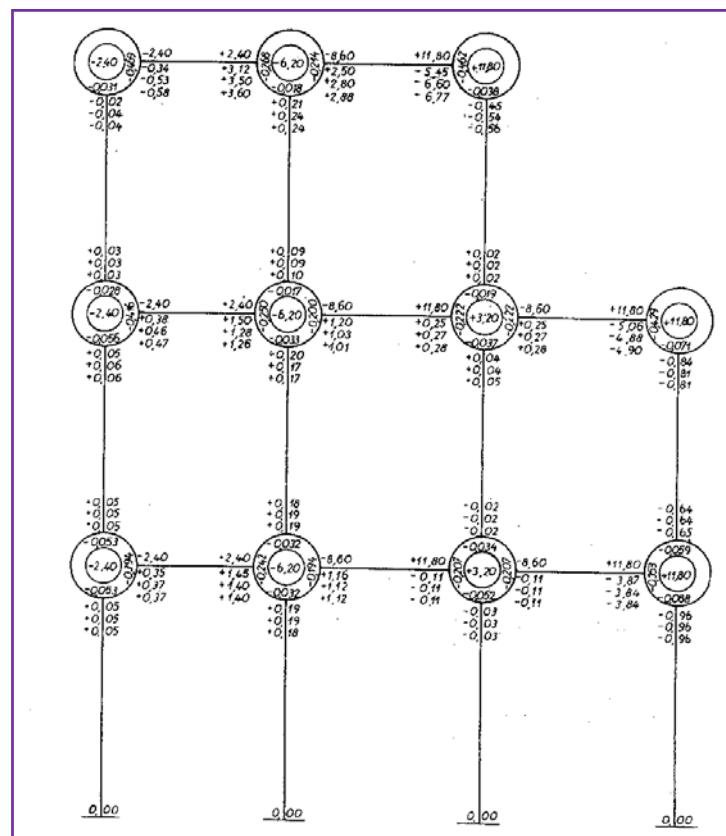
$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_i K_{ik}}$$

Tal i com es pot observar ja en les formulacions inicials del mètode existeix un cert paralelisme amb el corresponent de Cross.

3. Las sucesivas influencias del giro de los nudos a los momentos M'_{ik} las determinamos por iteraciones de la operación:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_i + \sum_i M'_{ki})$$

Siguiendo de un nudo a otro, basta obtener la aproximación deseada.



55

Figura 4.43 Esquema del diagrama seguit per Kani en el seu mètode.

4. Sumando los momentos de empotramiento en los extremos de las barras M_{ik} con la influencia de los giros, obtenemos **los momentos**

definitivos de los extremos de cada barra. Así pues para un extremo de la barra i-k obtenemos:

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

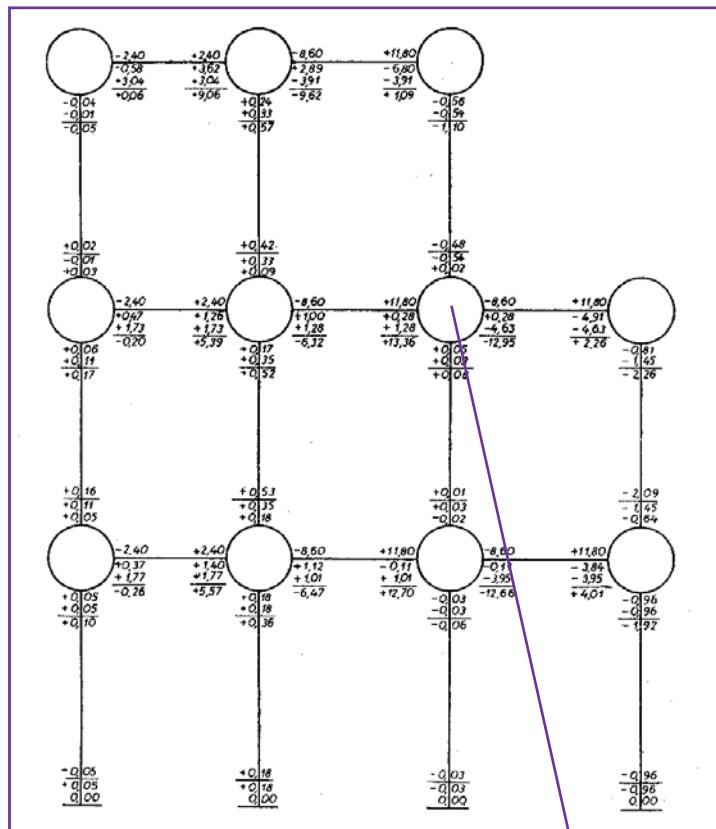


Figura 4.44 Esquema de la distribució de moments seguit per Kani en el seu mètode.

Si volem calcular els moments en els nodes aplicarem la fórmula anterior. Per exemple en el **node 6** obtenim:

$$M_{6-5} = 11.80 + 2 \cdot 0.28 + 1 = 13.36$$

$$M_{6-10} = 0 + 2 \cdot 0.05 - 0.02 = 0.08$$

$$M_{6-7} = -8,60 + 2 \cdot 0,28 - 4,91 = -12,95$$

$$M_{6-8} = 0 + 2 \cdot 0,02 - 0,56 = -0,52$$

Així doncs, per calcular els moments definitius en els distints nodes de l'estructura **aplicarem sistemàticament la fórmula anterior** per acabar l'exercici passant a dibuixar el corresponent diagrama de moments flectors

del pòrtic. Queda palès doncs que **es traca d'un mètode iteratiu** com es referia prèviament.

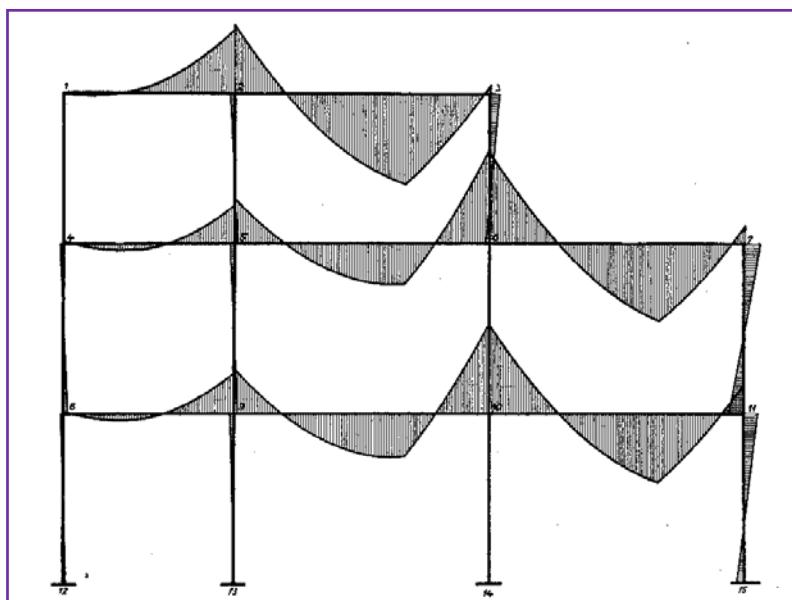


Figura 4.45 Obtenció del diagrama de moments total del pòrtic.

b) Aplicació del mètode a casos amb nusos rígids no desplaçables.

Un dels casos més habituals en el camp de les estructures és la de nusos que giren i a més es desplacen (correspondria al cas paramètric vist abans).

En aquest cas la deformació de la barra $i-k$ es pot descompondre en els següents quatre passos tal i com es mostra a la figura:

La barra $i-k$ es deforma sense gir ni desplaçament. Cas d'encastrement perfecte.

- L'extrem i gira un angle τ_i sense gir de l'extrem k . Els dos sense desplaçament.
- L'extrem k gira un angle τ_k sense gir de l'extrem i . Els dos sense desplaçament.
- L'extrem i i l'extrem k es desplacen entre ells un valor δ . Els extrems no experimenten gir.

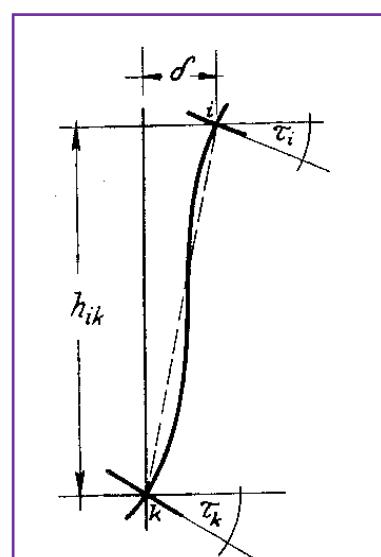


Figura 4.46 Deformació d'una barra amb gir i desplaçament.



Per tant, i aplicant el principi de superposició novament, s'obté el **valor del moment resultant** que serà:

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

Es pot observar que els tres primers factors són els mateixos que en el cas de l'apartat anterior apareixent-ne ara un de nou que es pot interpretar com la **influència al desplaçament dels pisos de l'estructura sobre els moments en els nusos**, és a dir, degut al desplaçament δ de l'extrem i de la barra $i-k$ respecte k . Igual que en el cas anterior ens referirem al resum proposat pel mateix Kani en el seu llibre²².

El cálculo de los momentos totales para **un pórtico de varios pisos con nudos desplazables** se desarrolla de la forma siguiente:

A.Cada piso r tiene las columnas de la misma longitud.

58

1. Se calculan primero **los momentos de empotramiento perfecto** M_{ik} en el extremo de cada barra, tanto para las fuerzas verticales como horizontales y se anotan en los extremos de las mismas.

Se obtienen, luego, los **momentos de sujeción** en cada nudo i , sumando los **momentos de empotramiento** correspondientes a los extremos de las barras que concurren en el nudo i , $M_i = \sum M_{ik}$, y los anotamos en el centro de los círculos de cada nudo.

En el caso de existir cargas horizontales, determinaremos además las fuerzas de fijación H y con ellas, en cada piso r , la fuerza Q_r mediante la suma de estas fuerzas H que actúan por encima de cada piso considerado:

$$Q_r = \sum_1^r H_i$$

Con estos valores obtendremos los momentos de piso $M_r = \frac{Q_r h_r}{3}$, los cuales anotaremos a la izquierda de las columnas de la primera fila.

²² Novament l'autor no demostra el mètode.



2. Obtendremos los **coeficientes de reparto μ** repartiendo el valor -1/2 en cada nudo, proporcionalmente a las rigideces K de las barras que concurren en el mismo. Así para el extremo i de la barra i-k, tenemos:

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_i K_{ik}}$$

Calcularemos luego **los factores de corrimiento v** , distribuyendo en cada piso el valor -3/2 proporcionalmente a las rigideces de las columnas y los anotaremos a la izquierda de la columna correspondiente. Para una columna i-k del piso r, el valor de v será:

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_r K_{ik}}$$

3. Las **influencias del giro M'_{ik}** se obtendrán por iteración sucesiva de la fórmula de un nudo a otro nudo :

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_i + \sum_i (M'_{ki} + M''_{ik}))$$

Las **influencias del desplazamiento M''_{ik}** , se obtendrán por iteración sucesiva a todos los nudos de la fórmula:

$$M''_{ik} = v_{ik} (M_r + \sum_r (M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Las iteraciones mediante las anteriores fórmulas serán sucesivas alternando las dos, hasta que todas las influencias de los giros y desplazamientos lleguen a la exactitud deseada.

59

4. Obtendremos por fin los **momentos definitivos** en los extremos de las barras **sumando los momentos de empotramiento perfecto M_{ik} , las influencias de los giros M'_{ik} , las influencias del desplazamiento M''_{ik}** . Para el extremo de la barra i-k obtenemos:

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

B. Las columnas de un mismo piso tienen alturas distintas.

En aquest apartat l'autor mostra el càlcul de les estructures encastades pels extrems **més generalista possible**, és a dir aquelles que a més de poder desplaçar-se tenen els pilars de longituds distintes. Ell mateix ho implementa amb el següent pòrtic.

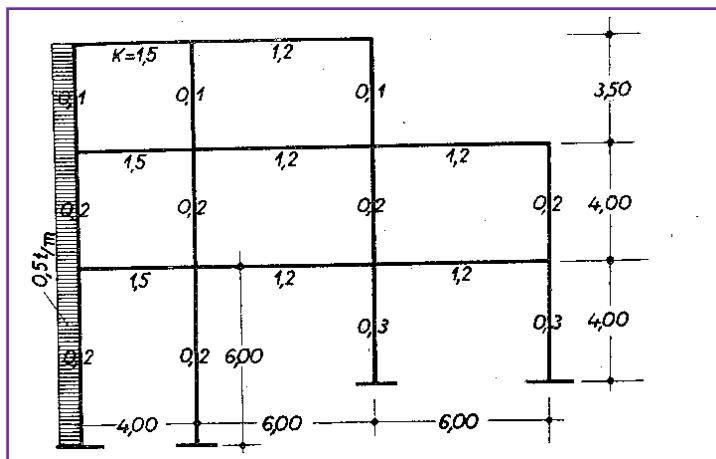


Figura 4.47 Estructura desplaçable i amb pilars d'alçada variable.

1. El cálculo de los **momentos de fijación** y de los **momentos de los pisos** es el mismo del caso de pisos de columnas de igual altura. Como altura del piso h_r puede tomarse la longitud de las columnas que figuren en mayor número.

2. El cálculo de los factores de giro μ y su comprobación es igual. Para la altura adoptada de piso h_r , calcularemos para cada columna i-k del piso r, los **factores de reducción c** los cuales anotaremos al lado de cada columna en el esquema de cálculo:

$$c_{ik} = \frac{h_r}{h_{ik}}$$

Los **fatores de corrimiento** v_{ik} del piso r los determinaremos mediante la fórmula:

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \frac{c_{ik} K_{ik}}{\sum c_{ik}^2 K_{ik}}$$

y la comprobación con:

$$\sum c_{ik} v_{ik} = -\frac{3}{2}$$

3. El **cálculo de las influencias del giro** M'_{ik} es igual al caso de pisos con columnas de la misma longitud. La influencia al desplazamiento M'_{ik} se calculará mediante la fórmula:

$$M''_{ik} = v_{ik} [M_r + \sum c_{ik} (M'_{ik} + M'_{ki})]$$



4. El cálculo de los momentos definitivos en los extremos de las barras es el mismo que en los pisos con columnas de igual longitud;

$$M_{ik} = M_{ik} + 2M'_{ik} + M''_{ki} + M'''_{ik}$$

L'autor encara presenta un tercer cas; unions articulades en els enllaços.

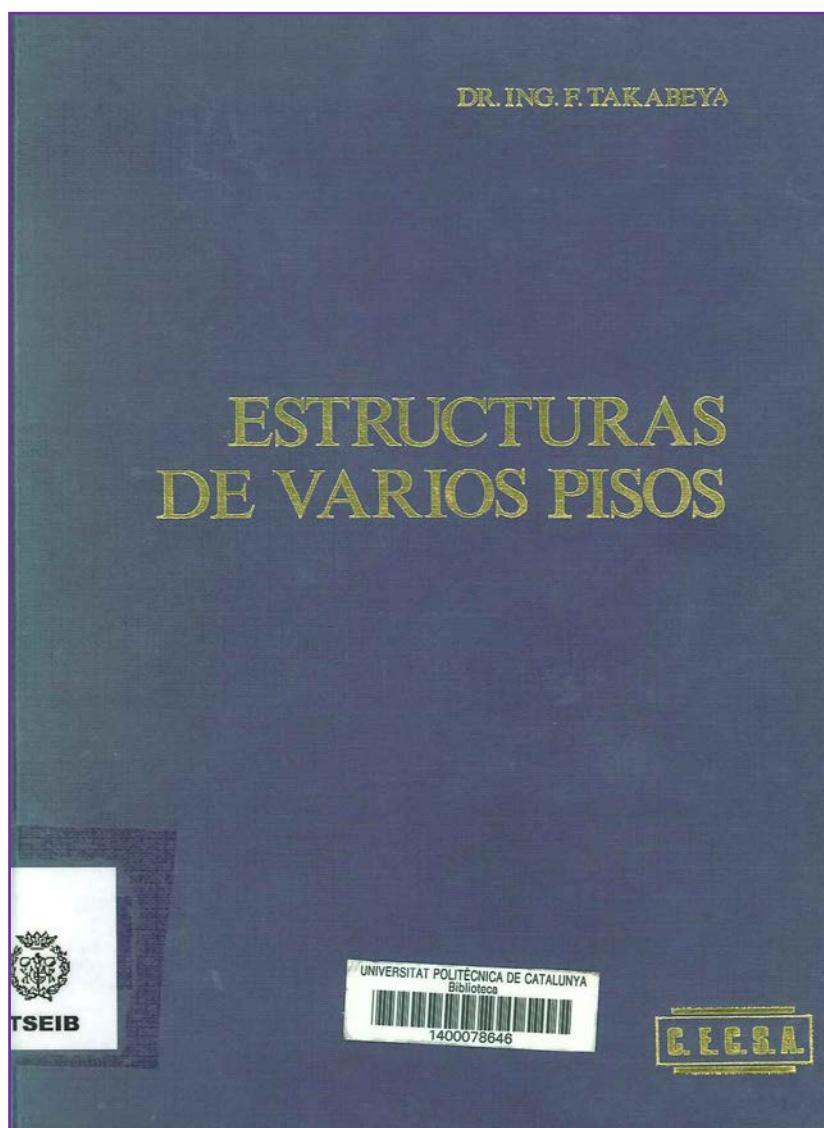
C. Para el caso de columnas articuladas en sus apoyos con una rigidez K y una longitud h se calcularán, después de anotados los momentos de empotramiento perfecto en los extremos de las barras, **sustituyéndolas por otras empotradas en sus bases con una rigidez $K''=3/4 K$, con una altura $h'= 3/4 h$ y un coeficiente $m=3/4$** . Con estos valores se obtendrán los coeficientes de reparto y factores de corrimiento. Luego **se seguirá por el método corriente**.

L'exposició del mètode de Kani conclou amb una justificació de la seva validesa i exactitud formulada pel mateix autor.

61

Una ventaja de este método es, que los errores de cálculo se eliminan con las sucesivas iteraciones. La probabilidad de cometer un error, es muy pequeña, ya que siempre consiste en la repetición de una operación aritmética muy sencilla, y los errores en la consideración de signos son casi imposibles. Si a pesar de todo se comete algún error, éste no influye en el resultado final, siempre que no lo haya habido en los valores calculados para los momentos de sujeción y los coeficientes de repartición. Daremos por terminado el cálculo cuando, en la última iteración, los valores obtenidos son casi iguales, y como es muy difícil que repitamos el mismo error en las últimas iteraciones podemos considerar, sin lugar a duda, que el último valor es el bueno.

Fins aquí arriba l'explicitació del mètode segons el mateix **Gaspar Kani**. Com es pot veure és **un mètode iteratiu** que no presenta dificultat matemàtica. De fet hi ha aspectes en els quals recorda part de la formulació de Cross. Malgrat tot, s'insisteix a dir que aquest mètode tingué una nul·la aplicació en memòries de càlcul i una molt breu aplicació teòrica a la docència.



62

4.2.1.3. Mètode de Takabeya



L'any 1938 es presentà a la revista *Travaux*, l'article *Étude des ossatures de gratte-ciel composées de cadres rectangulaires et à joints rigides sous l'action du vent*²³, publicat per Fukuhei Takabeya²⁴ on es mostra un nou mètode de càlcul; el conegit com a **mètode Takabeya**. Com prèviament s'ha justificat, ha estat un mètode que malgrat tenir un cert ressò a l'estat espanyol (els professionals preguntats eren conscients que el mètode existia), va tenir una aplicació nul·la dins l'àmbit de càlcul estructural.



Segons l'autor,

En el proyecto de las modernas construcciones, cada día es mayor la importancia concedida al cálculo de estructuras. Cuando una estructura rígida se somete a la acción de unas cargas, sus distintos elementos experimentan unas deformaciones elásticas supeditadas al giro de los nudos y al de sus propios elementos estructurales, estos últimos a consecuencia de los desplazamientos de los primeros. Para realizar el análisis de las distribuciones de tensiones en una estructura **existen varios métodos, pero son de una aplicación complicada y laboriosa.**

63

El método de Cross proporciona frecuentemente la solución práctica del cálculo de las estructuras hiperestáticas pero en el caso de nudos desplazables este método no resulta tan práctico como el de los ángulos de deformación que aquí se desarrolla. Por ejemplo, para un edificio de cien pisos sometido a la acción del viento, donde existen centenares de ángulos de deformación, **tanto el método de Cross como el de Kani resultan excesivamente largos y laboriosos.**

²³ Takabeya, F.: *Étude des ossatures de gratte-ciel sous l'action du vent*. *Travaux*. Paris 1938, nº 67.

²⁴ Fukuhei Takabeya (1893-1975)



El método que se propone, demostró su eficacia, al resolver el problema de un pórtico de doscientos pisos y treinta crujías en setenta y ocho horas tiempo realmente corto para un proyecto tan complicado. **En julio de 1938 se dio a conocer a París parte del sistema de cálculo.**

La versió espanyola del llibre *Estructuras de varios pisos*, ha estat l'únic referent bibliogràfic que s'ha trobat del mètode Takabeya cosa que confirma de nou l'escassa aplicació que va tenir aquí aquest mètode. De fet, la versió castellana no arribarà fins novembre de 1969.

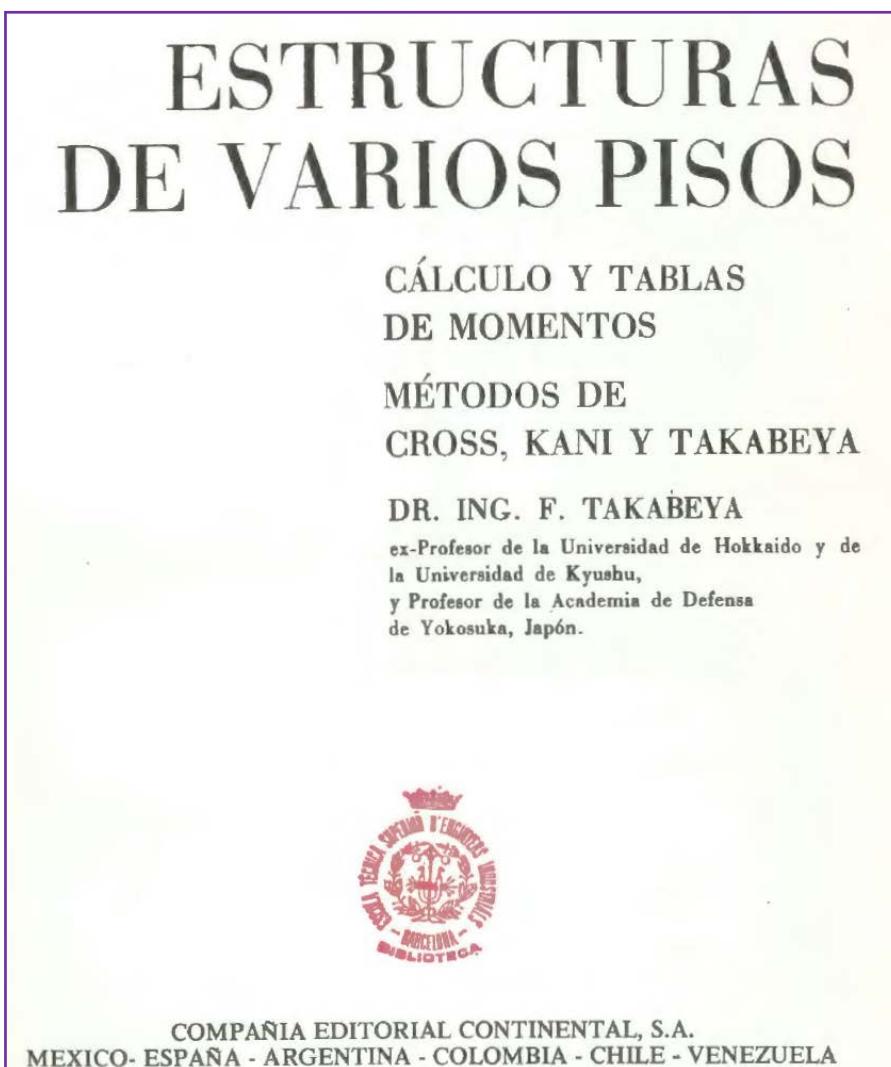
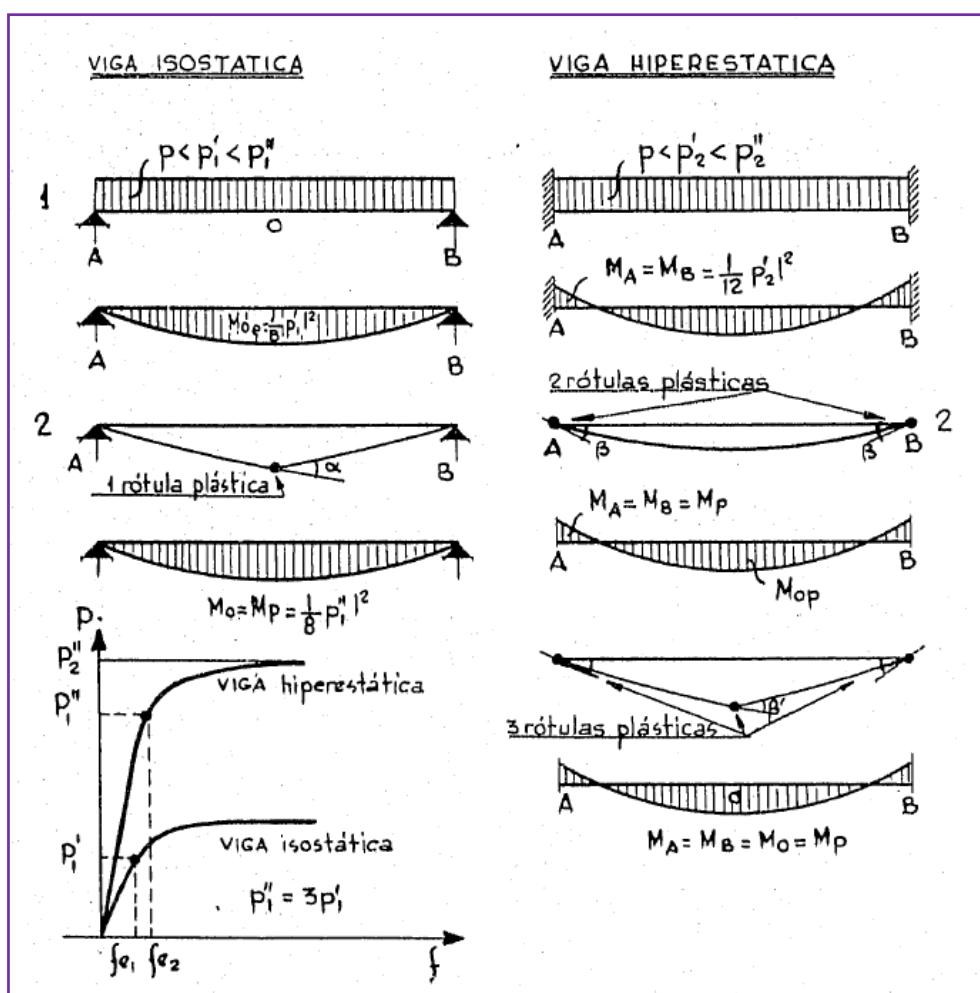


Figura 4.48 Estructuras de varios pisos. Fukuhei Takabeya

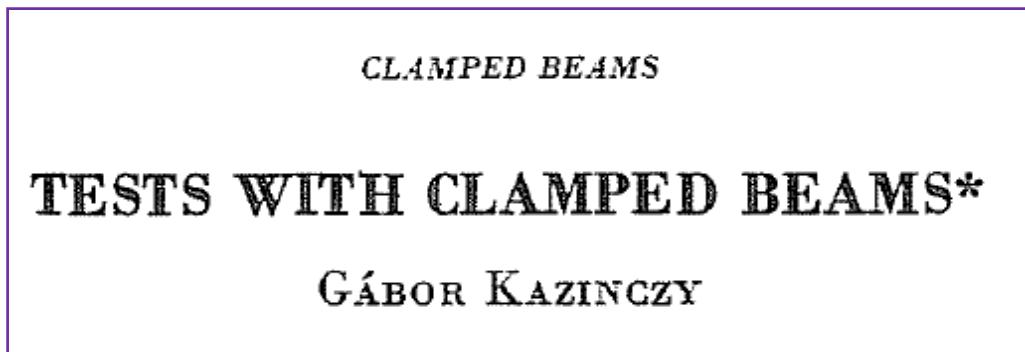


4.2.1.4. Mètodes Plàstics



Tot i que la plastificació dels materials era coneguda des de feia temps, en part deguda a l'estudi dels gràfics tensió deformació, la seva aplicació dins el càlcul estructural no era usual. Serà al segle XX quan, el que s'anomenaran com a mètodes plàstics, començaren a tenir una certa rellevància.

Encara que sortim una mica del nostre període, per parlar dels mètodes en qüestió, ens hem de situar a principis de segle. L'any 1914, Gábor Kazinczy²⁵ publicà un article anomenat *Clamped beams; Tests with clamped beams* dins la revista Betonszeule²⁶. Anys més tard, la revista *Periodica Polytechnica*²⁷, en publicà un resum del mateix²⁸.



66

Figura 4.49 Tests with clamped beams. Gábor Kazinczy

Passem-lo a comentar breument ja que d'ell en podem extreure la informació per després aprofundir en el tema del càlcul plàstic.

Kazinczy comença els seus estudis assajant bigues de formigó armat de 6 metres de longitud amb les unions encastades. Segons el professor Heyman²⁹:

Los extremos estaban embebidos en grandes machones; la carga consistía en hiladas crecientes de ladrillos y estaba uniformemente distribuida.

²⁵ Gábor Kazinczy (1889-1964).

²⁶ Betonszeule, vol. 2,68-71, 83-87, 101-104

²⁷ <http://www.pp.bme.hu/>

²⁸ Periodica Polytechnica, vol. 28, 75-93

²⁹ Heyman, Jacques. *Structural Analysis: A Historical approach*. Cambridge: Cambridge University Press 1998.

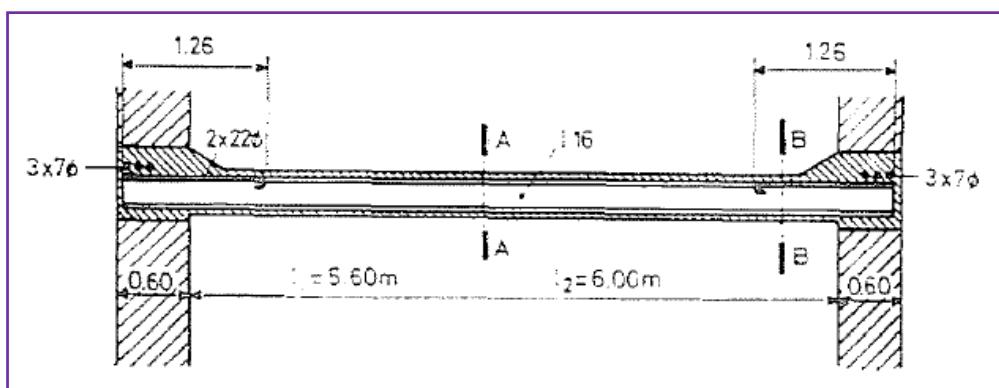
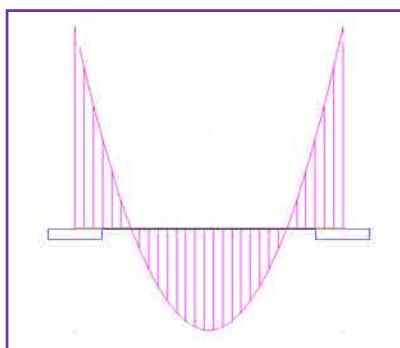


Figura 4.50 Disseny de l'assaig mostrat a *Periodica Polytechnica*.

Segons la teoria elàstica, el comportament seria tal i com hem vist al corresponent Bloc I³⁰.



$$|M_{extremos}| = \frac{1}{12}ql^2 \text{ i } |M_{centre}| = \frac{1}{24}ql^2$$

67

En augmentar la càrrega Kazinczy observà que unes esquerdes sorgien als extrems. Malgrat aquest fet es podia augmentar la càrrega encara més.

Un cop descarregà la biga veié uns punts permanents de deformació als dos extrems i al centre; foren anomenades **ròtules**. D'aquest fet, l'autor constata;

Una viga con los extremos empotrados no puede colapsar (sufrir flechas crecientes) hasta que se han formado las tres rótulas.

Dos ròtulas en los extremos simplemente transforman la biga biempotrada en una viga articulada; la tercera ròtula central es necessaria para el colapso.

³⁰ Estudi de la biga aïllada.



Cas	Tipologia	Descripció
Unions Encastades		
Unions Articulades		
Ròtules		



És a dir que la fallida de la biga només es produirà en el tercer cas; **n'obtindrem un mecanisme.**

68

Kazinczy un cop vistos els resultats arribarà a la següent conclusió;

Thus, rather than for a moment $\frac{pl^2}{12}$, a clamped steel beam could be designed for a moment of $1/2 \frac{pl^2}{8} = \frac{pl^2}{16}$ even if its ends are free to rotate to a certain degree.

Referit segons el professor Heyman com,

Como resultado de estos ensayos, Kazinczy concluye que este tipo de vigas podría ser proyectadas para un momento flector máximo de $\frac{wl^2}{16}$. Es más, afirma que el momento es $\frac{1}{2} \frac{wl^2}{8}$; y la capacidad portante de una biga biempotrada **es el doble de la su equivalente simplemente apoyada.**



La teoria de la plasticitat anava prenent cos i el seus estudis eren cada vegada més usuals. Fonts històriques assenyalen que al segon congrés de l'Associació Internacional de Ponts i Estructures (International Association for Bridge and Structural Engineering (I.A.B.S.E.)) s'hi recullen, dins les actes, articles que tracten de la plasticitat en general. Sense entrar en el seu estudi, ja que s'allunyaria del nostre objectiu, citar-ne dos així com les seves referències per a algun lector interessat.

- Melan, E. (1936). *Theory of statically indeterminate systems*³¹.
- Bleich, F. (1936). *Calculation of statically indeterminate systems based on the theory of plasticity*³².

Destacar a més estudis que s'estaven fent dins la URSS i que foren encapçalats per **A. A. Gvozdev**³³:

- Gvozdev, A. A, *The determination of the value of the collapse load for statically indeterminate systems undergoing plastic deformation*³⁴.

69

Dels seus treballs, se'n destaquen tres condicions que s'han de comprovar a l'hora de verificar el col·lapse;

Equilibri: els moments flectors interns \mathbf{M} en el pòrtic estan en equilibri amb les càrregues exteriors \mathbf{W} .

Cedència: els valors de \mathbf{M} son menors que, o com a molt igual a, el valor del moment plàstic \mathbf{M}_p .

Mecanisme: Existeix una distribució de ròtules plàstiques que permet la deformació del pòrtic.

³¹ Preliminary Publication, International Association for Bridge and Structural Engineering, Second Congress, 43-64. Berlin.

³² Preliminary Publication, International Association for Bridge and Structural Engineering, Second Congress, 131-144. Berlin

³³ Aleksei Aleksandrovich Gvozdev (1887-1939).

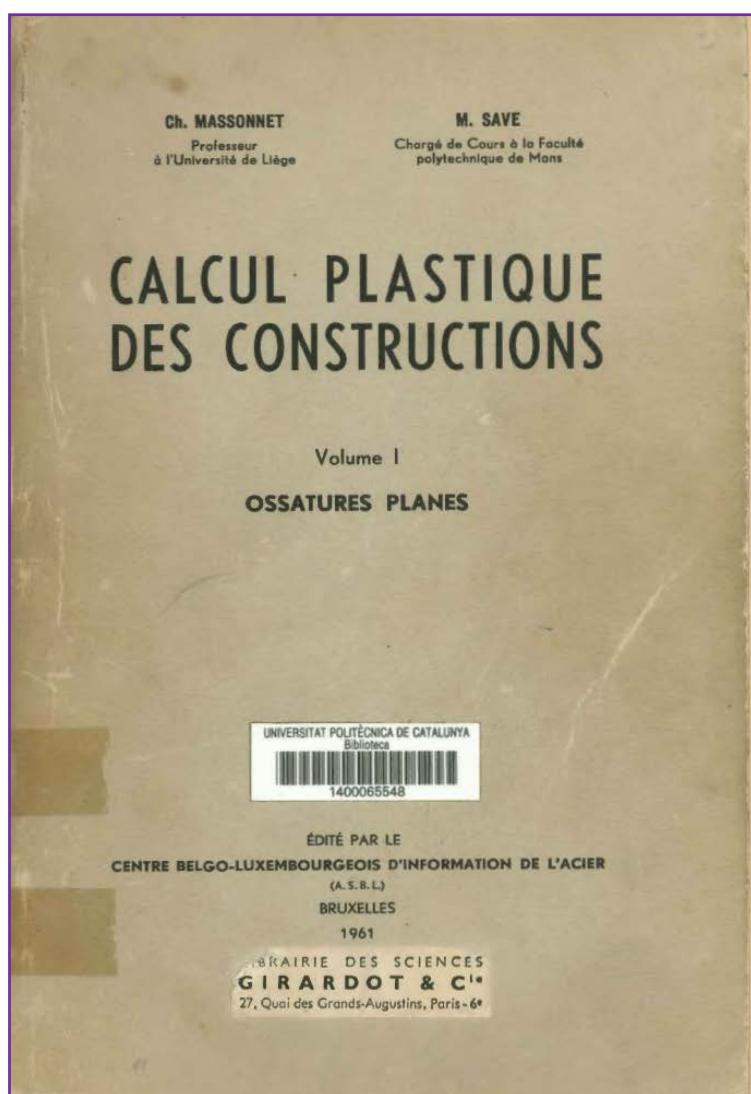
³⁴ Proceedings of the Conference on Plastic Deformations. December 1926. Akademiia Nauk SSSR, Moscow - Leningrad (1938).



El problema raurà en trobar un valor de P, dita **càrrega de col·lapse P_c**, per a la qual les tres condicions es produïssin simultàniament.

Arribats aquest punt la implementació dels mètodes plàstics començà a prendre rellevància i farà que els mateixos es vagin sistematitzant en material docent i bibliogràfic. Estem ja parlant de meitat del segle XX.

Un dels llibres referents fou publicat dins el període que ens abasta. Citat en múltiples bibliografies i programes docents, el *Massonnet* -obra del professor Charles Massonnet³⁵-, esdevingué un llibre de referència pel calculista. Fou publicat l'any 1961 i es presentà en dos volums³⁶.



70

Figura 4.51 Charles Massonnet. Calcul plastique des constructions.

³⁵ Charles Massonnet (1914-1996).

³⁶ Bruxelles: Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, 1961-1963



A les escoles tècniques el mètode no tingué, sens dubte, un ressò tant gran com fou el mètode de Cross. Malgrat això sí que és més citat i documentat que els anteriors de Kani i Takabeya. El mètode explicitat a les guies docents, i per tant a les aules, sovint seguia les explicitacions guiades pel professor Ramon Argüelles³⁷- al qual ens referirem en parlar dels mètodes matricials.

Dins el seu llibre *La estructura metálica hoy*, llibre clàssic dins el món de l'enginyeria que ha tingut múltiples edicions, el trobem formulat amb un exercici -guia pels estudiants on es documenta de manera molt didàctica el càlcul seguit en el mètode.

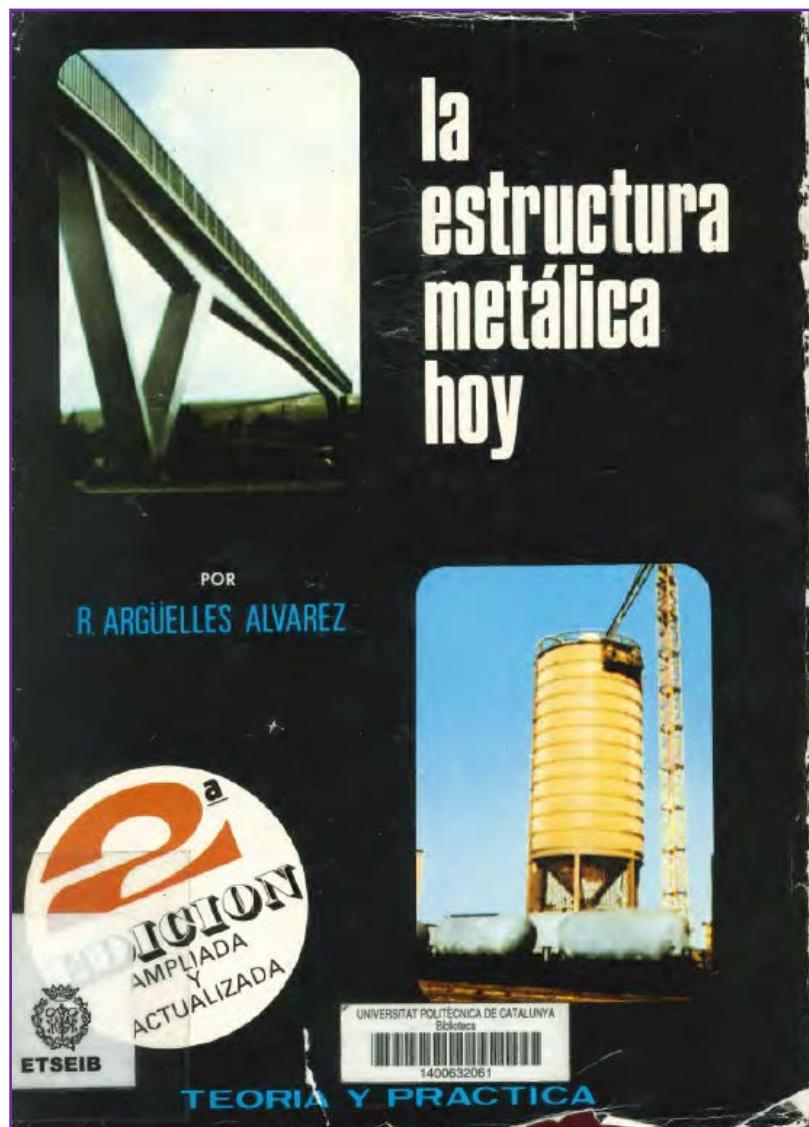


Figura 4.52 R. Argüelles. *La estructura metálica hoy*. 2^a ed.

³⁷ Catedràtic d'estructures de la Universitat Politècnica de Madrid.



L'autor explica el mètode dins l'apartat anomenat *formación del mecanismo de ruina por el método del "paso a paso"*; mètode en sí de caire didàctic però sense escatimar gens en rigor.

Segons Argüelles;

Inicialmente se comporta de acuerdo con la teoría elástica hasta que la flexión en una sección **alcanza el valor del momento plástico M_p** . Desde entonces esta sección **se convierte en una rótula plástica** y el momento permanece en ella constante para cualquier valor de la solicitación exterior. Un nuevo aumento de carga provoca en la estructura, cuyo grado de hiperestaticidad ha disminuido en una unidad, **la formación de otra rótula**, cuya localización también puede efectuarse utilizando la Resistencia de Materiales.

Así continúan presentándose **nuevas rótulas hasta que sobreviene el colapso total o parcial del sistema**.

72

Per explicitar-ho, l'autor presenta el següent exemple de pòrtic hiperestàtic.

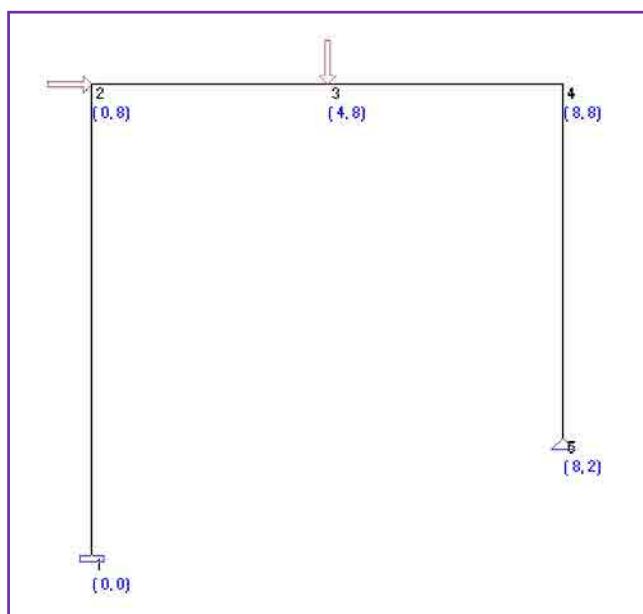


Figura 4.53 Pòrtic hiperestàtic sotmès a l'acció de càrregues exteriors.



Amb la qual cosa obtenim el següent diagrama de moments.

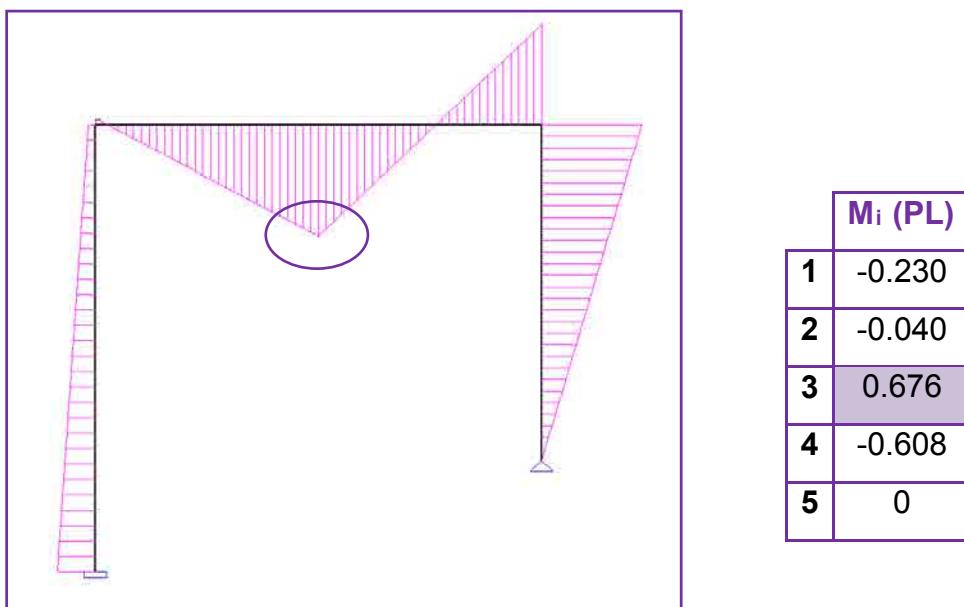


Figura 4.54 Diagrama de moments flectors del pòrtic en règim elàstic.

En règim elàstic, el valor més gran és M_3 . Si $M_3=M_p$ assolirem la primera ròtula plàstica i per tant;

$$0,676P_1L = M_{pl} \rightarrow P_1 = \frac{M_{pl}}{0,676L}$$

En aquest cas trobem un sistema hiperestàtic amb una ròtula a 3.

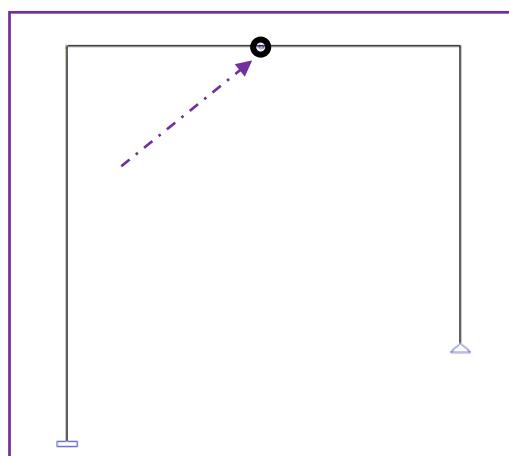


Figura 4.55 Estructura on apareix la formació d'una ròtula plàstica.



Incrementant proporcionalment les càrregues (αP_1 i $4\alpha P_1$) el nou diagrama de moments serà;

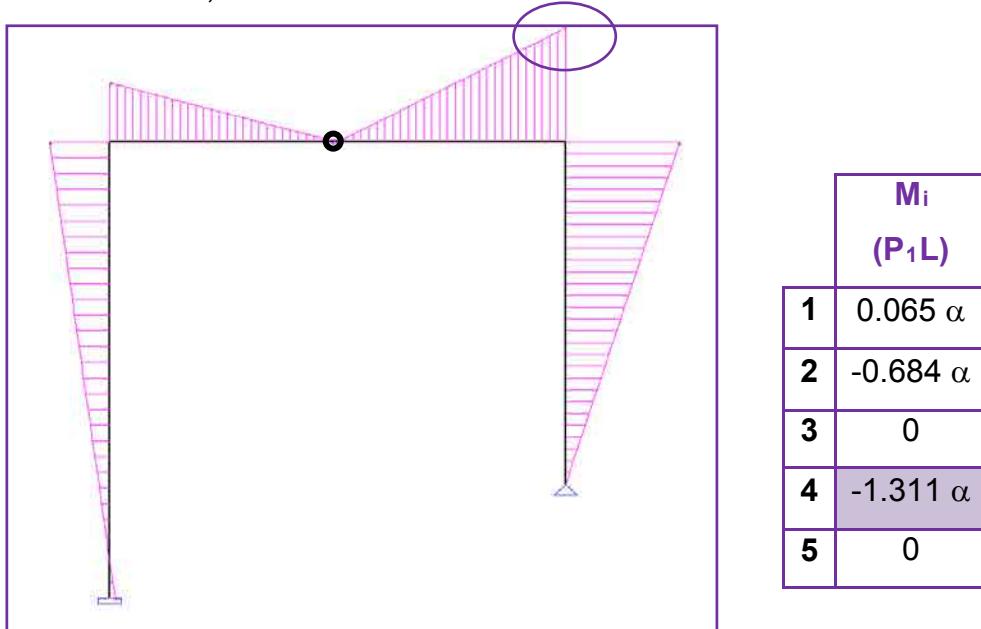


Figura 4.56 Diagrama de moments obtingut amb una nova distribució de càrregues.

Sumant ambdós diagrames deduïm ara que en el punt 4 es formaria una nova ròtula si $M_4 = M_{pl}$. I per tant;

$$M_4 = -(0,608P_1L + 1,311\alpha P_1L) = -M_{pl} \rightarrow \alpha = 0,052$$

$$P_2 = P_1 \cdot 1,052$$

74

Així doncs en el nostre pòrtic observarem la formació de dues ròtules plàstiques; en aquest cas als punts 3 i 4 segons es pot apreciar.

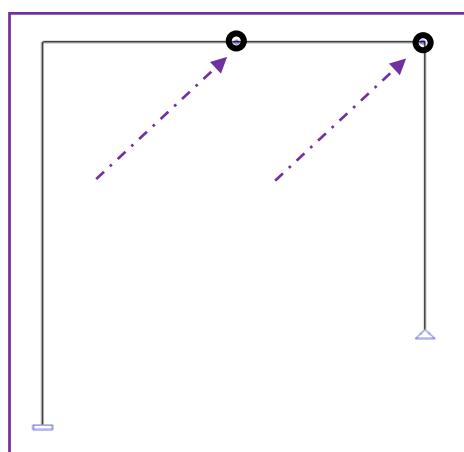


Figura 4.57 Estructura on apareix la formació de dues ròtules plàstiques.



Procedint com en el cas anterior amb un increment de càrregues βP_2 i $4\beta P_2$. Aquesta nova disposició ens portarà a obtenir un nou diagrama de moments tal i com es dedueix de la figura.

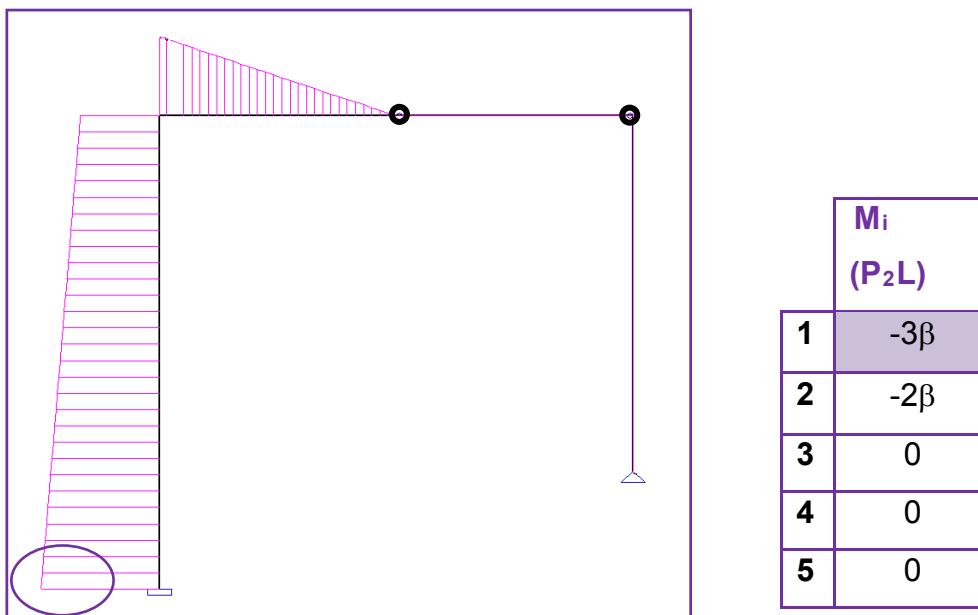


Figura 4.58 Diagrama de moments obtingut amb una nova distribució de càrregues.

75

Igual com s'havia procedit, aplicuem el mateix mètode sumant els corresponents diagrames de moments. Del nou diagrama deduïm ara que la formació de la nova ròtula es produiria al punt 1. Procedint com abans, tenint en compte els valors dels moments obtinguts en aquest punt 1, podem trobar el valor corresponent del paràmetre β .

$$M_1 = -P_1 L(0,226 + 3 \cdot 1,052 \beta) = -M_{Pl} \rightarrow \beta = 0,142$$

Amb la qual cosa ja podem passar a calcular l valor de la P_{lim} desitjada que **esdevindria la càrrega de col·lapse**.

$$P_{lim} = P_1(1 + \alpha)(1 + \beta) = \frac{1,8 \cdot M_{pl}}{L}$$

Segons Argüelles s'obté;

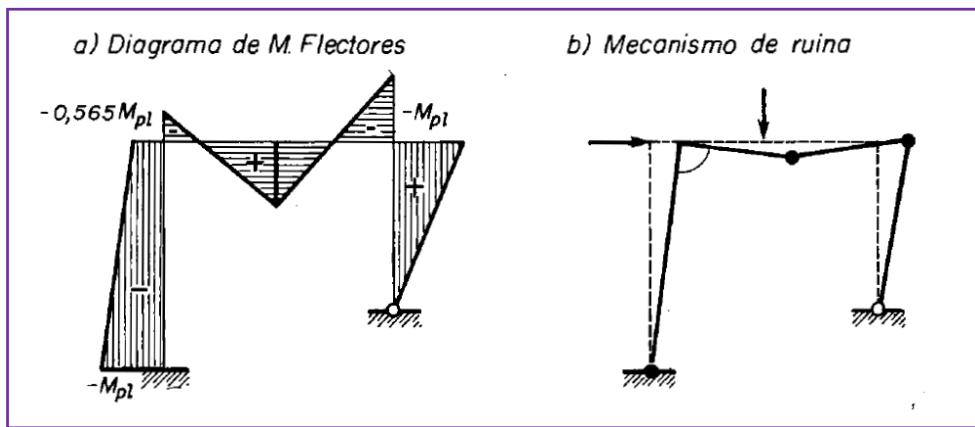


Figura 4.59 Diagrama de moments i mecanisme de ruïna.

Un detall històric...

Ens hem referit en els paràgrafs anteriors que els mètodes plàstics no varen tenir una importància relativa fins la dècada dels 50 - 60. Tot i això sobta que en promptuaris de l'època i, fins i tot en les normatives promulgades als respectius BOE., no hi surten recollits cap dels termes de secció corresponents al càlcul plàstic. Per exemple un valor tant important com fora el W_{ply} . Aquest fet hauria obligat al calculista a determinar-ne els valors ja que no els hauria trobats tabulats.

76

Ara bé, tenint present les relacions formulades per la Resistència de Materials, es pot deduir que els valors **indirectament** sí que es donaven a les taules i per tant l'aparent omissió dels mateixos no era motiu pel seu càlcul manual.

Per exemple, **per a l'obtenció del referit W_{ply}** , podem relacionar;

$$M_{ply} = \int_{\Sigma} f_y \cdot dA \cdot z = 2 \int_{\frac{z}{2}} f_y \cdot dA \cdot z = f_y \cdot (2 \cdot S_y) = f_y \cdot W_{ply}$$

Amb la qual cosa es dedueix que per a la seva obtenció només calia buscar el valor del moment estàtic -ja tabulat- i multiplicar-lo per dos.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Aquest fet posaria de manifest que determinats paràmetres necessaris pel càclul plàstic no se'ls hi donés molta importància ja que indirectament els valors vindrien tabulats.

TABLA B. I												PERFILES IPN										
Perfil	h mm	b mm	Dimensiones			Términos de sección								Agujeros			Peso kp/m	Suministro				
			$e = r$ mm	θ_y mm	r_y mm	h_y mm	u mm	A cm^2	S_x cm^3	I_x cm^4	W_x cm^3	f_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	I_z cm^4	I_w cm^4	w mm	a mm	θ_z mm		
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,88	11,4	77,8	19,8	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,6	22	—	4,43	5,95	C
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	139	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	—	5,05	8,32	P
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	—	5,67	11,2	P
IPN 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,86	1540	34	11	6,29	14,4	P.
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9	P
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,8	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9	P

Figura 4.60 Taula perfils IPN³⁸.

77

Aplicant la relació $2 \cdot S_y = W_{\text{ply}}$ obtenim el valor desitjant;

Denominación Designation Designazione	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà del profilato												Classification ENV 1993-1-1		EN 10025:1993 EN 10113-3:1993 EN 10225:2001			
	eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y				eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z													
	G kg/m	l_y mm^4	$W_{el,y}$ mm^3	$W_{pl,y} \blacklozenge$ mm^3	i_y mm	A_{yz} mm^2	l_z mm^4	$W_{el,z}$ mm^3	$W_{pl,z} \blacklozenge$ mm^3	i_z mm	s_s mm	I_t mm^4	I_w mm^4	S235	S355	S235	S355	
		$\times 10^4$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10$	$\times 10^2$	$\times 10^4$	$\times 10^3$	$\times 10^3$	$\times 10$		$\times 10^4$	$\times 10^9$					
IPN 80	5,9	77,8	19,5	22,8	3,20	3,41	6,29	3,00	5,00	0,91	21,6	0,87	0,09	4	4	4	4	✓
IPN 100	8,3	171	34,2	39,8	4,01	4,85	12,2	4,88	8,10	1,07	25,0	1,60	0,27	1	1	1	1	✓
IPN 120	11,1	328	54,7	63,6	4,81	6,63	21,5	7,41	12,4	1,23	28,4	2,71	0,69	1	1	1	1	✓
IPN 140	14,3	573	81,9	95,4	5,61	8,65	35,2	10,7	17,9	1,40	31,8	4,32	1,54	1	1	1	1	✓
IPN 160	17,9	935	117	136	6,40	10,83	54,7	14,8	24,9	1,55	35,2	6,57	3,14	1	1	1	1	✓
IPN 180	21,9	1450	161	187	7,20	13,35	81,3	19,8	33,2	1,71	38,6	9,58	5,92	1	1	1	1	✓

Figura 4.61 Taula perfils IPN³⁹.

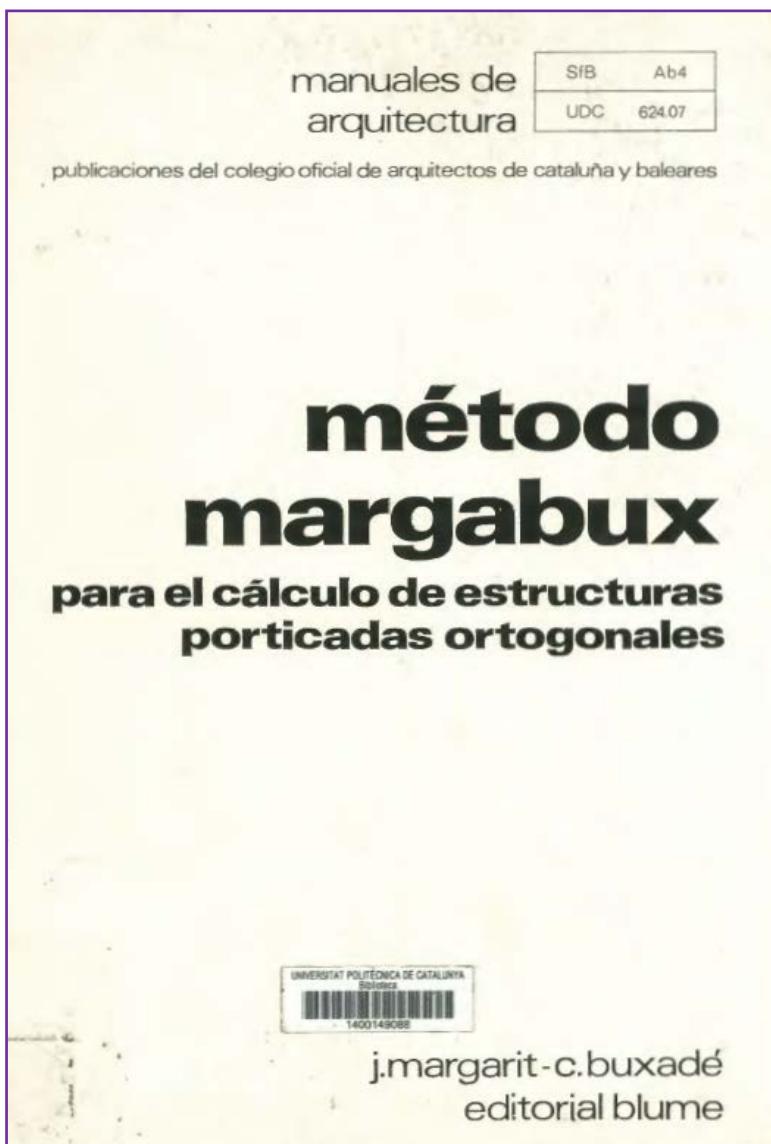
³⁸ Segons consta a la Normativa MV 102-1975

³⁹ Arcelor Sections Commercial, S.A.



El mètode Margabux.

L'any 1969 es publicava el llibre dels professor Joan Margarit⁴⁰ i Carles Buxadé⁴¹; *Método Margabux para el cálculo de estructuras porticadas ortogonales*.



78

Figura 4.62 Método Margabux para el cálculo de estructuras porticadas ortogonales.

En aquesta època del nostre estudi es comencen a emprar mètodes de predimensionament amb els quals se puede obtener una estimación a grossos

⁴⁰ Joan Margarit i Consarnau (Sanahuja, Lleida 1938)

⁴¹ Carles Buxadé i Ribot (Barcelona 1942)



modo de los momentos flectores, esfuerzos cortantes y esfuerzos axiles de sus barras, debidos a cargas gravitatorias uniformemente repartidas.

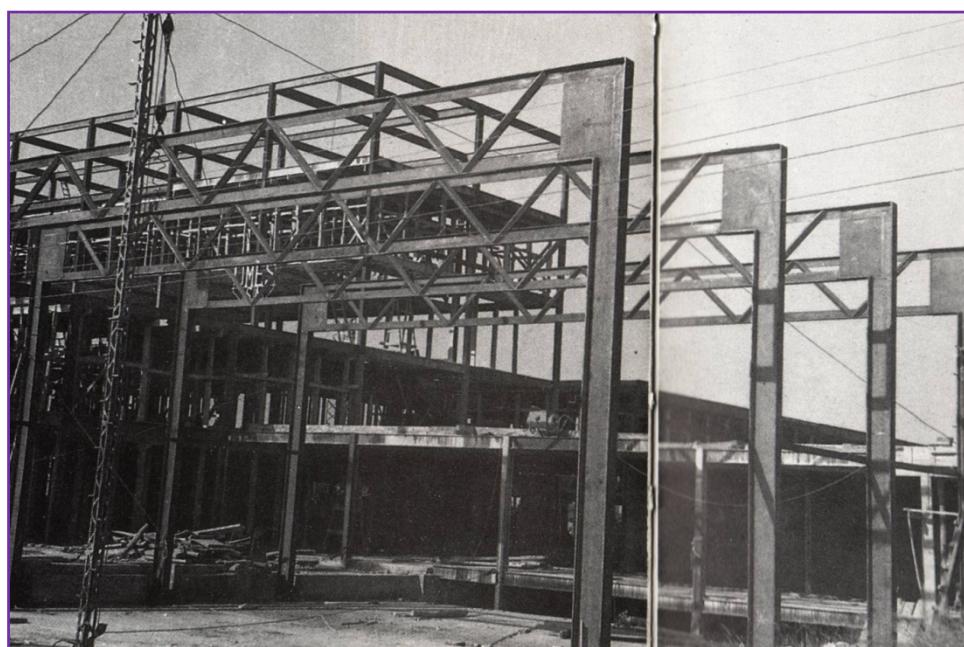
Aquest fet fou molt transcendent doncs evitava, com sovint venia succeint quan els resultats de la comprovació no eren satisfactoris, haver de tornar a fer tots els càlculs des de l'inici ja que es partia d'uns valors de llums i seccions de les peces que seria bastant acurats amb els que, *a posteriori*, amb el càlcul definitiu s'obtindrien.

Bàsicament la bibliografia consultada destaca el següents mètodes de predimensionament com els més importants -i per tant és de suposar com els més emprats pels calculistes:

- **Método Margabux.**
- Método de análisis simplificado.
- Método Fernández Casado.
- Método Jiménez Montoya.
- Método del portal.

79

Tot i que els seu estudi sortiria fora de l'objectiu del present treball s'ha cregut incorporar la idea del predimensionament així com els principals mètodes que s'empraven tot i adreçant al lector interessat a la bibliografia indicada a l'apartat corresponent.



80

4.2.2. Mètodes de dimensionament de peces i unions



El curs 1957-1958 es publicaren uns apunts de construccions metà·liques obra del professor Gonzalo Ceballos pel seus alumnes de quart curs de l'assignatura Construccions Metà·liques que impartia a la *Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Barcelona*.

Aquest material, obtingut a la biblioteca de l'ETSEIB, és el que ens serveix per l'estudi de la implementació dels mètodes de dimensionament d'unions i peces al període considerat. Novament es fa la consideració que en ser un material docent, es suposa que el futur tècnic l'implementarà uns anys més tard dins la seva activitat professional que ja serà ja de ple dins el període d'aquest BLOC IV.

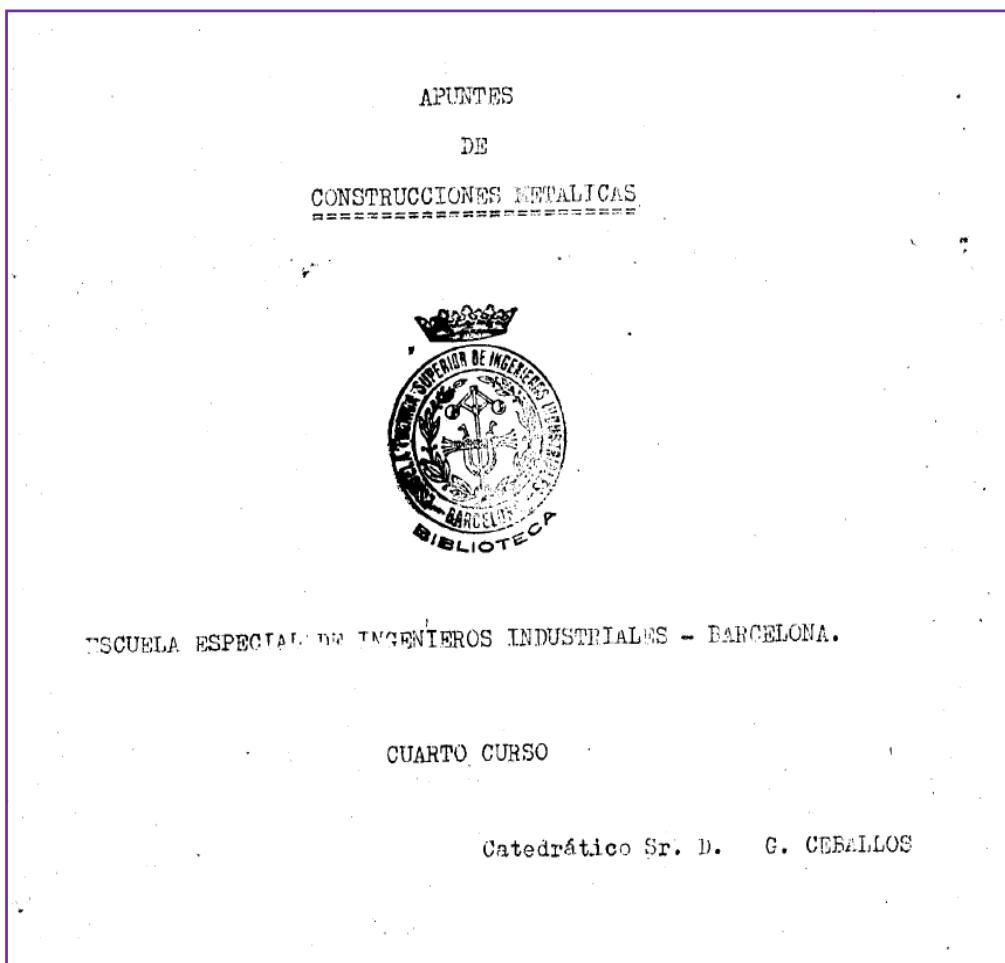


Figura 4.63 Construccions Metà·liques segons Gonzalo Ceballos.

Abans d'entrar en el tema del dimensionament, l'autor dedica unes quantes pàgines a l'estudi de l'acer així com als valors característics dels mateixos emprats en la construcció.



S'ha cregut interessant mostrar-los ja que ens poden servir per una extrapolació dels valors que els tècnics estaven fent servir per als seus projectes reals de l'època. Així doncs obtenim,

Valores característicos de los aceros de la construcción	
Límite elástico	20 Kg/mm ²
Límite de fluencia	24 Kg/mm ²
Carga de rotura	40 ÷ 50 Kg/mm ²
Coeficiente de trabajo	12 Kg/mm ² (Tracción y flexión)
	10 Kg/mm ² (Compresión)
Límite elástico	$(2 \div 2,2) \cdot 10^6$ kg/cm ²

Figura 4.64 Taula de valors característics dels acers de la construcció.

82

Definits aquests valors passem ja a l'apartat propi del nostre estudi que l'autor l'anomena com sistemes d'enllaç. Segons Ceballos,

Existen tres tipos de enlace:

Remaches: Frecuentes aún.

Tornillos: Circunstanciales.

Soldadura: Moderna, cómoda y usada.

Als apunts que estem estudiant, l'autor sols explicita les unions reblonades i les soldades. S'entén que, tal i com ell justificava, les unions cargolades eren puntuals i per tant es creia que no era necessari dedicar-hi una presentació de les mateixes. Ja al BLOC precedent l'autor Antonio Pey Cuñat dedicava dues simbòliques pàgines a aquesta tipologia -fet que evidenciava ja el seu declivi.

Entrant ja en el tema de les unions reblonades, s'ha cregut interessant que més que presentar les equacions de càlcul formulades (fonamentalment són les



mateixes que vistes fins ara), és important remarcar un apartat que ve donat sota la introducció *la experiencia demuestra*.

Es creu que són ítems d'experiència del autor que, sigui personalment o bé de contacte amb el món constructiu, havia après i els transmetia als alumnes i per tant futurs tècnics.

Així doncs citem,

La experiencia demuestra que:

- a) Los remaches más cargados son los situados en los extremos de la fila, disminuyendo los esfuerzos a medida que nos acercamos al eje de simetría de la misma
- b) Si las secciones (espesores) de las 2 piezas son iguales los remaches equidistantes del eje de simetría del remachado, sufren el mismo esfuerzo.
- c) Si las secciones no son iguales, la distribución de esfuerzos no es simétrica: son mayores los esfuerzos correspondientes a los remaches situados del lado en que termina la pieza más gruesa.
- d) La sobrecarga de los remaches extremos aumenta el número de éstos. Se ha demostrado también experimentalmente que en una fila de 6 roblones, los extremos soportan una carga 50% superior a la que les tocaría si la distribución fuera uniforme. Es por ello que no se disponen más de 6 roblones alineados con la dirección del esfuerzo.

83

Per concloure l'estudi l'autor formula un apartat de ruptura de reblons (tallant i aixafament) així com el càlcul dels mateixos si l'esforç actua (o no actua) al centre de gravetat de la junta.

Arribats a l'apartat d'**unió amb soldadura** es constata l'affirmació prèvia que prevalia aquesta unió enfront la cargolada doncs el material docent que es presenta és molt més abundant i més acurat.

La informació prèvia donada als alumnes segons trobem als apunts del professor Ceballos era:

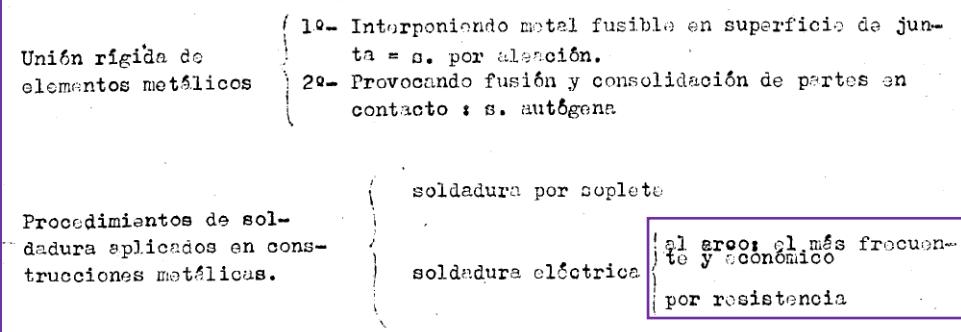
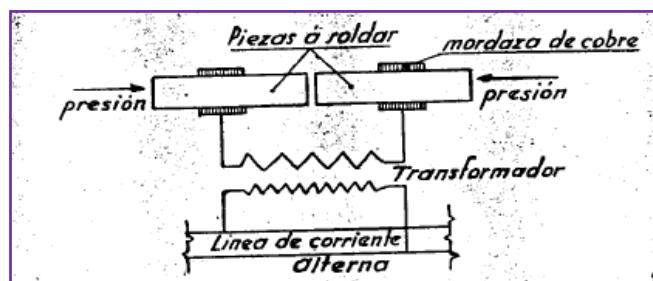


Figura 4.65 Detall apunts Professor Ceballos.

Ja es pot veure que de la informació precedent del professor Pey, vista al BLOC III, ara se'n presenten casos més específics i per tant es considera que han estat els que han perdurat al llarg dels anys i són els que els tècnics ha fet servir. Remarcar novament **la soldadura elèctrica al arc i per resistència**.



84

Figura 4.66 Detall apunts Professor Ceballos

Així el càlcul de les mateixes vindrà donat per:

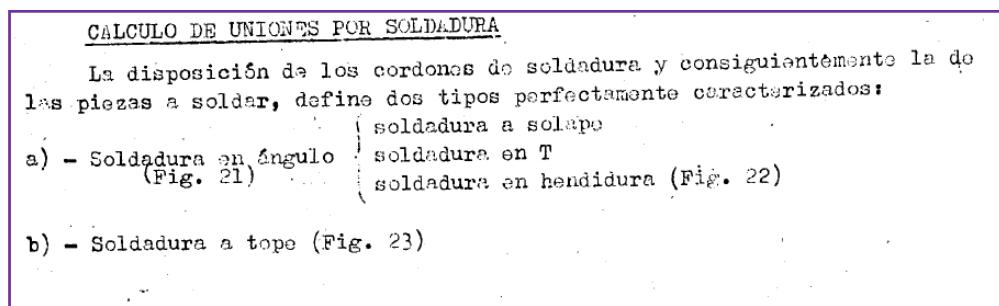


Figura 4.67 Detall apunts Professor Ceballos



Figura 4.68 Detall unió soldada

85



Figura 4.69 Detall unió soldada



Sèrie M.V.	<ul style="list-style-type: none"> • NBE MV 102-1964. Acero laminado para estructuras de edificación. (BOE 22/2/1965) • NBE MV 102-1975. Acero laminado para estructuras de edificación. (BOE 14/12/1976) • NBE MV 103-1972. Cálculo de las estructuras de acero laminado en la edificación. (BOE 27/6/1973) • NBE MV 104-1966. Ejecución de las estructuras de acero en la edificación. (BOE 25/8/1967) • NBE MV 105-1967. Roblones de acero. (BOE 22/4/1969) • NBE MV 106-1968. Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado. (BOE 22/4/1969) • NBE MV 107-1968. Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas. (BOE 22/4/1969). • NBE MV 108-1976. Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación. (BOE 1/2/1977). • NBE MV 109-1979. Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación. (BOE 1/4/1980) • NBE MV 110-1982. Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación. (BOE 27/8/1982). • NBE MV 111-1980. Placas y paneles de chapa conformada de acero para la edificación. (BOE 24/9/1981)
1959-1982	86

4.3. NORMATIVA OFICIAL

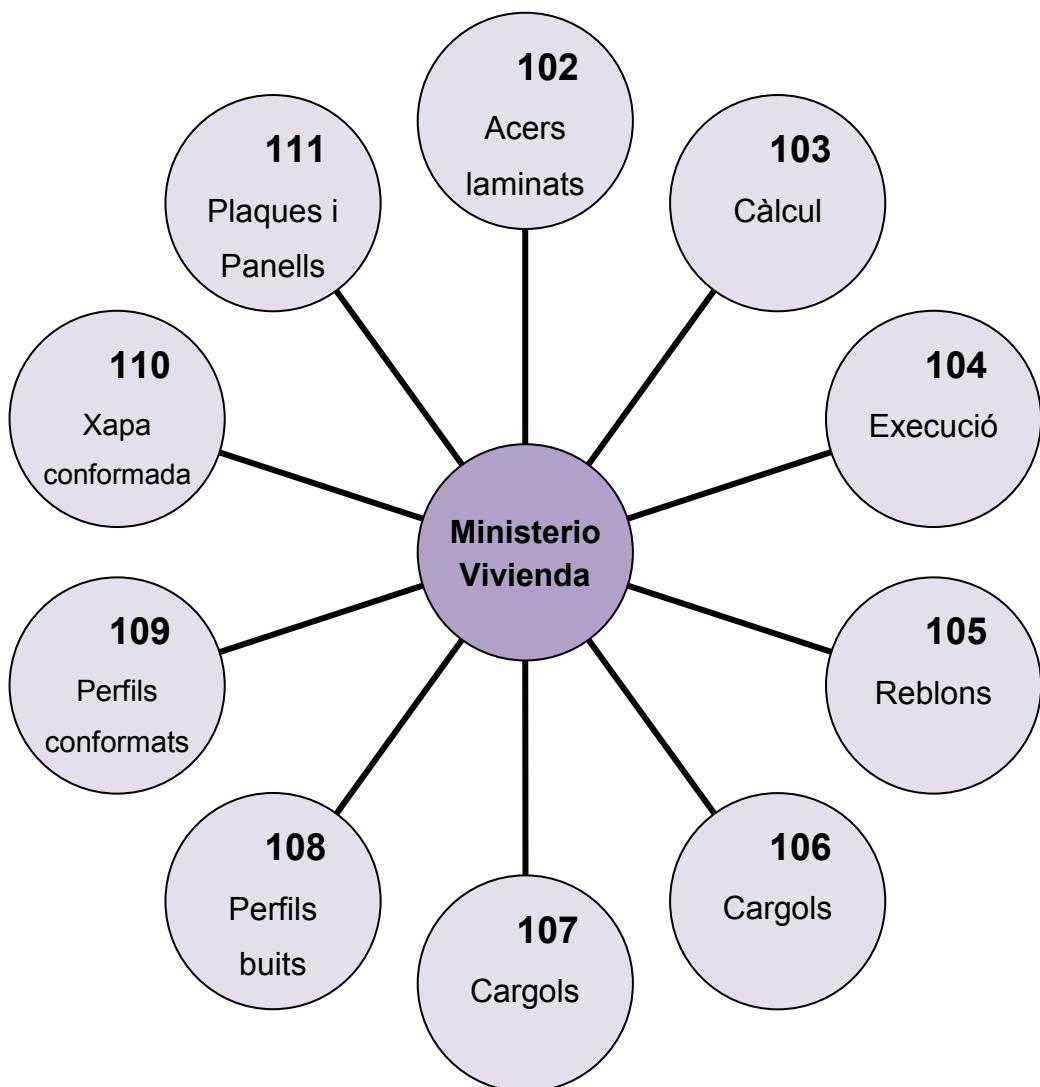


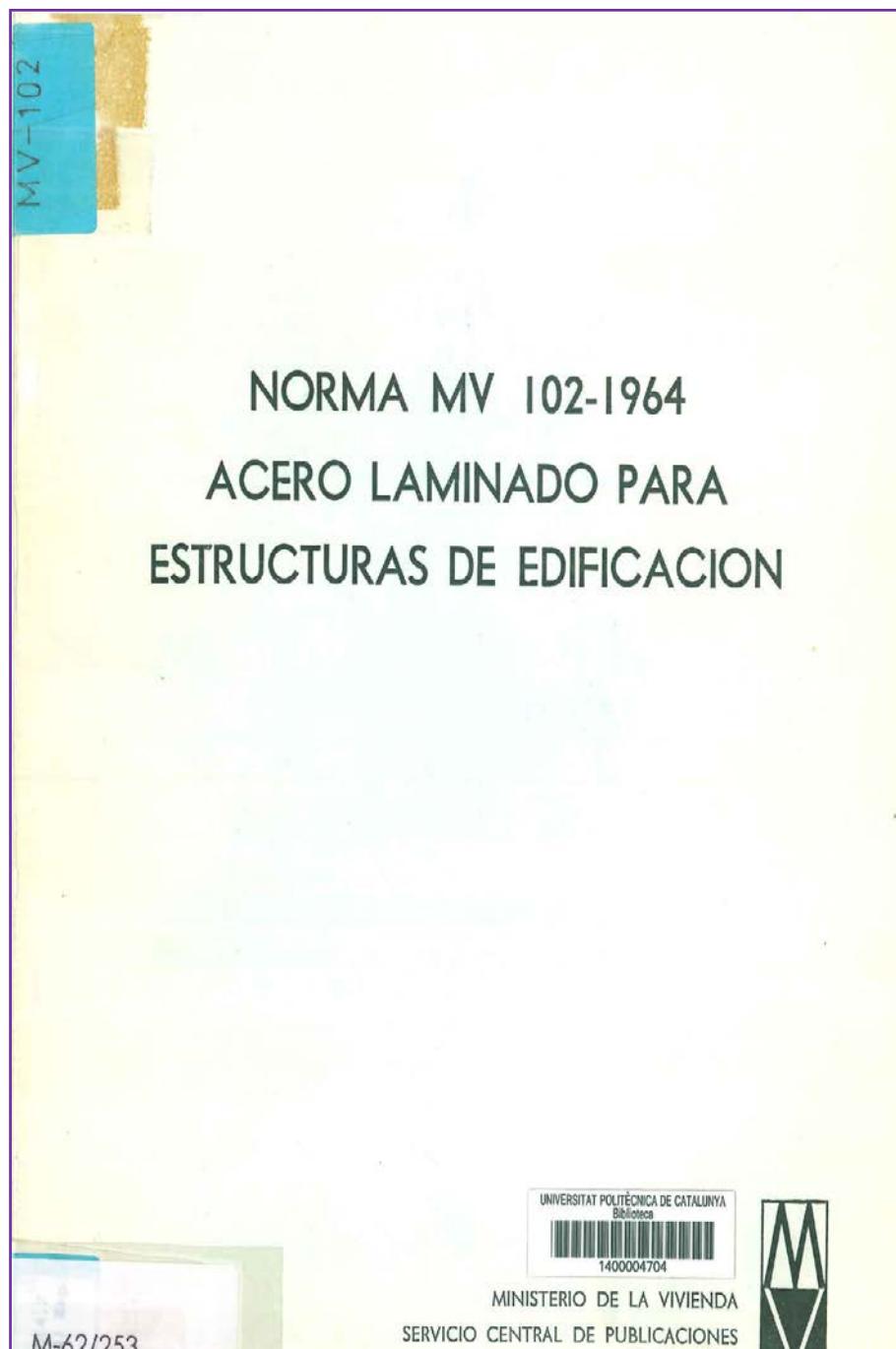
Al BLOC precedent presentàvem la normativa promulgada pel règim. La seva característica fonamental, com havíem vist, era **la restricció**; el fet d'intentar minimitzat -o millor evitar- qualsevol element metà·lic va portar a unes solucions com les que varem presentar. Tot i això, amb el *Desarrollismo* que es promulgarà a partir de principis de la dècada dels 60 la situació canviarà radicalment. L'aspecte normatiu no en podrà quedar al marge. Si es vol que el país creixi, es necessiten indústries, universitats, equipaments sanitaris entre d'altres, i com més aviat millor.

Conscient d'aquest fet, el *Ministerio de la Vivienda* promulgarà un conjunt de normatives, coneudes com a **normatives MV**, o més senzillament, les **MV**, amb la qual cosa s'intentarà donar resposta tècnica a la demanda creixent que el país anava demanat. Els acers, els perfils, la tipologia constructiva de les unions, entre d'altres, anaven canviant i calia normativitzar-los.

Amb aquesta idea sorgiran doncs les MV les quals aniran des de la MV 102 fins la MV 111⁴².

⁴² Val a dir que també existeix la normativa NBE MV 101-1962. *Acciones en la edificación*. En no ser específicament metà·lica no se n'aborda la seva temàtica tal i com posteriorment tampoc es farà amb la NBE-AE/88. *Acciones en la edificación*.





4.3.1.1. NBE MV 102-1964. Acero laminado para estructuras de edificación



PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

Decreto 4433/1964, de 3 de diciembre, por el que se establece la Norma
MV 102-1964, ACERO LAMINADO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 45 de 22/02/1965⁴³

Referencia: BOE-A-1965-2292

Presidencia del Gobierno

Páginas: 2649 a 2660

Estructura

Capítulo 1.

Características del acero laminado.

Capítulo 2.

Determinación de las características.

Capítulo 3.

Productos laminados.

Apéndice.

Productos laminados actualmente utilizados.

90

La evolución en las técnicas de fabricación de los productos laminados de acero y la tendencia universal de ajustar los coeficientes de seguridad en las estructuras proyectadas con los mismos a valores que conjuguen la máxima economía y la concepción probabilística de la seguridad, **obliga a establecer y a exigir de los fabricantes, garantías de calidad más definidas que las actualmente vigentes.**

Por iniciativa de las empresas siderúrgicas se constituyó en el Ministerio de la Vivienda una Comisión de expertos que ha realizado una importante labor de análisis, consulta y **estudio de las tendencias europeas de normalización y de sus posibilidades de adaptación a la industria nacional**, redactando un

⁴³ <http://www.boe.es/boe/dias/1965/02/22/pdfs/A02649-02660.pdf>



proyecto de Norma que se sometió a informe de los más calificados organismos técnicos públicos y privados.

La comisión ha llegado a la conclusión de que procede definir como **acero ordinario el tipo A37**, que ordinariamente se fabrica por nuestras industrias, que se estimará el de mínimas características exigibles, y **el tipo A42, de limitada fabricación actual, que deberá constituir el acero ordinario futuro**.

En cuanto al **acero de alto límite de fluencia se ha introducido el tipo A52**, y se ha considerado como muy conveniente la existencia en el mercado de un **tipo A44** con límite de fluencia de 30 kg/mm², de fabricación ocasional, pero que responde a las tendencias generales europeas de alcanzar en sus normalizaciones, por sus ventajas económicas evidentes. Sin embargo, hasta que alguna empresa siderúrgica crea llegado el momento de fabricarlo, y así lo interese de los Ministerios de Industria y de la Vivienda para su inclusión en la Norma, no se estima oportuno recoger por el momento.

Finalmente, se incluyen como apéndice a la Norma **las series de perfiles que se utilizan en la actualidad, que la comisión ha juzgado incompletas, manifestado el deseo de que se amplíe la serie H y se fabrique la serie IPE, por su progresiva aceptación en el mercado europeo** dadas las ventajas que presenta, esperando que en un futuro próximo sea una realidad su fabricación y su inclusión en el citado apéndice.

91

Propuesta de los Ministerios de Industria y de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Se derogan todas las disposiciones que se opongan a lo establecido en este Decreto.

Abast de la norma

La Norma MV 102-1964 **se aplicará a los aceros laminados que se utilizan en las estructuras de edificación, tanto a sus elementos estructurales: perfiles y chapas, como en sus elementos de unión: roblones y tornillos**.



Esta Norma no es aplicable a aceros para armaduras de hormigón, aceros para la construcción de elementos que exijan requisitos especiales, tubos, perfiles conformados en frío y productos trefilados.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 2899/1976, de 16 de setiembre.

Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro Subsecretario de la Presidencia del Gobierno.

LUIS CARRERO BLANCO

El *Decreto de 11 de marzo de 1941 sobre restricciones del hierro en la edificación* provocà, entre moltes coses, que l'estudi de l'acer quedés parat. Pocs llibres i tractats, pocs assajos, pocs articles configuraren aquest període i feu que gran part de la informació fos treta de promptuaris francesos i alemanys.

Un cop es veu la necessitat de recuperació del material -pel bon creixement del país- quedarà la tasca de posar-se al dia en el seu coneixement i fonamentació teòrica i pràctica alhora que s'haurà de normativitzar les característiques tècniques del mateix per a que el tècnic, a voltes poc format en estructura metàl·lica, tingui les eines necessàries.

Així doncs, la primera normativa que el *Ministerio* presenta serà destinada a descriure les característiques de l'acer laminat així com la determinació de les mateixes. Els redactors són conscients de l'endarreriment que es porta respecte a Europa on ja figuren perfils que a l'estat espanyol sols s'intuïen. **La norma MV 102** és un primer pas; un gran primer pas doncs es tabulen els perfilats metàl·lics amb més rigor que fins ara tot i recollint-ne les propietat i característiques dels mateixos.

Aquesta normativa prescriurà **les garanties de qualitat exigibles als acers laminats així com les característiques dels més utilitzats a la construcció**



tot i tabulant-ne les dades. Entre aquestes destaquem; la resistència a la tracció, el límit de fluència, l'allargament a la ruptura, el doblegament, la composició química, i la fabricació d'acers entre els apartats més importants. Un especial atenció mereix el dedicat a les classes d'acers.

Tipo	Calidad			
	a	b	c	d
A34				
A37	A37a	A34b	A34c	A37d
A42	A42a	A37b	A37c	A42d
A52		A42b	A42c	A52d
	.			

Figura 4.70 Classes d'acers.

Es defineix l'acer **A37**, anomenat com a *acero ordinario* i es considera el mínim amb característiques exigibles. També s'hi recull l'acer **A42** constatant que malgrat la seva fabricació encara és molt limitada (estem parlant de l'any 1964) es preveu com un acer de futur. Dos acers més són mencionats; l'acer **A52** específic per a altes prestacions i un anomenat **acer A44 de fabricación ocasional** que malgrat no es fabrica a Espanya sí es troba present a Europa⁴⁴.

93

Los aceros de los tipos **A37**, **A42** y **A52** se emplearan para productos laminados, siendo según su calidad:

Calidad a: Utilizable en construcciones roblonadas.

Calidad b: Utilizable en construcciones roblonadas o soldadas.

Calidad c: No efervescente. Propio para construcciones soldadas con exigencias de alta soldabilidad.

Calidad d: No efervescente. Propio para construcciones soldadas con exigencias especiales (de resistencia, de resiliencia,...).

⁴⁴ A la taula també es recull l'acer A34 però pràcticament no s'hi troben referències a ell; només per indicar el seu ús per a reblons.



Finalment, la **MV** ens refereix als productes d'acer laminat que s'empren actualment (1964) dins el camp estructural. Explicita que els que no figuren a la taula següent (i que en BLOCS anteriors s'havien presentat) han caigut en desús.

Designación	Notación (en forma de ejemplo)	
	Impresa o rotulada	Mecanografiada
Perfil I (I)	I 340	I 340
Perfil IB (I, be)	IB 220	IB 220
Perfil H (hache)	H 180	H 180
Perfil U (u)	U 120	U 120
Perfil L (ele)	L 40.4	L 40.4
Perfil LD (ele, de)	L 60.90.7	L 60.90.7
Perfil T (te)	T 50.6	T 50.6
Perfil TD (te, de)	T 100.60.8	T 100.60.8
Redondo	Ø 8	Ø 8
Cuadrado	□ 20	□ 20
Rectangular	■ 100.20	■ 100.20
Plano ancho	■ 300.10	■ 300.10
Chapa	■ 600.300.8	■ 600.300.8

94

Figura 4.71 Productes laminats.

És interessant remarcar que la normativa fa menció que les taules de **perfils són incompletas**, segons la mateixa comissió, i es suggereix l'ampliació de la sèrie **H**⁴⁵ i que es fabriqui la sèrie **IPE** *por su progresiva aceptación en el mercado europeo dadas las ventajas que presenta, esperando que en un futuro próximo sea una realidad su fabricación y su inclusión.*

Designació	Característica principal	Perfil
I	Su sección tiene forma de I (doble T), de altura mayor que la anchura de las alas.	I (80-500)
IB	Su sección tiene forma de I (doble T), de altura igual a la anchura de las alas.	IB (140-220)

⁴⁵ Només s'hi recullen els perfils H120, H140, H160, H180, H200 i H220.



H	Su sección tiene forma de I (doble T), de altura igual a la anchura de las alas.	H (120-220)
U	Su sección tiene forma de U.	U (80-300)
L	Su sección tiene forma de ángulo recto, con alas de igual dimensión.	L (20.3-150.18)
LD	Su sección tiene forma de ángulo recto, con alas de distinta dimensión.	LD (40.25.4,5-150.90.13)
T	Su sección tiene forma de T, con altura igual a la anchura de las alas.	T i TD (30.4-100.11)
TD	Su sección tiene forma de T, con altura menor que la anchura de las alas.	
Redondo	Su sección es circular.	$\varnothing 5 \div \varnothing 20$
Cuadrado	Su sección es cuadrada	lado 8 \div lado 100
Rectangular	Producto laminado plano de sección rectangular de ancho no superior a 150.	Pletina 4 \div 10 espesor Llanta más de 10
Plano ancho	Producto laminado plano de sección rectangular de sección rectangular de más de 150 a 400 de ancho.	Espesor 4 en adelante
Chapa	Producto laminado plano de ancho superior a 400.	Fina: espesor menos 3 Mediana: de 3 a 4,75 Gruesa: 5 en adelante.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

PERFILES I																
Perfil	Dimensiones						Terminos de Sección						Peso kg/m			
	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>e</i> mm	<i>e_r</i> mm	<i>r_f</i> mm	<i>h_f</i> mm	<i>u</i> mm	<i>A</i> cm ²	<i>S_x</i> cm ³	<i>J_x</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>i_x</i> cm	<i>J_y</i> cm ⁴	<i>W_y</i> cm ³	<i>i_y</i> cm	
I 80	80	42	3,9	5,9	2,3	60	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	5,95
I 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	8,32
I 120	120	58	5,1	7,7	3,1	90	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	11,2
I 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	14,4
I 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	17,9
I 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	21,9
I 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	26,3
I 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	31,1
I 240	240	106	8,7	13,1	5,2	190	844	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	36,2
I 260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	41,9
I 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	64,1	316	7590	542	11,1	364	64,2	2,43	48,0
I 300	300	125	10,8	16,2	6,5	240	1030	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	54,2
I 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1091	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	61,1
I 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1152	86,8	540	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	68,1
I 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1208	97,1	638	19610	1090	14,2	818	114	2,90	76,2
I 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1266	107	741	24010	1280	15,0	975	131	3,02	84,0
I 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	118	857	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	92,6
I 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	147	1200	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	115
I 500	500	185	18,0	27,0	10,8	404	1626	180	1620	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	141

PERFILES H																
Perfil	Dimensiones						Terminos de Sección						Peso kg/m			
	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>e</i> mm	<i>e_r</i> mm	<i>r_f</i> mm	<i>h_f</i> mm	<i>u</i> mm	<i>A</i> cm ²	<i>S_x</i> cm ³	<i>J_x</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>i_x</i> cm	<i>J_y</i> cm ⁴	<i>W_y</i> cm ³	<i>i_y</i> cm	
H 120	120	120	7	11	11	76	687	34,3	828	664	144	5,02	317	52,9	3,04	26,9
H 140	140	140	8	12	12	92	803	44,1	127	1520	217	5,87	550	78,6	3,53	34,6
H 160	160	160	9	14	14	104	918	58,4	188	2630	329	6,72	958	120	4,05	45,8
H 180	180	180	9	14	14	124	1038	65,8	241	3830	426	7,63	1360	151	4,55	51,6
H 200	200	200	10	16	15	138	1154	82,7	337	5950	595	8,48	2140	214	5,08	64,9
H 220	220	220	10	16	15	158	1274	91,1	412	8050	732	9,37	2640	258	5,59	71,5

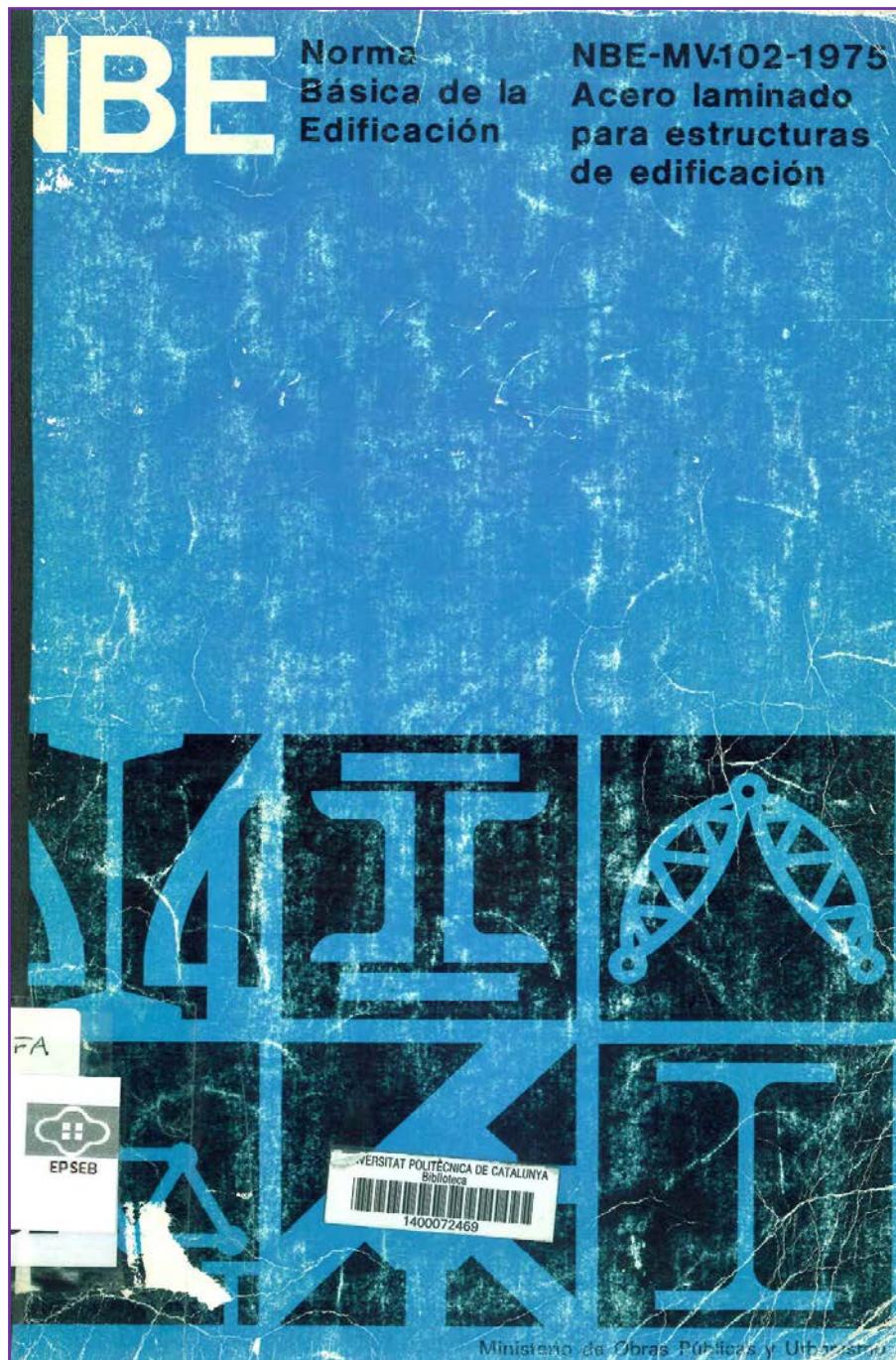
PERFILES IB																	
Perfil	Dimensiones						Terminos de Sección						Peso kg/m				
	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>e</i> mm	<i>e_r</i> mm	<i>r_f</i> mm	<i>h_f</i> mm	<i>u</i> mm	<i>A</i> cm ²	<i>S_x</i> cm ³	<i>J_x</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>i_x</i> cm	<i>J_y</i> cm ⁴	<i>W_y</i> cm ³	<i>i_y</i> cm		
IB 140	140	140	8,5	12,5	11,0	4,25	90	778	45,5	127	1534	219	5,80	572	61,7	355	35,7
IB 160	160	160	9,0	13,5	11,5	4,50	105	890	56,0	180	2500	312	6,67	922	115	4,06	44,0
IB 180	180	180	9,5	14,5	12,0	4,75	120	1002	67,5								

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

TABLA A.5 PERFILES L																			
Perfil	Dimensiones				Posición del centro		Terminos de sección						Peso kg/m						
	b mm	e mm	r mm	v mm	c cm	v _f cm	v _g cm	w cm	A cm ²	J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	J _z cm ⁴	W _y cm ³	W _z cm ³	i _y cm	i _z cm	
L 20.3	20	3	3,5	2	77	0,60	0,85	0,70	1,41	1,12	0,39	0,28	0,59	0,62	0,74	0,15	0,18	0,37	0,88
L 25.3	25	3	3,5	2	97	0,73	1,03	0,87	1,77	1,42	0,79	0,45	0,75	1,27	0,95	0,31	0,30	0,47	1,12
L 30.3	30	3	5	2,5	116	0,84	1,18	1,04	2,12	1,74	1,41	0,65	0,90	2,24	1,14	0,57	0,48	0,57	1,36
L 30.5	30	5	5	2,5	116	0,92	1,30	1,07	2,12	2,78	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,91	0,70	0,57	2,18
L 35.4	35	4	5	2,5	136	1,00	1,41	1,24	2,47	2,67	2,96	1,18	1,05	4,68	1,33	1,24	0,88	0,68	2,10
L 40.4	40	4	6	3	155	1,12	1,58	1,40	2,83	3,08	4,48	1,56	1,21	7,09	1,52	1,86	1,18	0,78	2,42
L 40.6	40	6	6	3	155	1,20	1,70	1,43	2,83	4,48	6,33	2,26	1,19	9,98	1,49	2,67	1,57	0,77	3,52
L 45.5	45	5	7	3,5	174	1,28	1,81	1,58	3,18	4,30	7,83	2,43	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87	3,38
L 45.7	45	7	7	3,5	174	1,36	1,92	1,61	3,18	5,6	10,4	3,31	1,33	16,4	1,67	4,39	2,29	0,87	4,60
L 50.5	50	5	7	3,5	194	1,40	1,98	1,76	3,54	6,80	11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,59	2,32	0,98	3,77
L 50.7	50	7	7	3,5	194	1,49	2,11	1,78	3,54	6,56	14,6	4,15	1,49	23,1	1,88	6,02	2,85	0,96	5,15
L 50.9	50	9	7	3,5	194	1,56	2,21	1,82	3,54	8,24	17,9	5,20	1,47	28,1	1,85	7,67	3,47	0,97	6,47
L 55.6	55	6	8	4	213	1,56	2,21	1,94	3,89	6,31	17,3	4,40	1,66	27,4	2,08	7,24	3,28	1,07	4,95
L 55.8	55	8	8	4	213	1,64	2,32	1,97	3,89	8,23	22,1	5,72	1,64	34,8	2,06	9,35	4,03	1,07	6,46
L 55.10	55	10	8	4	213	1,72	2,43	2,00	3,89	10,1	26,3	6,97	1,62	41,4	2,02	11,3	4,65	1,06	7,90
L 60.6	60	6	8	4	223	1,69	2,39	2,11	4,24	6,91	22,8	5,29	1,82	36,1	2,29	9,43	3,95	1,17	5,42
L 60.8	60	8	8	4	223	1,77	2,50	2,14	4,24	9,03	29,1	6,88	1,60	46,1	2,26	12,1	4,84	1,16	7,09
L 60.10	60	10	8	4	223	1,85	2,62	2,17	4,24	11,1	34,9	8,41	1,78	55,1	2,23	14,6	5,57	1,15	8,69
L 65.7	65	7	9	4,5	252	1,85	2,62	2,29	4,60	8,70	33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26	6,83
L 65.9	65	9	9	4,5	252	1,93	2,73	2,32	4,60	11,0	41,3	9,08	1,94	65,4	2,44	17,2	6,30	1,25	8,62
L 65.11	65	11	9	4,5	252	2,00	2,83	2,36	4,60	13,2	48,8	10,8	1,91	76,8	2,42	20,7	7,31	1,25	10,3
L 70.7	70	7	9	4,5	272	1,97	2,79	2,47	4,95	9,40	42,4	8,43	2,12	67,1	2,67	17,6	6,31	1,37	7,38
L 70.9	70	9	9	4,5	272	2,05	2,90	2,50	4,95	11,9	52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36	9,34
L 70.11	70	11	9	4,5	272	2,13	3,01	2,53	4,95	14,3	61,8	12,7	2,08	97,6	2,61	26,0	8,64	1,35	11,2
L 75.8	75	8	10	5	291	2,13	3,01	2,65	5,30	11,5	58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46	9,03
L 75.10	75	10	10	5	291	2,21	3,12	2,68	5,30	14,1	71,4	13,5	2,25	113	2,83	29,8	9,55	1,45	11,1
L 75.12	75	12	10	5	291	2,29	3,24	2,71	5,30	16,7	82,4	15,8	2,22	13,0	2,79	34,7	10,7	1,44	13,1
L 80.8	80	8	10	5	311	2,26	3,20	2,82	5,66	12,3	72,3	12,6	2,42	11,5	3,06	29,6	9,25	1,55	9,66
L 80.10	80	10	10	5	311	2,34	3,31	2,85	5,66	15,1	87,5	15,5	2,41	13,9	3,03	35,9	10,9	1,54	11,9
L 80.12	80	12	10	5	311	2,41	3,41	2,89	5,66	17,9	102	18,2	2,41	16,1	3,00	43,0	12,6	1,53	14,1
L 90.9	90	9	11	5,5	351	2,54	3,59	3,18	6,35	15,5	116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76	12,2
L 90.11	90	11	11	5,5	351	2,62	3,70	3,21	6,35	18,7	138	21,6	2,72	218	3,43	52,6	15,4	1,75	14,7
L 90.13	90	13	11	5,5	351	2,70	3,81	3,24	6,36	21,8	158	25,1	2,69	250	3,39	65,9	17,3	1,74	17,1
L 100.10	100	10	12	6	390	2,82	3,99	3,54	7,07	19,2	177	24,7	3,04	260	3,82	73,3	18,4	1,95	15,1
L 100.12	100	12	12	6	390	2,90	4,10	3,57	7,07	22,7	207	29,2	3,02	328	3,80	86,2	21,0	1,95	17,8
L 100.14	100	14	12	6	390	2,98	4,21	3,60	7,07	26,2	235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94	20,6
L 120.11	120	11	13	6,5	469	3,36	4,75	4,24	8,49	25,4	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35	19,9
L 120.13	120	13	6,5	469	3,44	4,86	4,27	8,49											

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

TABLA A.6																PERFILES LD										
Perfil	Dimensiones					Posición de los ejes					Terminos de sección					Peso g										
	a mm	b mm	e mm	r mm	t mm	c _x cm	c _y cm	v _x cm	v _y cm	w _x cm	w _y cm	W _x cm ³	J _x cm ⁴	W _y cm ³	J _y cm ⁴	J _z cm ³	J _η cm ³	i _x cm	i _y cm	i _η cm						
L40.2545	40	25	4,5	5	2,5	126	1,38	0,65	1,09	1,34	0,68	2,68	1,95	0,379	2,74	4,29	1,64	1,25	1,25	0,68	0,68	4,79	1,32	0,75	0,52	2,15
L50.30,5	50	30	5	5	2,5	156	1,73	0,74	1,27	1,66	0,78	3,33	2,37	0,349	3,78	9,36	2,86	1,57	2,51	1,11	0,82	10,4	1,66	1,52	0,64	2,96
L50.40,5,8	50	40	5,8	6	3	175	1,58	1,09	1,76	1,84	1,26	3,48	2,88	0,621	4,92	11,7	3,42	1,54	6,59	2,26	1,16	14,9	1,74	339	0,83	386
L60.40,5	60	40	5	5	2,5	196	1,96	0,98	1,68	2,10	1,10	4,09	3,01	0,438	4,78	17,3	4,28	1,90	6,16	2,04	1,14	19,9	2,04	3,53	0,86	3,75
L60.50,7	60	50	7	7	3,5	214	1,87	1,38	2,19	2,21	1,62	4,19	3,58	0,676	7,26	24,7	5,97	1,84	15,5	4,26	1,46	32,4	2,11	7,69	1,03	5,70
L60.50,9	60	50	9	9	4,5	212	1,93	1,44	2,28	2,20	1,64	4,18	3,59	0,671	9,18	30,1	7,40	1,81	18,7	5,27	1,43	39,4	2,07	9,40	1,01	7,20
L70.50,6	70	50	6	6	3	235	2,24	1,25	2,12	2,52	1,44	4,82	3,68	0,499	6,88	33,5	7,04	2,21	4,3	3,81	1,44	39,9	2,41	7,87	1,07	5,40
L70.50,7	70	50	7	7	3,5	234	2,27	1,29	2,15	2,51	1,46	4,81	3,69	0,496	7,96	38,2	8,09	2,19	6,2	4,35	1,42	45,4	2,39	8,85	1,06	6,25
L80.50,6	80	50	6	6	3	255	2,66	1,17	2,06	2,73	1,32	5,40	3,87	0,390	7,48	48,7	9,11	2,55	14,8	3,86	1,41	54,7	2,71	8,71	1,08	5,87
L80.50,8	80	50	8	8	4	253	2,72	1,25	2,14	2,70	1,36	5,37	3,89	0,383	9,83	62,2	11,8	2,52	18,6	4,95	1,38	69,8	2,66	11,1	1,06	7,72
L80.50,10	80	50	10	10	5	251	2,79	1,32	2,22	2,68	1,40	5,34	3,91	0,377	12,1	74,6	14,3	2,48	22,0	5,97	1,35	83,4	2,62	13,2	1,05	9,50
L90.60,5	90	60	5	5	2,5	296	2,86	1,36	2,42	3,18	1,61	6,16	4,50	0,445	7,28	61,0	9,94	2,89	22,1	4,79	1,74	70,6	3,11	12,5	1,31	5,71
L90.60,7	90	60	7	7	3,5	294	2,93	1,45	2,50	3,6	1,65	6,14	4,51	0,439	10,1	82,3	13,6	2,86	29,5	6,47	1,71	94,9	3,07	16,8	1,29	7,90
L90.60,9	90	60	9	9	4,5	292	3,00	1,52	2,58	3,14	1,68	6,11	4,53	0,434	12,8	102	17,0	2,83	36,0	6,04	1,68	11,7	3,03	20,8	1,28	10,0
L90.75,9	90	75	9	9	4,5	322	2,75	2,01	3,21	3,33	2,41	6,30	5,36	0,679	14,1	110	17,6	2,79	69,1	12,6	2,21	145	3,20	34,2	1,56	11,1
L90.75,II	90	75	11	11	5,5	320	2,82	2,08	3,30	3,32	2,43	6,29	5,37	0,675	17,1	130	21,0	2,76	81	15,0	2,18	170	3,16	40,5	1,54	13,4
L100.70,8	100	70	8	8	4	333	3,20	1,72	2,94	3,58	1,99	6,87	5,18	0,482	13,0	131	19,2	3,17	53,0	10,0	2,02	154	3,44	29,5	1,50	10,2
L100.70,10	100	70	10	10	5	331	3,27	1,79	3,02	3,56	2,02	6,85	5,19	0,477	16,1	158	23,5	3,13	63,4	12,2	1,98	186	3,40	35,6	1,49	12,6
L100.70,12	100	70	12	12	6	330	3,34	1,86	3,11	3,54	2,05	6,82	5,21	0,472	19,1	184	27,6	3,10	73,0	14,2	1,95	215	3,36	41,3	1,47	15,0
L100.70,14	100	70	14	14	7	328	3,40	1,93	3,19	3,51	2,08	6,79	5,23	0,468	22,0	207	31,4	3,07	81	16,1	1,93	242	3,32	46,7	1,46	17,3
L100.85,10	100	85	10	10	5	361	3,03	2,29	3,63	3,69	2,77	7,0	6,06	0,708	17,6	169	24,2	3,10	112	18,0	2,52	226	3,58	54,3	1,76	13,8
L100.85,12	100	85	12	12	6	360	3,10	2,36	3,72	3,69	2,79	7,00	6,07	0,704	20,9	196	28,4	3,06	129	21,0	2,49	252	3,54	63,2	1,74	16,4
L110.70,8	110	70	8	8	4	353	3,62	1,64	2,88	3,79	1,86	7,46	5,37	0,404	13,8	170	23,1	3,51	54,3	10,1	1,98	193	3,74	31,7	1,51	10,9
L110.70,10	110	70	10	10	5	351	3,63	1,72	2,96	3,76	1,90	7,42	5,39	0,400	17,1	207	28,3	3,48	65,5	12,4	1,96	234	3,69	38,7	1,50	13,4
L110.70,12	110	70	12	12	6	350	3,76	1,79	3,04	3,73	1,93	7,39	5,41	0,394	20,3	241	33,2	3,44	74,9	14,4	1,92	271	3,65	44,4	1,48	15,9
L110.90,10	110	90	10	10	5	391	3,36	2,37	3,62	4,06	2,86	7,69	6,45	0,657	19,1	225	29,4	3,43	136	20,5	2,67	293	3,91	68,4	1,89	15,0
L110.90,12	110	90	12	12	6	390	3,42	2,44	3,61	4,05	2,87	7,68	6,45	0,652	22,7</td											



99

4.3.1.2. NBE MV 102-1975. Acero laminado para estructuras de edificación.



PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

Real Decreto 2899/1976, de 16 de setiembre, por el que se establece bajo la denominación de norma M. V. 102-1975 la revisión de **la norma MV 102-1964, ACERO LAMINADO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.**

Publicación: BOE número 299 de 14/12/1976⁴⁶

Referencia: BOE-A-1976-25284

Presidencia del Gobierno

Páginas: 24855 a 24868

Estructura

Capítulo 1.

Generalidades.

Capítulo 2.

Características del acero laminado.

Capítulo 3.

100

Condiciones de suministro y recepción.

Capítulo 4.

Productos laminados.

Apéndice A.

Modificaciones respecto a la edición 1964.

Apéndice B.

Productos laminados actualmente utilizados.

Apéndice C.

Normas consultables.

El Decreto 4433/1964 de tres de diciembre, por el que se aprueba la Norma MV ciento dos/mil novecientos sesenta y cuatro, *Acero laminado para estructuras de edificación*, estableció las condiciones de estos materiales en la construcción. La evolución de las técnicas en la fabricación de los productos laminados de acero ha tenido como consecuencia la supresión

⁴⁶ <http://www.boe.es/boe/dias/1976/12/14/pdfs/A24855-24868.pdf>



de la fabricación del acero A34, así como la **eliminación del acero A37**, ya que por razones económicas **se ha tomado como acero básico el A42**, a la vez que el A52, cuya fabricación se establecía para la calidad d, se fabrica también para las calidades b y c. Además **se amplían los productos fabricados, desapareciendo la serie IB**, y se recoge la actual normalización de los ensayos mecánicos y análisis químicos. Igualmente, las tolerancias se completan y ajustan a las actuales tendencias internacionales.

Propuesta de los Ministerios de Industria y Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Deroga la norma MV 102-1964 aprobada por decreto 4433/1964, de 3 de diciembre.

Abast de la norma

101

La Norma MV 102-1975 **se aplicará a los productos de acero laminado en caliente: perfiles y chapas, que se utilizan en las estructuras de edificación y cuya medida nominal sea superior a 3 milímetros.**

Esta Norma no es aplicable a productos para armaduras de hormigón, aceros para la construcción de elementos que exijan requisitos especiales, tubos, perfiles huecos, perfiles conformados en frío y productos trefilados.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁴⁷.

Firma

JUAN CARLOS

El ministro de la Presidencia del Gobierno.

ALFONSO OSORIO GARCÍA

La normativa de l'any 1964 que fixava les característiques principals dels acers i que acabem de recollir, **anava quedant obsoleta degut a la**

⁴⁷ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



tecnificació del país tal i com s'ha anat veient a l'apartat històric. Conseqüència d'aquest fet, es veié la necessitat d'actualitzar-la tot i mantenint el mateix esquema. Així doncs, la normativa de l'any 1975 conservarà la mateixa denominació; *Acero laminado para estructuras de edificación* i l'únic que farà és posar al dia les prescripcions anteriors seguint *las actuales tendencias internacionales*. Les dades principals que se n'extreuen serien les que segueixen.

Supressió de l'acer **A34** i eliminació de l'acer **A37**⁴⁸. L'acer bàsic serà ara el **A42**. A més per la sèrie **A52** s'amplien les qualitats.

Tipus	Grados		
	b	c	d
A 42	A 42 b	A 42 c	A 42 d
A 52	A 52 b	A 52 c	A 52 d

102

Figura 4.72 Classes d'acers.

El acero ordinario para perfiles y chapas es el de la clase **A42b**. Los aceros de las clases **A42c** y **A42d** tienen utilizaciones específicas en casos de exigencias especiales de alta soldabilidad o de insensibilidad a la rotura frágil.

Los aceros de clase **A52b** tienen su utilización en los casos en que se requieren altas resistencias, y los de las clases **A52c** y **A52d** tienen utilización específica en casos de exigencias especiales de alta soldabilidad o de insensibilidad a la rotura frágil.

La normativa també s'actualitza en quant a normalització d'assajos, anàlisi química així com els aspectes de toleràncies a complir.

⁴⁸ La normativa explícitamente habla de *supresión de la fabricación del acero A34, así como la eliminación del acero A37*.



Respecte als perfils annexats a les taules de la primera versió de la **MV 102** cal recollir,

La Norma recoge una gama mayor de series de productos y amplía en algunas el número de perfiles que las constituyen, porque la industria española ha iniciado su fabricación en el intervalo 1964-1975; también desaparece la **serie IB**, que ha dejado de fabricarse; y la notación de los perfiles se ha ajustado a la **empleada internacionalmente**.

SERIES DE PRODUCTOS LAMINADOS		
Serie	Notación (en forma de ejemplo)	
Perfil IPN	IPN	340
Perfil IPE	IPE	500
Perfil HEB	HEB	180
Perfil HEA	HEA	220
Perfil HEM	HEM	280
Perfil UPN	UPN	200
Perfil L	L	40.4
Perfil LD	L	120.80 8
Perfil T	T	50.6
Redondo	Ø	8
Cuadrado	≠	20
Rectangular	≠	100.20
Chapa	≠	1800.8.8000

103

Figura 4.73 Productes laminats.

Arribats a aquest punt la normativa defineix els perfils que actualment (1975) hi ha al mercat així com una taula amb les característiques principals dels mateixos.



Designació	Característica principal	Perfil
IPN	Su sección tiene forma de I (doble T).	IPN (80-600)
IPE	Su sección tiene forma de I (doble T).	IPE (80-600)
HE	Su sección tiene forma de I (doble T). <ul style="list-style-type: none"> • HEB (serie normal) • HEA (serie ligera) • HEM (serie pesada) 	HEB (100-600) HEA (100-600) HEM (100-600)
UPN	Su sección tiene forma de U.	UPN (80-300)
L	Su sección tiene forma de ángulo recto, con alas de igual longitud.	L (40.4-200.24)
LD	Su sección tiene forma de ángulo recto, con alas de distinta dimensión.	LD (40.25.4-200.150.18)
T	Su sección tiene forma de T.	T (40.5-100.11)
Redondo	Su sección es circular.	$\varnothing 6 \div \varnothing 50$
Cuadrado	Su sección es cuadrada.	lado 6 \div lado 50
Rectangular	Producto laminado plano de sección rectangular de anchura no superior a 500.	20.4 \div 35.30
Chapa	Producto laminado plano de anchura superior a 500.	Fina: espesor menos 3 Mediana: de 3 a 4,75 Gruesa: 4,75 en adelante

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Tabla B.1 Perfiles IPN

Perfil	Dimensiones						Términos de sección						Agujeros			Peso kp/m	Suministro					
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>e = r</i>	<i>e₁</i>	<i>r₁</i>	<i>h₁</i>	<i>u</i>	<i>A</i>	<i>S_x</i>	<i>I_x</i>	<i>W_x</i>	<i>i_x</i>	<i>I_y</i>	<i>W_y</i>	<i>i_y</i>	<i>I_t</i>	<i>I_a</i>	<i>W</i>	<i>a</i>	<i>e₂</i>		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	mm	mm	mm	kg/m	
IPN 80	80	42	3.9	5.9	2.3	59	304	7.58	11.4	77.8	19.5	3.20	6.29	3.00	0.91	0.93	87.5	22	—	4.43	5.95	G
IPN 100	100	50	4.5	6.8	2.7	75	370	10.6	19.9	171	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07	1.72	268	28	—	5.05	8.32	P
IPN 120	120	58	5.1	7.7	3.1	92	439	14.2	31.8	328	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23	2.92	685	32	—	5.87	11.2	P
IPN 140	140	66	5.7	8.6	3.4	109	502	18.3	47.7	573	81.9	5.61	35.2	10.7	1.40	4.66	1540	34	11	6.29	14.4	P
IPN 160	160	74	6.3	9.5	3.8	125	575	22.8	68.0	935	117	6.40	54.7	14.8	1.55	7.08	3138	40	11	6.91	17.9	P
IPN 180	180	82	6.9	10.4	4.1	142	640	27.9	93.4	1450	161	7.20	81.3	19.8	1.71	10.3	5924	44	13	7.53	21.9	P
IPN 200	200	90	7.5	11.3	4.5	159	709	33.5	125	2140	214	8.00	117	26.0	1.87	14.6	10520	48	13	8.15	26.3	P
IPN 220	220	98	8.1	12.2	4.9	175	775	39.6	162	350	278	8.80	162	33.1	2.02	20.1	17760	52	13	8.77	31.1	P
IPN 240	240	106	8.7	13.1	5.2	192	844	46.1	206	4250	354	9.59	221	41.7	2.20	27.0	28730	56	17	9.39	36.2	P
IPN 260	260	113	9.4	14.1	5.6	208	906	53.4	257	5740	442	10.4	288	51.0	2.32	36.1	44070	60	17	10.15	41.9	P
IPN 280	280	119	10.1	15.2	6.1	225	966	61.1	316	7590	542	11.1	364	61.2	2.45	47.8	64580	62	17	11.04	48.0	P
IPN 300	300	125	10.8	16.2	6.5	241	1030	69.1	381	9800	653	11.9	451	72.2	2.56	61.2	91850	64	21	11.83	54.2	P
IPN 320	320	131	11.5	17.3	6.9	257	1090	77.8	457	12510	782	12.7	555	84.7	2.67	78.2	128800	70	21	12.72	61.1	P
IPN 340	340	137	12.2	18.3	7.3	274	1150	86.8	540	15700	923	13.5	674	98.4	2.80	97.5	176300	74	21	13.51	68.1	P
IPN 360	360	143	13.0	19.5	7.8	290	1210	97.1	638	19610	1090	14.2	818	114	2.90	123	240100	76	23	14.50	78.2	P
IPN 380	380	149	13.7	20.5	8.2	306	1270	107	741	24010	1260	15.0	975	131	3.02	150	318700	82	23	15.29	84.0	P
IPN 400	400	155	14.4	21.6	8.6	323	1330	118	857	29210	1460	15.7	1160	149	3.13	183	419600	86	23	16.18	92.6	P
IPN 450	450	170	16.2	24.3	9.7	363	1478	147	1200	45850	2040	17.7	1730	203	3.43	288	791100	94	25	18.35	115	P
IPN 500	500	185	18.0	27.0	10.8	404	1826	180	1620	68740	2750	19.6	2480	268	3.72	449	1403000	100	28	20.53	141	P
IPN 550	550	200	19.0	30.0	11.9	445	1787	213	2120	99180	3610	21.6	3490	349	4.82	618	2389000	110	28	23.00	167	P
IPN 600	600	215	21.6	32.4	13.0	485	1924	254	2730	139000	4630	23.4	4670	434	4.30	875	3821000	120	28	24.88	199	P

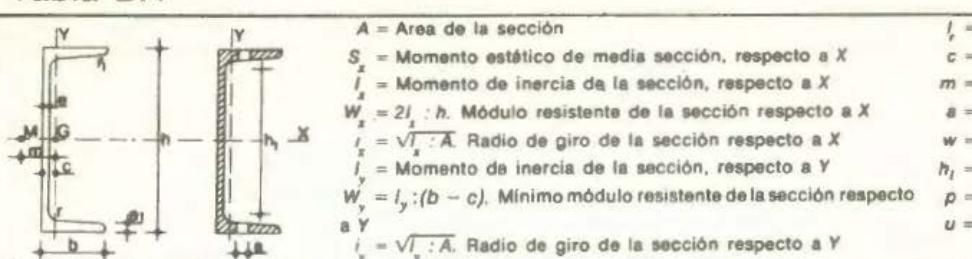
Perfiles IPN

Perfil	Dimensiones						Términos de sección						Agujeros			Peso kp/m	Suministro					
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>e₁</i>	<i>r</i>	<i>h₁</i>	<i>u</i>	<i>A</i>	<i>S_x</i>	<i>I_x</i>	<i>W_x</i>	<i>i_x</i>	<i>I_y</i>	<i>W_y</i>	<i>i_y</i>	<i>I_t</i>	<i>I_a</i>	<i>W</i>	<i>a</i>	<i>e₂</i>		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	mm	mm	mm	kg/m	
IPE 80	80	46	3.8	5.2	5	60	328	7.54	11.5	80.1	20.0	3.24	8.49	3.69	1.05	0.721	118	—	—	3.8	6.00	C
IPE 100	100	55	4.1	5.7	7	75	400	10.3	19.7	171	34.2	4.07	15.9	5.79	1.24	1.14	351	—	—	4.1	8.10	C
IPE 120	120	64	4.4	6.3	7	93	475	13.2	30.4	318	53.0	4.90	27.7	8.65	1.45	1.77	890	35	—	4.4	10.4	C
IPE 140	140																					

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Tabla B.4

Perfiles UPN

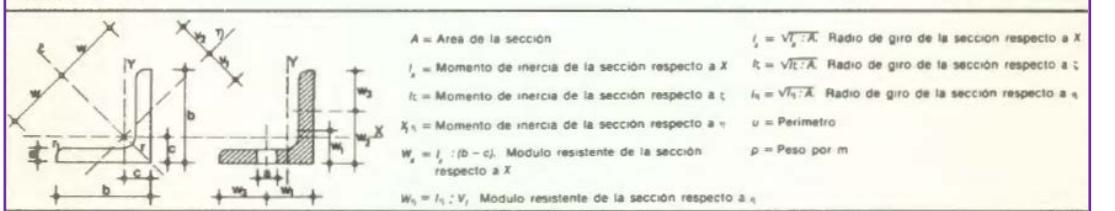


I_x = Módulo de torsión de la sección
c = Posición del eje Y
m = Distancia al centro de esfuerzos cortantes
a = Diámetro del agujero del roblón normal
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
h_t = Altura de la parte plana del alma
p = Peso por m
u = Perímetro

Perfil	Dimensiones								Términos de sección								Agujeros	Peso	Suministro			
	h	b	e	r _f	r _l	h _t	u	A	S _x	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y	C	m	w	a			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ³	cm	cm	mm	mm	mm	kp/m		
UPN 80	80	45	8	8	4	46	312	11,0	15,9	106	28,5	3,10	19,4	6,36	1,33	2,24	1,45	2,87	25	13	8,64	C
UPN 100	100	50	6	8,5	4,5	64	372	13,5	24,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	2,96	1,55	2,93	30	13	10,6	P
UPN 120	120	55	7	9	4,5	82	434	17,0	36,3	364	60,7	4,82	43,2	11,1	1,59	4,30	1,80	3,03	30	17	13,4	P
UPN 140	140	60	7	10	5	98	489	20,4	51,4	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	6,02	1,75	3,37	35	17	16,0	P
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	24,0	66,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	7,81	1,84	3,56	35	21	18,8	P
UPN 180	180	70	8	11	5,5	133	611	28,0	89,6	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	9,96	1,92	3,75	40	21	22,0	P
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6	151	661	32,2	114	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	12,8	2,01	3,94	40	23	25,3	P
UPN 220	220	80	9	12,5	6,5	187	718	37,4	146	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	17,0	2,14	4,20	45	23	29,4	P
UPN 240	240	85	9,5	13	6,5	184	775	42,3	375	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	20,8	2,23	4,39	45	25	33,2	P
UPN 260	260	90	10	14	7	200	834	48,3	221	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	23,7	2,36	4,66	50	25	37,9	P
UPN 280	280	95	10	15	7,5	216	890	53,3	266	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	33,2	2,53	5,02	50	25	41,8	P
UPN 300	300	100	10	15	8	232	950	58,8	316	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	40,6	2,70	5,41	55	25	46,2	P

Tabla B.5

Perfiles L



Perfil	Dimensiones								Posición del centro								Términos de sección								Agujeros	Peso	Suministro					
	b	e	r	r _f	u	c	v ₁	v ₂	w	A	I _x	I _c	I _z	I _z ₁	W _x	W _y	I _x	I _y	I _c	I _z	I _z ₁	W _x	W _y	I _x	I _y	I _c	I _z	I _z ₁				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm	mm	mm	mm	mm	mm						
L 40. 4	40	4	6	3	155	1,12	1,58	1,40	2,83	3,08	4,47	7,09	1,86	1,55	1,17	1,21	1,52	0,78	22	—	18	11	2,42	P								
L 40. 5	40	5	6	3	155	1,18	1,64	1,42	2,83	3,79	5,43	8,60	2,26	1,91	1,37	1,20	1,51	0,77	22	—	18	11	2,97	C								
L 40. 6	40	6	6	3	155	1,20	1,70	1,43	2,83	4,48	6,31	9,98	2,85	2,26	1,56	1,19	1,49	0,77	22	—	18	11	3,52	C								
L 45. 4	45	4	7	3,5	174	1,23	1,75	1,57	3,18	3,49	6,43	10,2	2,67	1,97	1,53	1,36	1,71	0,88	25	—	20	13	2,74	P								
L 45. 5	45	5	7	3,5	174	1,28	1,81	1,58	3,16	4,30	7,84	12,4	3,26	1,80	1,35	1,70	0,87	25	—	20	13	3,38	P									
L 45. 6	45	6	7	3,5	174	1,32	1,87	1,59	3,18	5,09	9,16	14,5	3,82	2,88	2,05	1,34	1,69	0,87	25	—	20	13	4,00	C								
L 50. 4	50	4	7	3,5	194	1,38	1,92	1,75	3,54	5,89	8,67	14,2	3,72	2,46	1,94	1,52	1,91	0,98	30	—	20	13	3,06	P								
L 50. 5	50	5	7	3,5	194	1,40	1,99	1,76	3,54	4,80	11,0	17,4	4,54	3,05	2,29	1,51	1,90	0,97	30													

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Tabla B.7

Perfiles T

Perfil	Dimensiones					Posición del centro	Términos de sección							Agujeros	Peso	Suministro		
	$a = b$	$e = r$	r_1	r_2	u		A	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	I_t	w	a	p	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	mm	mm	kp/m	
T 40. 5	40	5	2,5	1	153	1,12	3,77	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	0,350	21	8,4	2,96	C
T 50. 6	50	6	3	1,5	191	1,39	5,66	12,1	3,38	1,48	6,06	2,42	1,03	0,757	30	6,4	4,44	C
T 60. 7	60	7	3,5	2	229	1,66	7,94	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24	1,45	34	8,4	8,23	C
T 70. 8	70	8	4	2	268	1,94	10,6	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44	2,52	38	11	8,32	C
T 80. 9	80	9	4,5	2	307	2,22	13,8	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65	4,11	45	11	10,7	C
T100.11	100	11	5,5	3	383	2,74	20,9	179	24,6	2,92	86,3	17,7	2,05	9,38	60	13	16,4	C

Tabla B.8

Redondos

Producto	Dimensiones						Términos de sección				Peso	Suministro	Producto	Dimensiones						Peso	Suministro	
	d	u	A	I_x	W_x	i_x	p	kp/m	d	u				d	u	A	I_x	W_x	i_x			
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm				mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm								
Ø6	6	18,8	0,283	0,006	0,021	0,150	0,222	P	Ø22	22	69,1	3,80	1,15	1,05	0,550	2,98	C					
Ø7	7	22,0	0,385	0,012	0,034	0,175	0,302	C	Ø25	25	78,5	4,91	1,92	1,53	0,625	3,85	P					
Ø8	8	25,1	0,503	0,020	0,050	0,200	0,395	P	Ø28	28	88,0	6,16	3,02	2,16	0,700	4,83	C					
Ø10	10	31,4	0,785	0,049	0,098	0,250	0,617	P	Ø30	30	94,2	7,07	3,98	2,65	0,750	5,55	C					
Ø12	12	37,7	1,13	0,102	0,170	0,300	0,888	P	Ø32	32	101	8,04	5,15	3,22	0,800	6,31	P					
Ø14	14	44,0	1,54	0,189	0,269	0,350	1,21	P	Ø36	36	113	10,2	8,24	4,58	0,900	7,99	C					
Ø16	16	50,3	2,01	0,322	0,402	0,400	1,58	P	Ø40	40	126	12,8	12,6	6,28	1,000	9,86	P					
Ø18	18	56,5	2,55	0,515	0,573	0,450	2,00	C	Ø45	45	141	15,9	20,2	8,95	1,120	12,5	P					
Ø20	20	62,8	3,14	0,785	0,785	0,500	2,47	P	Ø50	50	157	19,6	30,7	12,3	1,250	15,4	P					

Tabla B.9

Cuadrados

Producto	Dimensiones		Términos de sección				Peso	Suministro	Producto	Dimensiones		Términos de sección				Peso	Suministro		
	d	u	A	$I_x = I_z$	W_x	W_z				d	u	A	$I_x = I_z$	W_x	W_z	i_x			
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm			mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm					
# 6	6	24	0,360	0,0108	0,0360	0,0255	0,175	0,283	P	# 22	22	88	4,84	1,95	1,77	1,25	0,635	3,80	C
# 7	7	28	0,490	0,0200	0,0572	0,0404	0,202	0,385	P	# 25	25	100	6,25	3,26	2,80	1,84	0,722	4,91	P
# 8	8	32	0,640	0,0341	0,0853	0,0603	0,230	0,502	P	# 28	28	112	7,84	5,12	3,66	2,59	0,808	6,15	P
# 10	10	40	1,000	0,0833	0,167	0,116	0,288	0,785	P	# 30	30	120	9,00	6,75	4,50	3,18	0,866	7,07	C
# 12	12	48	1,44	0,173	0,288	0,204	0,347	1,13	P	# 32	32	128	10,2	8,74	5,46	3,86	0,926	8,04	P
# 14	14	56	1,96	0,320	0,457	0,323	0,404	1,54	P	# 36	36	144	13,0	14,0	7,78	5,50	1,04	10,2	C
# 16	16	64	2,56	0,546	0,683	0,463	0,483	2,01	P	# 40	40	160	16,0	21,3	10,6	7,54	1,15	12,6	P
# 18	18	72	3,24	0,875	0,972	0,887	0,520	2,54	P	# 45	45	180	20,3	34,2	15,1	10,7	1,30	15,9	C</

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Tabla B.10

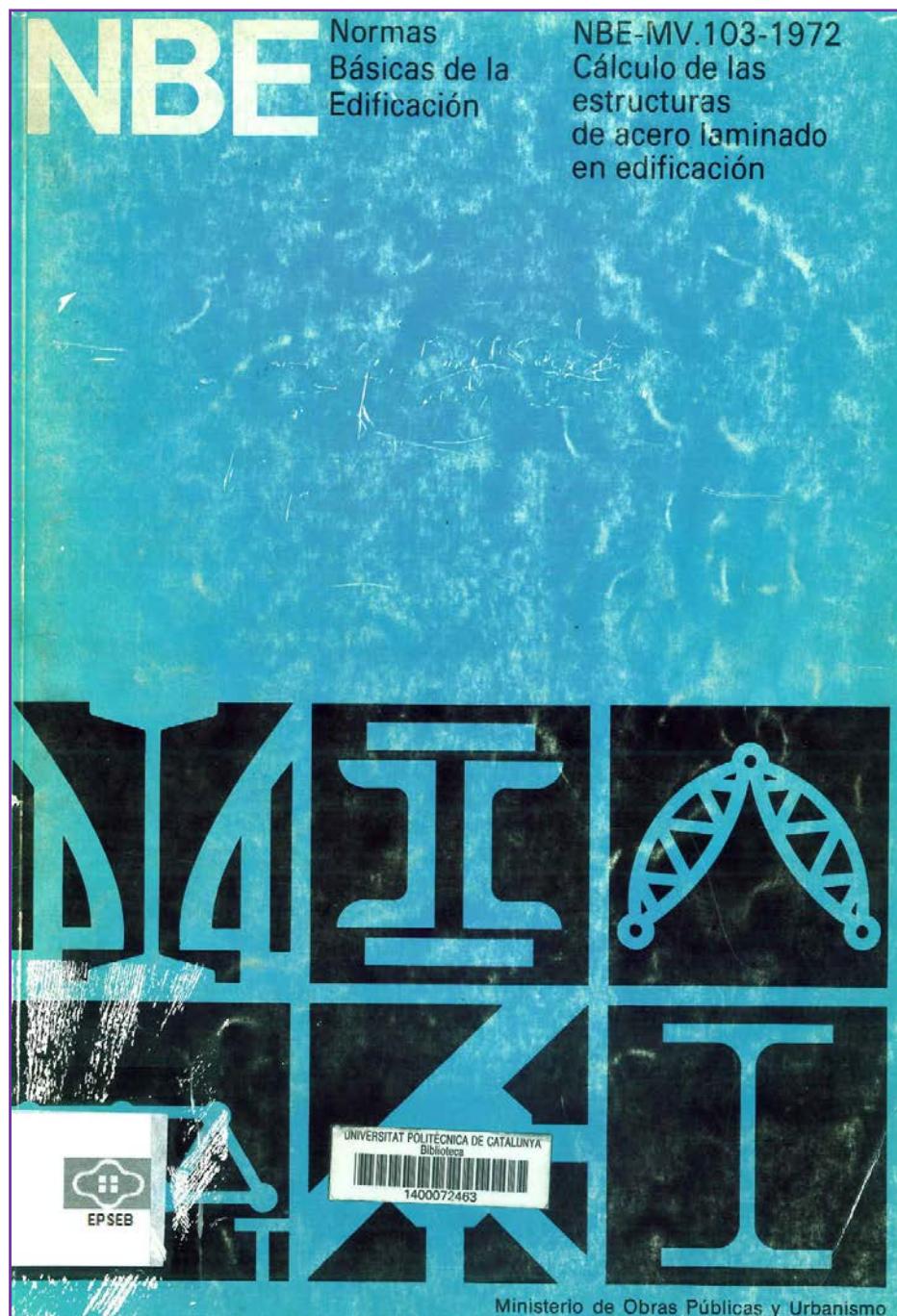
Rectangulares

A = Área de la sección																			
p = Peso por m																			
b-d mmmm	A cm ²	p kp/m	Sumin. S	b-d mm mm	A cm ²	p kp/m	Sumin. S	b-d mmmm	A cm ²	p kp/m	Sumin. S	b-d mmmm	A cm ²	p kp/m	Sumin. S	b-d mmmm	A cm ²	p kp/m	Sumin. S
20.4	0,80	0,628	C	40.4	1,80	1,26	P	55.4	2,20	1,73	C	75.4	3,00	2,36	C	100.4	5,00	3,93	C
20.5	1,00	0,785	C	40.5	2,00	1,57	P	55.5	2,75	2,16	C	75.5	3,75	2,94	C	100.5	6,00	4,71	C
20.6	1,20	0,942	C	40.6	2,40	1,88	P	55.6	3,30	2,59	C	75.6	4,50	3,53	C	100.6	8,00	6,23	P
20.8	1,60	1,26	C	40.8	3,20	2,51	P	55.8	4,40	3,45	C	75.8	6,00	4,71	C	100.8	10,0	7,85	P
20.10	2,00	1,57	C	40.10	4,00	3,14	C	55.10	5,50	4,32	C	75.10	7,50	5,89	C	100.10	12,0	9,42	P
20.12	2,40	1,88	C	40.12	4,80	3,77	C	55.12	6,60	5,18	C	75.12	9,00	7,07	C	100.12	15,0	11,8	P
20.15	3,00	2,36	C	40.15	6,00	4,71	C	55.15	8,25	6,48	C	75.15	11,2	8,83	C	100.15	20,0	15,7	P
25.4	1,00	0,785	C	40.25	10,0	7,85	C	55.25	13,8	10,8	C	75.25	18,8	14,7	C	100.25	25,0	19,6	P
25.5	1,25	0,981	C	40.30	12,0	9,42	C	55.30	16,5	13,0	C	75.30	22,5	17,7	C	100.30	30,0	23,6	C
25.6	1,50	1,18	C	40.35	14,0	11,0	C	55.35	19,3	15,1	C	75.35	26,2	20,6	C	100.35	35,0	27,5	C
25.8	2,00	1,57	C	45.4	1,80	1,41	C	55.40	22,0	17,3	C	75.40	30,0	23,6	C	100.40	40,0	31,4	C
25.10	2,50	1,96	C	45.5	2,25	1,77	C	60.4	2,40	1,88	C	80.4	3,20	2,51	C	110.4	4,40	3,45	C
25.12	3,00	2,36	C	45.6	2,70	2,12	C	60.5	3,00	2,36	P	80.5	4,00	3,14	C	110.5	5,50	4,32	C
25.15	3,75	2,94	C	45.8	3,60	2,83	C	60.6	3,80	2,83	P	80.6	4,80	3,77	P	110.6	6,80	5,18	C
25.20	5,00	3,93	C	45.10	4,50	3,53	C	60.8	4,80	3,77	P	80.8	6,40	5,02	P	110.8	8,80	6,91	C
30.4	1,20	0,942	P	45.12	5,40	4,24	C	60.10	6,00	4,71	P	80.10	8,00	6,28	P	110.10	11,0	8,64	C
30.5	1,50	1,18	P	45.15	8,75	5,30	C	60.12	7,20	5,65	P	80.12	9,60	7,54	P	110.12	13,2	10,4	C
30.6	1,80	1,41	P	45.20	9,00	7,07	C	60.15	9,00	7,07	P	80.15	12,0	9,42	P	110.15	18,5	13,0	C
30.8	2,40	1,88	C	45.25	11,2	8,83	C	60.20	12,0	9,42	P	80.20	16,0	12,6	P	110.20	22,0	17,3	C
30.10	3,00	2,36	C	45.30	13,5	10,8	C	60.25	15,0	11,8	P	80.25	20,0	15,7	P	110.25	27,5	21,6	C
30.12	3,60	2,83	C	45.35	15,8	12,4	C	60.30	18,0	14,1	C	80.30	24,0	18,8	C	110.30	33,0	25,9	C
30.15	4,50	3,53	C	45.40	18,0	14,1	C	60.35	21,0	16,5	C	80.35	28,0	22,0	C	110.35	38,5	30,2	C
30.20	6,00	4,71	C	50.4	2,00	1,57	P	70.4	2,80	2,20	C	90.4	3,60	2,85	C	120.4	4,80	3,77	C
30.25	7,50	5,89	C	50.5	2,50	1,96	P	70.5	3,50	2,75	P	90.5	4,50	3,53	C	120.5	6,00	4,71	C
35.4	1,40	1,10	C	50.6	3,00	2,36	P	70.6	4,20	3,30	P	90.6	5,40	4,24	C	120.6	7,20	5,65	C
35.5	1,75	1,37	C	50.8	4,00	3,14	P	70.8	5,60	4,40	P	90.8	7,20	5,85	C	120.8	9,60	7,54	C
35.6	2,10	1,85	C	50.10	5,00	3,93	P	70.10	7,00	5,50	P	90.10	9,00	7,07	C	120.10	12,0	9,42	P
35.8	2,80	2,20	C	50.12	6,00	4,71	C	70.12	8,40	6,59	P	90.12	10,8	8,48	C	120.12	14,4	11,3	P
35.10	3,50	2,75	C	50.15	7,50	5,89	C	70.15	10,5	8,24	P	90.15	13,5	10,6	C	120.15	18,8	14,1	P
35.12	4,20	3,30	C	50.20	10,00	7,85	C	70.20	14,0	11,0	P	90.20	18,0	12,1	C	120.20	24,0	18,8	P
35.15	5,25	4,12	C	50.25	12,5	9,81	C	70.25	17,5	13,7	P	90.25	22,5	17,7	C	120.25	30,0	23,6	P
35.20	7,00	5,50	C	50.30	15,0	11,8	C	70.30	21,0	16,5	C	90.30	27,0	21,2	C	120.30	36,0	28,5	C
35.25	8,75	6,87	C	50.35	17,5	13,7	C	70.35	24,5	19,2	C	90.35	31,5	24,7	C	120.35	42,0	33,0	C
35.30	10,5	8,24	C	50.40	20,0	15,7	C	70.40	28,0	22,0	C	90.40	36,0	28,3	C	120.40	48,0	37,7	C

Tabla B.11

Chapas

Espesor e mm	Suministro								
4	P	8	P	12	P	20	C	35	P
5	P	9	C	14	C	22	P	40	P
6	P	10	P	15	P	25	P	45	C
7	C	11	C	18	P	30	P	50	C



109

4.3.1.3. NBE MV 103-1972. Cálculo de las estructuras de acero laminado en la edificación



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Decreto 1353/1973, de 12 de abril, por el que se establece la **norma básica MV 103/1972, CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO EN EDIFICACIÓN.**

Publicación: BOE número 153 de 27/6/1973⁴⁹

Referencia: BOE-A-1973-876

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 13037 a 13062

Estructura

Capítulo I.

Generalidades

Capítulo II.

Bases de cálculo.

110

Capítulo III.

Piezas de directriz recta sometidas a compresión.

Capítulo IV.

Piezas de directriz recta sometidas a tracción.

Capítulo V.

Piezas de directriz recta sometidas a flexión.

Capítulo VI.

Métodos anelásticos de cálculo.

Capítulo VII.

Uniones roblonadas y atornilladas.

Capítulo VIII.

Uniones soldadas.

Capítulo IX.

Aparatos de apoyo.

⁴⁹ <http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1973/153/R13037-13170.pdf>



Anejo 1

Recomendaciones provisionales para la elección de la calidad del acero para estructuras soldadas.

Anejo 2

Cálculo de tensiones en piezas flexionadas de pared delgada y sección recta.

Anejo 3

Piezas solicitadas a torsión.

Anejo 4

Pandeo lateral de vigas.

Anejo 5

Cálculo de esfuerzos en los elementos de unión.

Anejo 6

Cálculo de soldaduras de ángulo que constituyen una unión.

Dentro de las Normas Básicas que regulan los distintos componentes de la edificación y que, junto a otras Reglamentaciones y Normas de este carácter, constituyen el fundamento de las Normas Tecnológicas NTE, se dicta ahora la relativa al **Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación**, que, con las ya promulgadas MV ciento dos/mil novecientos sesenta y cuatro, “Acero laminado para estructuras de edificación”; MV ciento cuatro/mil novecientos sesenta y seis, “Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación”; MV ciento cinco/mil novecientos sesenta y siete, “Roblones de acero”; MV ciento seis/mil novecientos sesenta y ocho, “Tornillos ordinarios y calibrados, para estructuras de acero” y MV ciento siete/mil novecientos sesenta y ocho, “Tornillos de alta resistencia para estructuras de acero”, completa el cuerpo de Normas Básicas correspondientes a las estructuras de acero laminado para la edificación.

111

La norma que por este Decreto se aprueba ha sido redactada por la Comisión de Expertos constituida en el Ministerio de la Vivienda, que, de acuerdo con las empresas siderúrgicas y de construcción metálica, elaboró en



su día las Normas anteriormente citadas y ha sido objeto de los informes preceptivos.

Propuesta del Ministro de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Quedan derogadas todas las disposiciones anteriores que se opongan a lo establecido en el presente Decreto.

Abast de la norma

La Norma MV 103/1972 **es aplicable en el proyecto de la estructura o elementos estructurales de acero de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino.**

El arquitecto, o el ingeniero, autor del proyecto de una edificación con estructura o elementos estructurales de acero laminado está obligado a conocer y a tener en cuenta esta Norma, pero puede, bajo su personal responsabilidad, emplear métodos de cálculo, valores o disposiciones que se aparten de lo que en ella se prescribe, reseñando explícitamente en la Memoria del proyecto todo aquello que se aparte de la Norma y justificando técnicamente las razones por las que se emplean tales métodos, valores o disposiciones.

112

Cuando se exija el cumplimiento de esta Norma, los Colegios Profesionales, u otros organismos, para extender visado formal de un proyecto, comprobarán que en él figura lo exigido en el artículo 1.3 (datos del proyecto).

Los organismos que extiendan visado técnico de un proyecto comprobarán que se ajusta a la Norma en todo lo referente a su estructura o elementos estructurales.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁵⁰.

⁵⁰ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda.

VICENTE MORTES ALFONSO

Podem considerar la Normativa **MV 103** com la més important de totes. Varis fets avalarien l'anterior afirmació. El primer, i més important, és la norma que més referències ha generat, tant de tècnics que calculaven a l'època en qüestió, de citacions a les memòries de càlcul i literatura tècnica així com de volum de pàgines que ocupa, excedint amb escreix totes les altres restants.

Ja a l'apartat inicial la normativa descriu les dades que ha d'incloure el projecte tot i especificant-los. Cal recordar que a les normes més antigues també hi figurava aquest fet però sense cap constatació dels punts. Segons la mateixa s'hi ha de recollir, a més del que estableixi la legislació vigent:

113

Memoria

En la Memoria se incluirá, ordenadamente, por lo menos lo siguiente

- Justificación funcional de la solución estructural adaptada.
- Materiales empleados.
- Acciones previstas en el cálculo, ajustadas a la Norma **MV 101**.
- Condiciones de seguridad.
- Métodos de cálculo e hipótesis utilizados.
- Dimensionado de los distintos elementos.
- Proceso de ejecución previsto

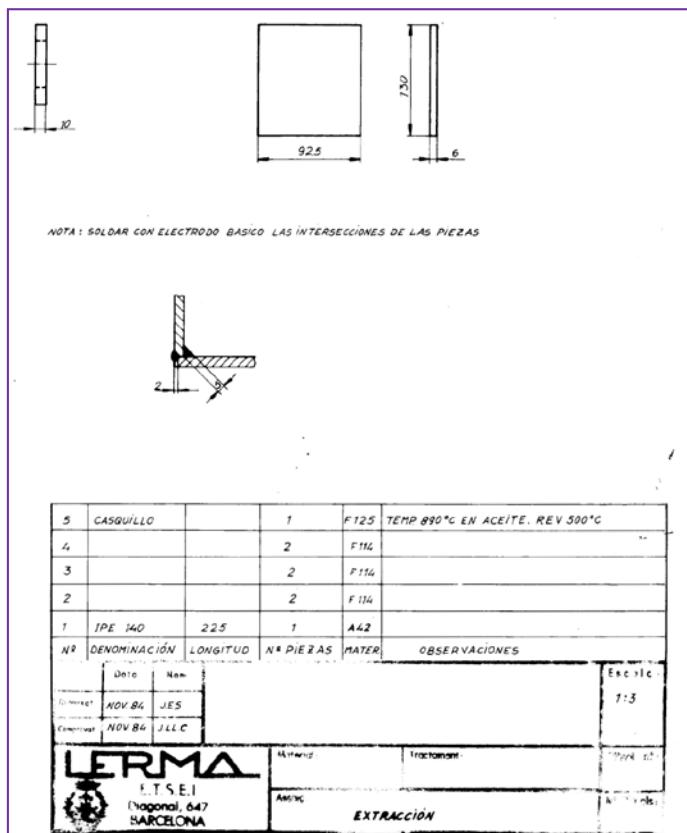
Planos

En los planos se representaran gráficamente todos los elementos estructurales, con las cotas en milímetros necesarias para establecer sus dimensiones, de modo que no se precise obtenerlas por medición; y se definirán los perfiles empleados, las clases de acero, las disposiciones de armado y las diferentes uniones.



Pliego de condiciones

En el pliego de condiciones se incluirán los artículos precisos para establecer las condiciones exigibles a los materiales y las de la ejecución haciéndolo siempre que sea posible por referencia a la Normas vigentes para cada materia.



114

Figura 4.74 Detall plànot soldadura. Font: LERMA.

La situació constructiva en auge, que com hem vist es produïa, així com més d'un col·lapse estructural provocaren que la Normativa parlés clarament de bases de càlcul tot dedicant-hi un important apartat així com a les condicions de seguretat exigides.

Se admite que la seguridad de una estructura es aceptable cuando mediante cálculos realizados por los métodos definidos (en esta Normativa), en la combinación que resulte más desfavorable se comprueba que la estructura y cada elemento suyo son estáticamente estables y que las tensiones calculadas no sobrepasan la correspondiente condición de agotamiento.



Remarcar també que evitar equívocs la normativa parla i defineix el què s'entén per **accions característiques**,

Valor característico de una acción es el que tiene la probabilidad de 0,05 de ser sobrepasado durante la ejecución y la vida útil de la estructura o eventualmente en las pruebas de carga especificadas.

I accions ponderades,

Acción ponderada es el producto de una acción característica por el coeficiente de ponderación que le corresponda, en la combinación de acciones que se esté considerando.

COEFICIENTES DE PONDERACIÓN			
Caso de carga	Clase de acción	Coeficientes de ponderación si el efecto de la acción es:	
		Desfavorable	Favorable
Caso I Acciones constantes y combinación de dos acciones variables independientes.	la	Acciones constantes Sobrecarga Viento	1,33 1,33 1,50 1,33 1,50 1,33 0 0 0
	lb	Acciones constantes Sobrecarga Nieve	1,33 1,50 1,50 1,00 0 0 0
	lc	Acciones constantes Viento Nieve	1,33 1,50 1,50 1,00 0 0 0
	Caso II Acciones constantes y combinación de tres acciones variables independientes.		1,33 1,33 1,33 1,00 — — —
	Caso III Acciones constantes y combinación de cuatro acciones variables independientes, incluso las acciones sísmicas.		1,00 r (1) 0,25 (2) 0,50 (3) 1,00 0 0 0 0
NOTAS A LA TABLA 2.1		Caso 2.º.—Oficinas, comercios, calzadas y garajes: r = 0,60. Caso 3.º.—Hospitales, cárceles, edificios docentes, iglesias, edificios de reunión y espectáculos y salas de reunión de hoteles: r = 0,80. (2) Sólo se considerará en construcciones en situación topográfica expuesta o muy expuesta (Norma MV-101).	
(1) r es el coeficiente reductor para las sobrecargas (tabla VIII de la Norma Sísmicosistente P. G. S.-1, parte A), que indica:			
Caso 1.º.—Azoteas, viviendas, hoteles (salvo locales de reunión): r = 0,50.			

115

Figura 4.75 Coeficients de ponderació.

Definits aquests ítems, i per concloure l'apartat de les bases de càlcul, la Normativa **MV 103** defineix les principals constants de l'acer (algunes dades ja han estat referides dins la **MV 102**)



Tipus d'acer	Característiques	
A42	Límit elàstic	2600 kg/cm ²
	Mòdul d'elasticitat (E)	2.100.000 kg/cm ²
	Mòdul d'elasticitat transversal (G)	810.000 kg/cm ²
	Coeficient de Poisson (ν)	0,3
	Coeficient de dilatació (α _t)	0,000012 m/m °C
A52	Límit elàstic	3600 kg/cm ²
	Mòdul d'elasticitat (E)	2.100.000 kg/cm ²
	Mòdul d'elasticitat transversal (G)	810.000 kg/cm ²
	Coeficient de Poisson (ν)	0,3
	Coeficient de dilatació (α _t)	0,000012 m/m °C

116

Un detall, però s'ha considerat important destacar. Es parla de **resistència de càlcul de l'acer** σ_u definit com;

$$\sigma_u = \frac{\sigma_e}{\gamma_a}$$

Alhora que es dóna el valor que pot prendre γ_a .

$\gamma_a = 1$ per acers en límit elàstic mínim garantit (**MV 102**) i valor $\gamma_a = 1,1$ per a la resta.

Ressaltar també que ja no es parla d'acers A37 i A44 fet que sembla mostrar que els acer emprats només són els referits **A42** i **A52**.

La elección entre los dos tipos de acero **A42** i **A52** (**MV 102**), se basa, fundamentalmente, en **razones económicas** y en la **facilidad de obtención** en el mercado de los productos requeridos.



Tal i com s'ha comentat a l'inici la Normativa d'estudi es pot considerar ella mateixa com la primera normativa que aprofundeix abastament en diferents temes que les altres o bé apuntaven o en alguns casos fins i tot ometien. Així doncs, fixades les característiques fonamentals dels acers a emprar, la norma ja s'endinsa de ple en el càlcul pròpiament dit estudiant en el primer cas les peces de directriu recta sotmeses a compressió/tracció i posteriorment les sotmeses a flexió.

Un dels temes fonamentals que s'hi ha observat a estat **l'aprofundiment del tema del vinclament**. Havíem fet referència que per tractar-lo havíem de recórrer a manuals francesos o alemanys i que molt breument apareixien referenciats en les normatives espanyoles precedents.

No es vol transcriure literalment la normativa en qüestió, de fet això no seria objecte de l'estudi, sinó que s'ha volgut fer referència als aspectes que s'han considerats més importants tot i adreçant a lectors interessats a la adreça electrònica de la mateixa per tal de veure la seva aplicació i implementació total.

117

Els apartats als quals la normativa dedica més atenció són el de peces de directriu recta sotmeses a compressió i el de peces de directriu recta sotmeses a flexió.

• Peces de directriu recta sotmeses a compressió.

Prèviament al seu estudi la normativa les classifica en:

Peces simples

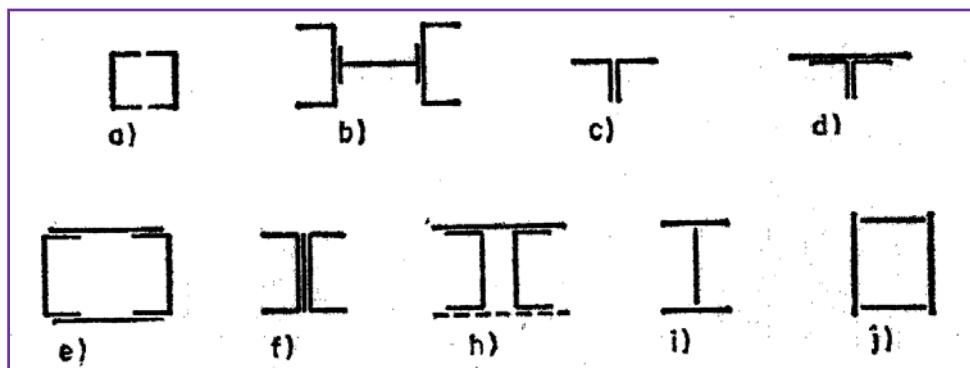


Figura 4.76 Exemple de peces simples construïdes per perfils i/o xapes juxtaposades.

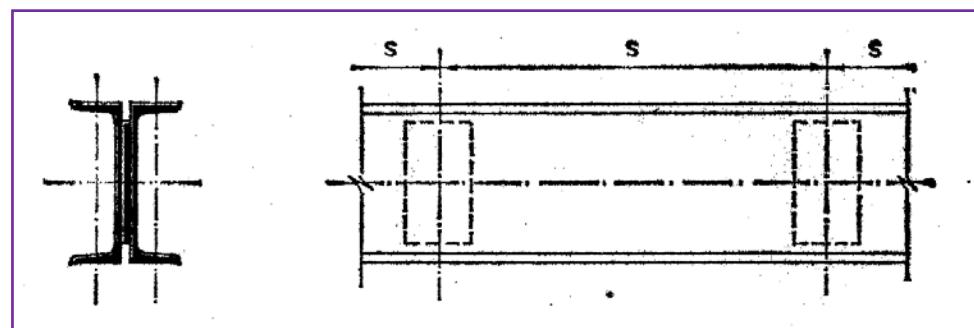


Figura 4.77 Exemple de peça simple constituïda per perfils i folre discontinu de xapa.

Peces compostes

Segons es defineix;

Son las piezas constituidas por dos o más cordones longitudinales, enlazados entre sí. Cada cordón tendrá la constitución de una pieza simple.

Platabanda d'unió⁵¹

118

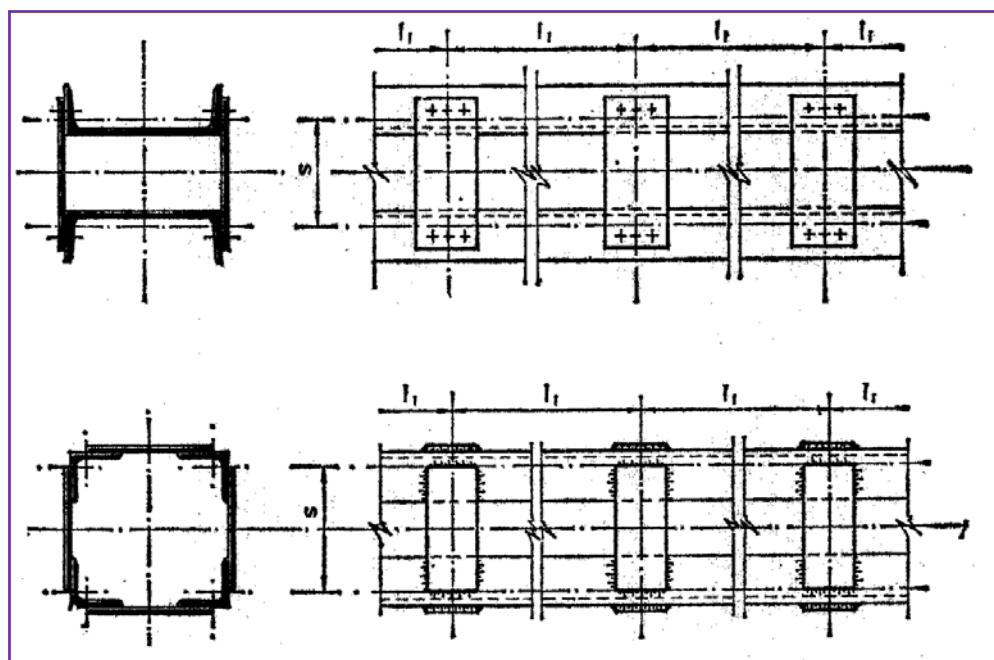


Figura 4.78 Exemple de peces compostes amb platabandes d'unió.

⁵¹ Presillas.

Gelosies

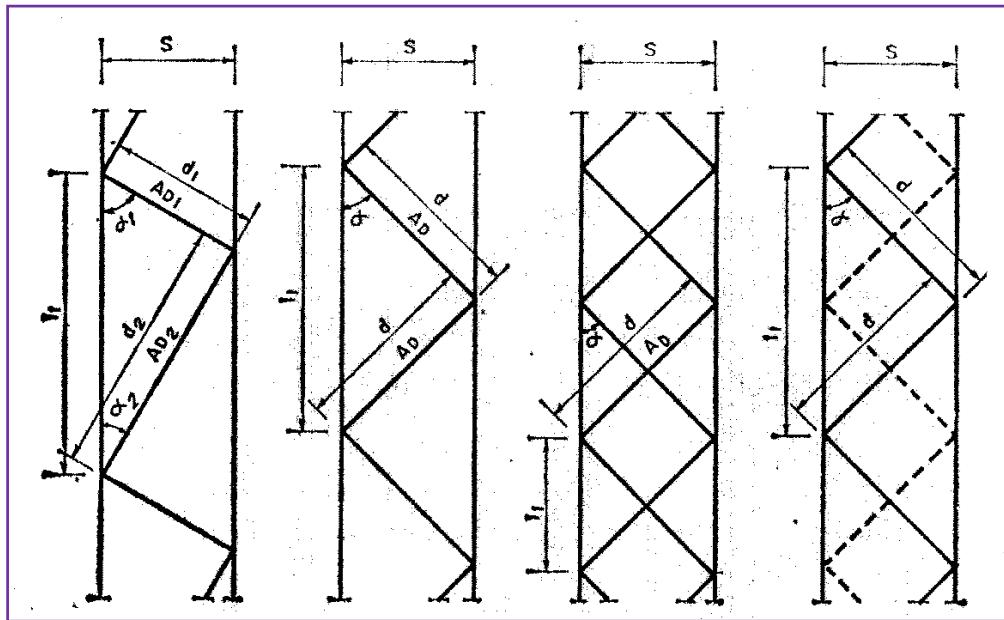


Figura 4.79 Exemple de peces en gelosia.

Un cop definides les tipologies de les peces la Normativa s'endinsa plenament en el fenomen del vinclament. Es defineix la mateixa com;

119

Se denomina longitud de pandeo l_k de una pieza sometida a un esfuerzo normal de compresión a la longitud de otra pieza ideal recta prismática, biarticulada y cargada en sus extremos, tal que tenga la misma carga crítica que la pieza real considerada.

La longitud de vinclament vindrà relacionada per;

$$l_k = \beta \cdot l$$

Essent l la longitud de la peça i β un paràmetre que es a continuació es definirà. el problema doncs consistirà en trobar els valors del coeficient β pel diferents casos; peces de secció constant sotmeses a compressió centrada i uniforme, barres d'estructures triangulades (taula 7), suports d'estructures porticades d'una alçada (taula 8) així com per a pilars d'edificis i peces de



secció constant sotmeses a compressió variable (taula 9) i amb càrrega puntual (taula 10).

El paràgraf anterior justificaria el que prèviament havíem dit; la normativa **MV 103** per primera vegada dins l'àmbit normatiu espanyol aprofundirà amb escreix el tema del vinclament.

Peces de secció constant sotmeses a compressió centrada i uniforme.	Valor del paràmetre β
Peça biarticulada.	1
Peça biencastada.	0,5
Peça encastada en un extrem i articulada a l'altre sense possibilitat de corrriment relatiu normal a la directriu.	0,7
Peça biencastada amb possibilitat de desplaçament relatiu normal a la directriu.	1
Peça encastada en extrem i lliure a l'altre.	2

120

Un cop definida la longitud de vinclament es passa a determinar **l'esveltesa mecànica λ** d'una peça. Tal i com la normativa havia fet en el cas precedent, defineix uns apartats per tal de donar la seva formulació corresponent. Aquests seran; el càlcul d'una peça simple de secció constant, el corresponent a una peça composta així com els referits a peces de seccions variables i peces simples amb seccions obertes de petit gruix.

Arribats a aquest punt la normativa ja dóna la formulació per el *cálculo a pandeo de piezas sometidas a compresión simple* fent servir el mètode ω tal i com ja es venia fent en el normatives precedents tot i definir el coeficient de vinclament només per a l'**acer A42** i l'**acer A52** ometen ja l'**acer A37**.

Només destacar que just abans d'aquesta formulació apareix un punt on s'especifica el gruix dels elements plans de les peces comprimides per tal d'evitar l'abonyegament abans de l'esgotament de la peça degut al vinclament del conjunt.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Suports d'estructuras porticades d'una alçada (I).			
CASO	FORMA DEL PORTICO	COEFICIENTE β	MAGNITUDES AUXILIARES
a		$m = \frac{P_1}{P} \leq 1$ $c = \frac{I_b}{I_0 \cdot l} \leq 10$ $s = \frac{4 \cdot t}{b^2 A} \leq 0,2$	$\sqrt{0,5(l+m)} / [4 + 1,4(c+6s) + 0,02(c+6s)^2]$
b		$c = \frac{2 \cdot l \cdot b}{I_0 \cdot l} \leq 10$	$\sqrt{4 + 1,4(c+6s) + 0,02(c+6s)^2}$
c		$m = \frac{P_1}{P} \leq 1$ $c = \frac{I_b}{I_0 \cdot l} \leq 10$ $s = \frac{4 \cdot t}{b^2 A} \leq 0,2$	$\sqrt{0,5(l+m)} / [4 + 0,35(c+6s) - 0,017(c+6s)^2]$
1		$c = \frac{2 \cdot l \cdot b}{I_0 \cdot l} \leq 10$	$\sqrt{1 + 0,35(c+6s) - 0,017(c+6s)^2}$
d		$s = \frac{t}{b^2 A \cdot A_1} \leq 0,2$	$\sqrt{1 + 0,35(c+6s) - 0,017(c+6s)^2}$
e		$n = \frac{P_2}{P} \leq 2$ $c = \frac{2 \cdot l \cdot b}{I_0 \cdot l} \leq 10$	$\sqrt{1 + 0,35n} / [4 + 1,4(c+6s) + 0,02(c+6s)^2]$
f		$s = \frac{t}{b^2 A \cdot A_1} \leq 0,2$	$\sqrt{1 + 0,35n} / [4 + 0,35(c+6s) - 0,017(c+6s)^2]$
g		Se tomará como $\beta = 1$ fuerza de compresión el valor de V_A $m = 1$	$\sqrt{0,5(l+m)} / [4 + 1,4(c+6s) + 0,02(c+6s)^2]$

Suports d'estructures porticades d'una alçada (II).			
CASO	FORMA DEL PORTICO	COEFICIENTE β	MAGNITUDES AUXILIARES
a		En los soportes extremos: $\frac{1+0,4cn}{1+0,2cn} \sqrt{\frac{2+p}{2+t}} \leq 3$ En el soporte intermedio: $\frac{1+0,4cn}{1+0,2cn} \sqrt{\frac{2+p}{2+t}} \sqrt{\frac{1}{p}} \leq 3$	$cn = c + \frac{9}{4} s$
b		En los soportes extremos: $\frac{1+0,4cn}{1+0,2cn} \sqrt{\frac{1+p}{1+t}} \leq 3$ En los soportes intermedios: $\frac{1+0,4cn}{1+0,2cn} \sqrt{\frac{1+p}{1+t}} \sqrt{\frac{1}{p}} \leq 3$	$p = \frac{P_2}{P}$ $t = \frac{I_2}{I}$ $c = \frac{I_b}{I_0 \cdot n} \leq 10$ $s = \frac{4 \cdot t}{b^2 A} \leq 0,2$
2		Como en 2a y 2b Sustituyendo $\frac{1+0,4cn}{1+0,2cn}$ por $\frac{6+1,2cn}{3+0,1cn}$	$c = c + \frac{9}{4} s$ $p = \frac{P_2}{P}$ $t = \frac{I_2}{I}$ $c = \frac{I_b}{I_0 \cdot l} \leq 10$ $s = \frac{4 \cdot t}{b^2 A} \leq 0,2$
d		$\sqrt{0,5(l+m)} / [4 + 1,4(c+6s) + 0,02(c+6s)^2] \times \sqrt{1 + 0,48 \cdot n}$	$m = \frac{P_1}{P} \leq 1$ $c = \frac{I_b}{I_0 \cdot l} \leq 10$
e		$\sqrt{0,5(l+m)} / [4 + 0,35(c+6s) - 0,017(c+6s)^2] \times \sqrt{1 + 0,43 \cdot n}$	$s = \frac{4 \cdot t}{b^2 A} \leq 0,2$ $n = \frac{P_2}{P} \leq 2$
3	 	$0,80 + 0,05 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2$ $0,44 + 0,12 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + 0,03 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2$ $\beta = 1$ Valide: $0,05 \leq \frac{P_2}{P_1} \leq 0,2$	Para P vertical $\frac{P_2}{P_1} = +1$ Para P horizontal $\frac{P_2}{P_1} = -1$ Se tomará como valor del esfuerzo de compresión el correspondiente al cuarto de la luz

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Peces de secció constant sotmeses a compressió variable.					
		$\beta = \sqrt{\frac{1 + CN'/N}{K}}$ segun el cas:			
C K	0,88 1,88	0,51 3,09	1,65 5,42	0,93 7,72	2,18 3,18
$\frac{N'}{N}$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$
0	0,729	0,569	0,429	0,359	1,122
0,1	0,761	0,582	0,462	0,376	1,238
0,2	0,792	0,596	0,495	0,392	1,346
0,3	0,818	0,610	0,524	0,407	1,440
0,4	0,846	0,623	0,553	0,421	1,532
0,5	0,875	0,636	0,579	0,434	1,620
0,6	0,901	0,648	0,605	0,449	1,704
0,7	0,927	0,663	0,629	0,462	1,784
0,8	0,950	0,675	0,654	0,474	1,856
0,9	0,975	0,687	0,676	0,488	1,928
1	1,000	0,700	0,700	0,500	2,000
C K	2,18 3,18	0,93 7,72	1,09 2,09	0,35 5,40	1,09 2,09
$\frac{N'}{N}$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$	$\downarrow N' \leq N$
0	0,561	0,359	0,692	0,430	1,384
0,1	0,619	0,376	0,728	0,436	1,456
0,2	0,673	0,392	0,764	0,445	1,528
0,3	0,720	0,407	0,797	0,451	1,594
0,4	0,766	0,421	0,830	0,459	1,660
0,5	0,810	0,434	0,858	0,465	1,716
0,6	0,852	0,449	0,888	0,473	1,776
0,7	0,892	0,462	0,917	0,479	1,834
0,8	0,928	0,474	0,946	0,486	1,892
0,9	0,964	0,488	0,973	0,492	1,946
1	1,000	0,500	1,000	0,500	2,000

Peces de secció constant sotmeses a compressió variable deguda a càrregues puntuals.

$\frac{l_1}{l}$	PIÉZA BIARTICULADA		PIEZA LIBRE Y EMPOTRADA		PIEZA EMPOTRADA Y APOYADA		PIEZA BIEMPOTRADA	
	β	β^2	β	β^2	β	β^2	β	β^2
0,0	1,000	1,000	2,00	4,000	0,699	0,4896	0,500	0,2500
0,1	0,898	0,806	1,80	3,240	0,605	0,3662	0,494	0,2446
0,2	0,805	0,649	1,60	2,560	0,533	0,2850	0,471	0,2219
0,3	0,741	0,549	1,40	1,960	0,481	0,2319	0,430	0,1851
0,4	0,711	0,506	1,200	1,440	0,458	0,2101	0,387	0,1502
0,5	0,707	0,500	1,000	1,000	0,456	0,2085	0,364	0,1326
0,6	0,703	0,494	0,800	0,640	0,440	0,1942	0,362	0,1311
0,7	0,671	0,451	0,600	0,360	0,392	0,1543	0,340	0,1159
0,8	0,592	0,351	0,400	0,160	0,306	0,0938	0,279	0,0781
0,9	0,440	0,194	0,200	0,040	0,173	0,0310	0,168	0,0285
1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,0000



$$\sigma^* = \frac{N^* \omega}{A} \leq \sigma_u$$

σ_u ; Resistència de càlcul de l'acer.

N^* ; Esforç normal ponderat de compressió.

A; Àrea de la secció bruta de la peça.

ω ; Coeficient de vinclament, funció de l'esveltesa mecànica de la peça.

Es conclou l'apartat amb dos punts; el primer el càlcul dels enllaços de les peces compostes bé sigui de platabandes d'unió bé sigui amb gelosia per conoure analitzant les peces en les quals la compressió de la qual hem anat parlant no fos centrada (per la pròpia disposició estructural, bé per l'existència d'un moment equivalent a aquest esforç normal excèntric) la qual cosa aquest afectaria a la formulació dels diferents elements que hem calculat i per tant la normativa adapta aquesta disposició a una nova formulació tot i afegint-hi principalment l'efecte que aquest nou moment provoca.

123

• Peces de directriu recta sotmeses a tracció.

La Normativa disposa la mateixa estructura per tal de definir i formular aquest cas concret. En **no existir el fenomen del vinclament** la dificultat es redueix molt. Com en el cas anterior es parla de peces simples i de compostes alhora que tracció centrada i tracció excèntrica. Per al càlcul de les peces sotmeses a tracció la normativa pren les fórmules bàsiques de la resistència de materials aplicades a aquests cas.

$$\sigma^* = \frac{N^* \omega}{A_n} \leq \sigma_u$$

σ_u ; Resistència de càlcul de l'acer.

N^* ; Esforç normal ponderat a la secció considerada.

A; Àrea de la secció neta.

• Peces de directriu recta sotmeses a flexió.

Per la importància d'aquesta tipologia d'esforç, així com per la novetat respecte de les normatives precedents, la **MV 103** posa molt d'èmfasi en el seu



estudi. Primerament la distinció entre la tipologia de biga plena i biga de gelosia dedicant en ambdós casos, amb escreix, les notes necessàries per al seu càclul.

Al principi de l'estudi de les normatives dèiem que la sèrie **MV** havia proporcionat un avanç significatiu en el camp normatiu. És en aquesta normativa quant trobem perfectament definits els conceptes omesos (o simplement apuntats en les normatives precedents) de vinclament lateral, rigiditzadors, carteles, abonyegament de l'ànima, traves⁵²,...entre d'altres.

Arribats a aquest punt, també s'ha cregut important aturar-se un moment en el que la normativa reflecteix del **càlcul de les fletxes**. Fins ara els càlculs eren, tal i com s'ha vist, molt simples sinó volíem recórrer a les corresponents formulacions que ens dóna la resistència de materials.

Una nova aportació de les corresponents normes **MV** és la definició i estudi del càlcul d'aquest fenomen.

124

Las flechas se calcularan con el momento de inercia de la sección bruta.

Per obtenir el valor corresponent de la deformació s'indica;

La flecha f en el centro del vano de una viga apoyada de sección constante y perfil simétrico de canto h y luz l puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$f(\text{mm}) \cong \alpha \frac{\sigma \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right) \cdot l^2 (\text{mm}^2)}{h(\text{cm})}$$

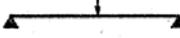
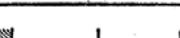
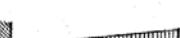
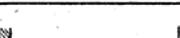
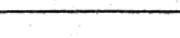
σ ; La máxima tensión producida por el máximo momento flector característico M en kg/mm^2 .

α ; Un coeficiente que depende de la clase de sustentación y del tipo de carga.

⁵² Riostras.



El valor d'aquest darrer paràmetre ens ve tabulat seguidament;

CLASE DE SUSTENTACION Y TIPO DE CARGA	α
	1,000
	0,800
	0,300
	0,250
	0,340
	0,400
	2,380
	1,930
	2,650
	3,180
	0,415
	0,448

125

Figura 4.80 Valors del coeficient α .

Una altra novetat que ha aportat aquesta sèrie normativa -i que s'ha creut destacar- ha estat la nova metodologia de càlcul- ja presentada en l'apartat corresponent; els mètodes de càlcul plàstic. Ara i aquí són introduïts sota l'apartat *métodos anelásticos de cálculo*.

Se aceptan los métodos de cálculo basados en la hipótesis de admitir que el agotamiento de la estructura no se produce hasta que se hayan formado tantas **rótulas plásticas** cuantas sean necesarias para convertirla, en su totalidad, o en parte, en una estructura incompleta (mecanismo).



Tot seguit la normativa continua amb les unions reblonades, cargolades i soldades. Sobtada una mica que en la normativa que ens ocupa s'hi dediquin dos apartats de la mateixa quan ja existien al mercat les normatives **MV 104**, **MV 105**, **MV 106** i **MV 107**, que tot seguit es passaran a implementar, les quals tractaven amb escreix aquesta temàtica. Es suposa que la normativa, tot i agafant les precedents, les acaba d'actualitzar en aquells apartats que creu que s'han de contextualitzar de nou. També es pot considerar que agrupa part de les precedents en un únic material com és la norma **MV 103**. De fet, aquesta idea d'agrupació és la que farà la normativa futura EA-95 que compendiarà gran part de les disposicions de les normes **MV** en un sol document.

La darrera disposició de la normativa serà la referent als aparells de recolzament;

Se denominan aparatos de apoyo a aquellos elementos cuya misión es transmitir las cargas desde la estructura propiamente dicha a la cimentación o infraestructura.

126

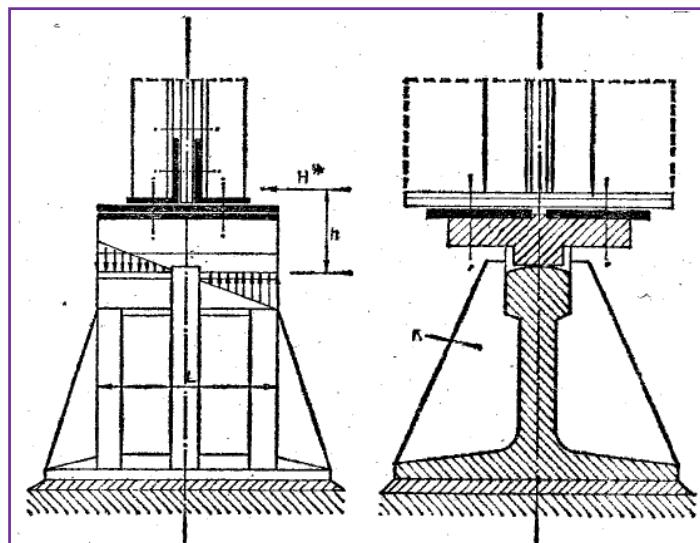
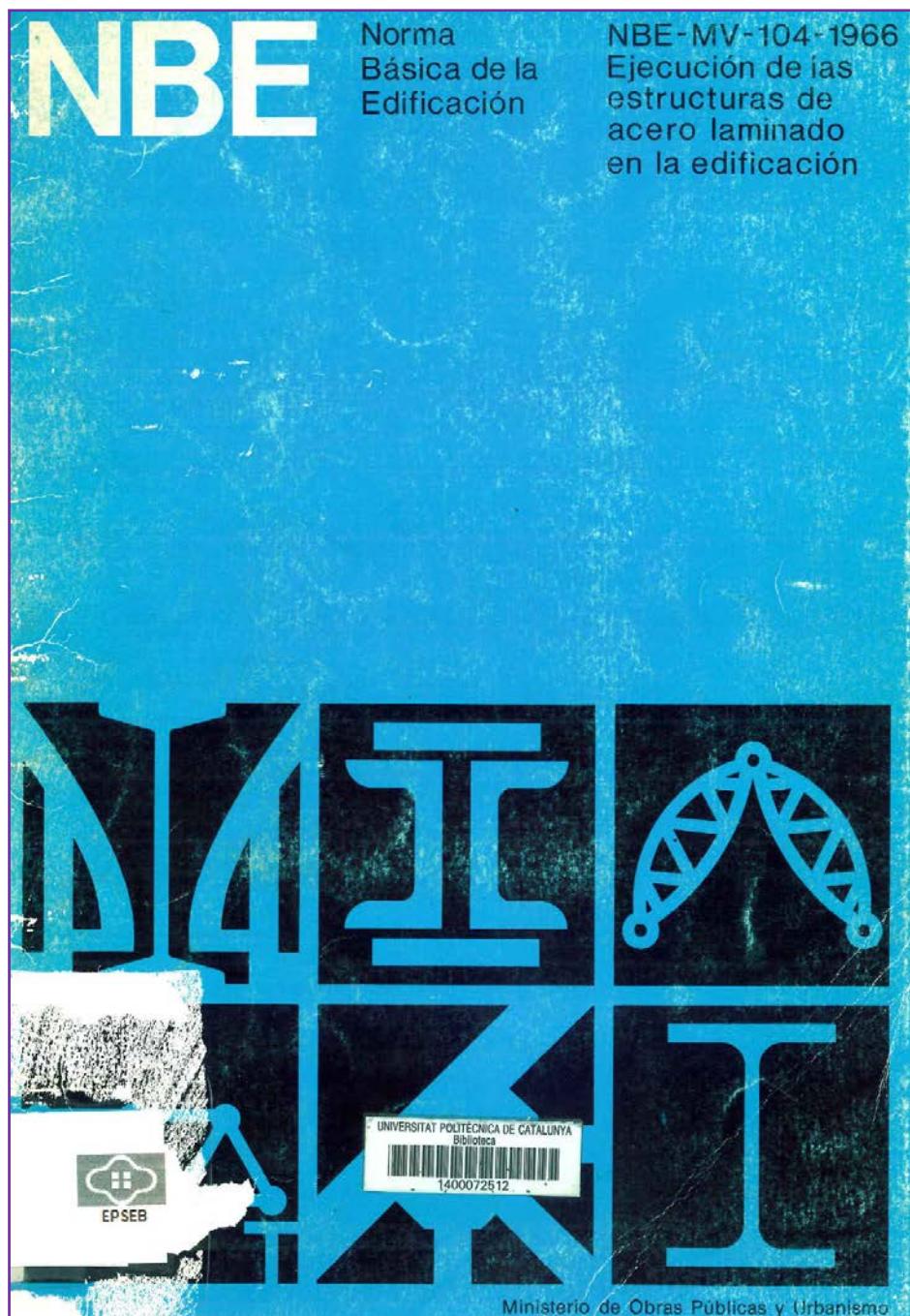


Figura 4.81 Detall aparells de recolzament.



127

4.3.1.4. NBE MV 104-1966. Ejecución de las estructuras de acero en la edificación



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Decreto 1851/1967, de 3 de junio, por el que se establece la **norma MV 104-1966, sobre EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO EN LA EDIFICACIÓN.**

Publicación: BOE número 203 de 25/8/1967⁵³

Referencia: BOE-A-1967-14923

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 11985 a 12010

Estructura

Capítulo I.

Generalidades.

Capítulo II.

Uniones roblonadas y atornilladas.

128

Capítulo III.

Uniones soldadas.

Capítulo IV.

Ejecución en taller.

Capítulo V.

Montaje en obra.

Capítulo VI.

Tolerancias.

Capítulo VII.

Protecciones.

La labor de normalización emprendida por la Comisión de expertos constituida en el seno del Ministerio de la Vivienda e iniciada con la norma MV ciento uno-mil novecientos sesenta y dos, “Acciones en la edificación”, se ha revelado extremadamente beneficiosa en la práctica al **dotar al sector de la**

⁵³ <http://www.boe.es/boe/dias/1967/08/25/pdfs/A11985-12010.pdf>



construcción de unas reglamentaciones de alto nivel técnico que garantizan la seguridad de las obras a la vez que facilitan la normalización de proyectos y la producción de materiales de acuerdo con las precisiones en ellas contenidas. La misma Comisión ha elaborado, en la línea de sus antecesores, **la Norma relativa a la Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación**, cuyo proyecto ha sido sometido a informe de los organismos científicos y técnicos más cualificados, tanto públicos como privados, los cuales se han pronunciado unánimemente en favor de su aprobación inmediata.

Propuesta del Ministro de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Quedan derogadas todas las disposiciones que se opongan a lo establecido en el presente Decreto.

129

Abast de la norma

La norma MV 104-1966 **se aplicará en la ejecución en taller, y montaje en obra, de la estructura, o elementos estructurales, de acero laminado, de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino.** El director de obra puede, bajo su personal responsabilidad, autorizar por escrito el empleo de métodos de ejecución no expresamente indicados en la Norma, si los considera suficientemente sancionados por la experiencia.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁵⁴.

Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda.

JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SÁNCHEZ-ARJONA

⁵⁴ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Fins ara la normativa s'havia fixat en les característiques i propietats de l'acer, **MV 102**, així com en les expressions principals de càlcul de les mateixes, **MV 103**. Arribats a aquest punt els organismes competents varen formular una normativa dedicada a **l'execució de les mateixes estructures**. Aquest serà l'objectiu principal de la **Norma MV 104**.

Dos grans blocs marcaran la normativa; el tema de **les unions** (tant reblonades, cargolades, com soldades) així com **la seva implementació a obra** prèvia execució a taller.

En el proyecto de toda edificación que tenga estructura o elementos estructurales de acero laminado, figuraran los planos y las especificaciones precisas para que queden definidas las clases de acero, los perfiles empleados, la disposición de armado, las uniones, etc.; las indicaciones precisas del plan de montaje; para que con todo ello el constructor pueda realizar los planos de taller; el programa de montaje y en caso de uniones soldadas, la memoria de soldeo.

130

Unions Reblonades i Cargolades.

Tot i que dins aquest apartat es recull a la normativa d'unions reblonades i cargolades, ben aviat es remet al lector a les normatives **MV105**, **MV106** i **MV 107** per a l'estudi dels reblons i cargols, especialment en allò dedicat a les característiques dels mateixos. La normativa **MV104** tractarà més aviat d'aspectes constructius i de muntatge dels mateixos. Potser hauria estat més lògic englobar-ho en una sola norma dedicada a les unions ja que, per exemple per consultar les unions cargolades s'han de fer servir, com a mínim 2 normatives.

Malgrat això, la normativa **MV104** sí que fa un exhaustiu estudi dels forats indicant, sense cap ambigüitat, les disposiciones de distàncies dels mateixos.

Abans però, hi trobem una sentencia prou aclaridora respecte a la variabilitat dels mateixos. Per evitar confusions indica,

En cada estructura, los roblones o tornillos utilizados se procurará sean **solamente de dos tipos, o como máximo de tres diámetros** bien diferenciados.



Els diàmetres dels forats, tret d'excepcions justificades, estaran dins el següents límits;

LIMITACIONES PARA LOS AGUJEROS			
Diámetro del agujero <i>a</i> mm	Espesor de cada pieza		Máxima suma de espesores de las piezas unidas mm
	Mínimo mm	Maximo mm	
11	4	10	45
13	4	12	65
15	5	14	65
17	6	16	70
19	7	18	80
21	8	20	90
23	10	24	100
25	12	28	115
28	14	36	130

Figura 4.82 Limitacions per als forats.

Un cop definides, els autors ja passen a especificar les distàncies abans referides;

131

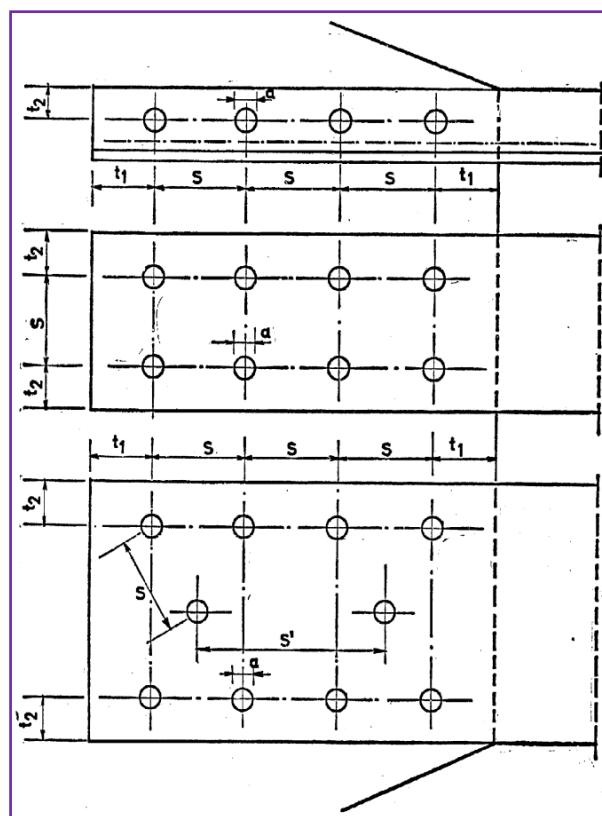


Figura 4.83 Separació entre forats.



Las distancias s entre los agujeros de diámetro a , que unan piezas, cuyo espesor mínimo es e , cumplirán las condiciones siguientes⁵⁵,

Valor mínimo: para roblones	$s \geq 3 a$
para tornillos	$s \geq 3,5 a$
Valor máximo	$s \leq 8 a$
en general	$s \leq 15 e$
en uniones de armado	$s \leq 15 a$
de barras a tracción	$s \leq 25 e$

Las distancias t entre los centros de los agujeros y los bordes cumplirán las condiciones siguientes;

Valor mínimo al borde frontal	$t_1 \geq 2 a$
al borde lateral	$t_2 \geq 1,5 a$
Valor máximo: a cualquier borde	$t \leq 3 a$
	$t \leq 6 e$

Un cop vista la disposició constructiva, la normativa menciona, també, al procés de col·locació dels diferents elements; reblons, cargols ordinaris, cargols calibrats i cargols d'alta resistència.

132

Unions soldades.

A l'apartat de mètodes de càlcul s'ha vist que un dels aspectes bàsics del mètode de Cross es fonamentava en el nus rígid. La soldadura afavoria aquest mètode d'unió i per tant era necessari reglamentar-la ja que com hem vist en apartats precedents la prescripció no era molt clara. Sí que hem trobat algunes apreciacions a llibres docents i acadèmics però no estava clar qui era el seu origen. Probablement eren les normes DIN.

Arribats a l'any 1966 i quan la construcció metàl·lica, com s'ha vist, a pres una gran importància, la normalització de la soldadura ha de quedar clara. La normativa **MV104** es referirà a l'execució de les unions soldades realitzades con *los métodos de soldeo autorizados*. La normativa comença l'apartat dedicat a la soldadura definint diversos tipus de procediments de soldadura així com les disposicions de les mateixes finalitzant amb les condicions de les peces a

⁵⁵ En barras de gran anchura, con más de dos filas paralelas de roblones o tornillos en dirección del esfuerzo, en las filas interiores, el valor máximo de la distancia s en esta dirección puede ser doble del indicado.



unir, les condicions de la soldadura en sí, així com les relatives a l'execució i els defectes que hi poden haver en les mateixes.

Referent als procediments de soldadura, la normativa començarà explicitant quins son;

Procedimiento I

Soldeo eléctrico manual, por arco descubierto, con electrodo fusible revestido.

Procedimiento II

Soldeo eléctrico semiautomático o automático, por arco en atmósfera gaseosa con alambre-electrodo fusible.

Procedimiento III

Soldeo eléctrico automático, por arco sumergido, con alambre-electrodo fusible desnudo.

Procedimiento IV

Soldeo eléctrico por resistencia.

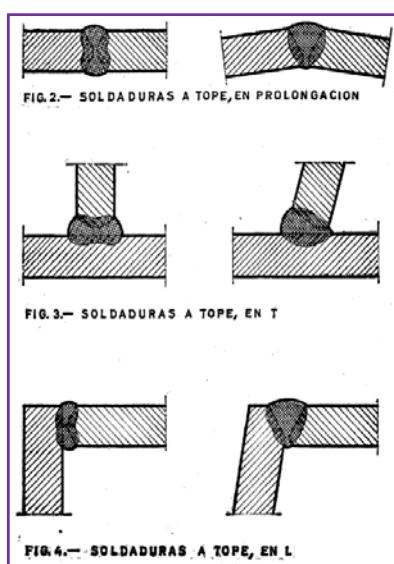
Un altre punt a destacar és el referent a les disposicions de les soldadures.

133

En aquest cas la normativa distingeix si estem enfront una unió soldada pels procediments I,II o III citats anteriorment anteriors o bé segons procediment IV.

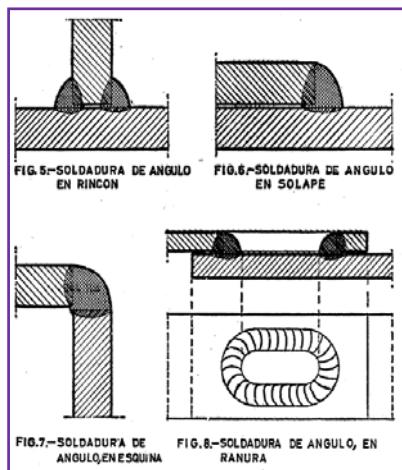
En el primer cas destaca:

Soldaduras a tope, con elementos en prolongación, en T o en L





Soldaduras de ángulo, en rincón, en solape, en esquina o en ranura.

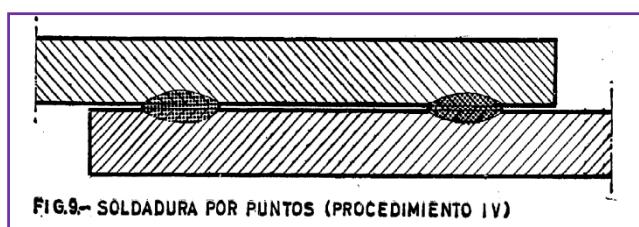


Respete al procediment IV;

Soldadura a tope, con elements en prolongació, en T o en L (vistes anteriorment)

Soldadura per punts.

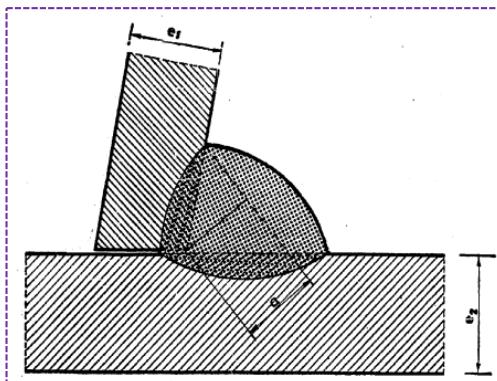
134



De fet, en aquesta tipologia ja es pot veure que la normativa és molt més explícita que els manuals als quals ens havíem referit. Serà a partir d'aquesta dècada dels seixanta quan apareixeran llibres de soldadura que tractin el tema amb més intensitat.

Ara bé, la normativa prendrà una especial rellevància quan defineix dos **paràmetres claus** en el càlcul de les soldadures; el **coll (la garganta)** definida amb el paràmetre **a** i **la longitud eficaç**, definida com a **l**.

Garganta a es la altura del máximo triángulo isósceles, cuyos lados iguales están contenidos en las caras de las dos piezas a unir, inscribible en la sección transversal de la soldadura.



Longitud efectiva l es la longitud real de la soldadura, menos la longitud de los cráteres extremos, cuando existan.

Dins d'aquest context cal destacar un subapartat (3.2.9.) *soldadura en obra* en el qual hi figura una sentència que es considerada com a significativa;

135

Soldaduras en obra i soldaduras en taller

Debe reducirse al mínimo el número de soldaduras a realizar en obra, e incluso se recomienda proyectar para la unión en obra otros medios: tornillos de alta resistencia, etc.

D'especial importància és l'apartat de les prescripcions segons la disposició de la soldadura.

Respecte a *las soldaduras a tope* es suposarà contínua a tota la longitud i amb una penetració completa. La disposició, que presentarà més referències dins la norma, serà **la soldadura d'angle** i és a la que ens referirem més profundament doncs la podem considerar com una de les més emprades dins les construccions metàl·liques⁵⁶.

⁵⁶ S'ha creut que no cal transcriure els altres casos, bé per que són puntuals, bé perquè no afegirien gairebé res més des del punt de vista conceptual; només serien l'aplicació d'un conjunt de fórmules i normes addicionals. Per això es recomana dirigir al lector al PDF de la normativa que al principi s'ha inclòs on es detallen abastament aquests casos.

La garganta a de una soldadura de ángulo que une dos perfiles de espesores $e_1 \leq e_2$, será no menor que el valor máximo que corresponde en la tabla al espesor e_1 , y no menor que el mínimo que corresponde al espesor e_2 si este valor mínimo es menor que el máximo antes especificado.

VALORES LIMITES DE LA GARGANTA DE UNA SOLDADURA EN ANGULO EN UNA UNION DE FUERZA

Espesor de la pieza e mm	Garganta a	
	Valor máximo mm	Valor mínimo mm
4,0 - 4,2	2,5	2,5
4,3 - 4,9	3	2,5
5,0 - 5,6	3,5	2,5
5,7 - 6,3	4	2,5
6,4 - 7,0	4,5	2,5
7,1 - 7,7	5	3
7,8 - 8,4	5,5	3
8,5 - 9,1	6	3,5
9,2 - 9,9	6,5	3,5
10,0 - 10,6	7	4
10,7 - 11,3	7,5	4
11,4 - 12,0	8	4
12,1 - 12,7	8,5	4,5
12,8 - 13,4	9	4,5
13,5 - 14,1	9,5	5
14,2 - 15,5	10	5
15,6 - 16,9	11	5,5
17,0 - 18,3	12	5,5
18,4 - 19,7	13	6
19,8 - 21,2	14	6
21,3 - 22,6	15	6,5
22,7 - 24,0	16	6,5
24,1 - 25,4	17	7
25,5 - 26,8	18	7
26,9 - 28,2	19	7,5
28,3 - 31,1	20	7,5
31,2 - 33,9	22	8
34,0 - 36,0	24	8

En los perfiles con borde redondeado, se toma como espesor nominal e_n del ala, el espesor medido en la tangencia con el cilindro de redondo. En el ángulo de los perfiles [se toma como espesor nominal e_n el medido en la prolongación de la cara inclinada del ala. En el ángulo de los perfiles L y LD se toma como espesor nominal e_n 1,2 veces el espesor e de las alas.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

Los valores máximos de la garganta en las soldaduras en ángulo se dan en la siguiente tabla;

VALORES LÍMITES DE LA GARGANTA DE UNA SOLDADURA EN ÁNGULO EN UNIONES DE FUERZA DE LOS PERFILES I, IB, L, LD, T Y TD

Perfiles I, IB, T y TD	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Perfil	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Garganta a (figura 12) Valor máximo mm
I 60	3	I 60	4	6,5
I 100	3,5	I 100	4,5	7
I 120	4	I 120	4,5	7,5
I 140	4	I 140	5	8,5
I 160	4,5			
		I 160	5,5	9
I 180	5	I 180	5,5	9,5
I 200	5,5	I 200	6	10
I 220	6,5	I 220	6	11
I 240	6,5			
I 260	7			
		I 250,80	7	11
I 280	8	I 250,100	7	14
I 300	8	I 300	9	12
I 320	8,5			
I 340	9,5			
I 360	10			
		Perfiles L y TD	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Garganta a (figura 12) Valor máximo mm
I 380	10	4	2,5	3
I 400	11	5	3,5	4
I 480	13	6	4	5
I 500	14	7	4,5	5,5
		8	5,5	6,5
IB 140	6			
IB 160	7	9	6	7,5
IB 180	7	10	7	8
IB 200	8	11	7,5	9
IB 220	8,5	12	8	10
		13	9	11
L 30,4	2,5			
L 35,4,5	3	14	9,5	11
L 40,5	3,5	15	10	12
L 50,6	4	16	11	13
		17	12	14
		18	12	15
L 60,7	4,5			
L 70,8	5,5	19	13	16
L 80,9	6	20	14	16
L 100,11	7,5	22	15	18
L 100,60,8	5,5	24	16	20
L 100,75,8	5,5	28	19	22

Los valores de la garganta a para las almas y en los perfiles H para los bordes no redondeados las alas, son los definidos en la tabla 4.1.

Se señala que los valores de la tabla pueden dar lugar a módulos inferiores a los de los perfiles.

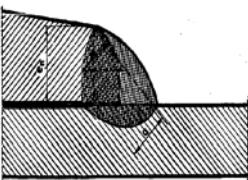


FIGURA 14-ESPESOR NOMINAL e_n EN UN PERFIL DE BORDE REDONDEADO.

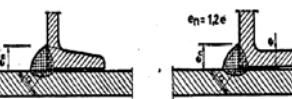


FIGURA 15-ESPESOR NOMINAL e_n EN EL ÁNGULO DE UN PERFIL L.

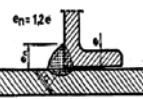
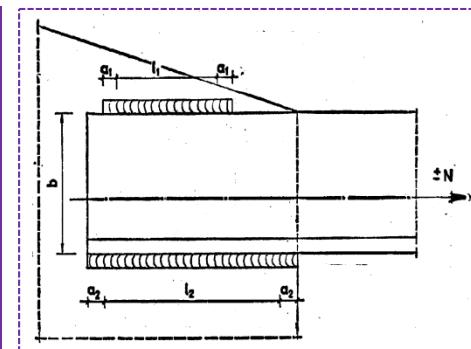


FIGURA 16-ESPESOR NOMINAL e_n EN EL ÁNGULO DE LOS PERFILS L Y TD.

La longitud efectiva l (l_1 o l_2) de una soldadura lateral en la unión de una barra de ancho b que transmite un esfuerzo axial estará comprendida entre los siguientes valores;

1900-1929 1930-1938 1939-1958 **1959-1982** 1983-2000

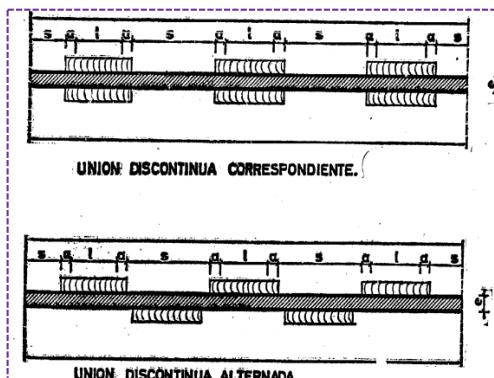


Valor mínimo: $l \geq 15 a$
 $l \geq b$
 Valor máximo: $l \leq 60 a$
 $l \leq 12 b$

Se recomienda unir toda soldadura frontal con las soldaduras laterales, si existe, y si no existieran, prolongarla en las partes laterales en una longitud igual a cuatro veces la garganta.

La unión longitudinal de dos piezas puede ser discontinua, correspondiente o alternada excepto en estructuras sometidas a cargas dinámicas; elementos situados en la intemperie o en ambientes agresivos, o sometidas a temperaturas inferiores a ${}^{\circ}0$ C; uniones que requieran ser estancas.

138

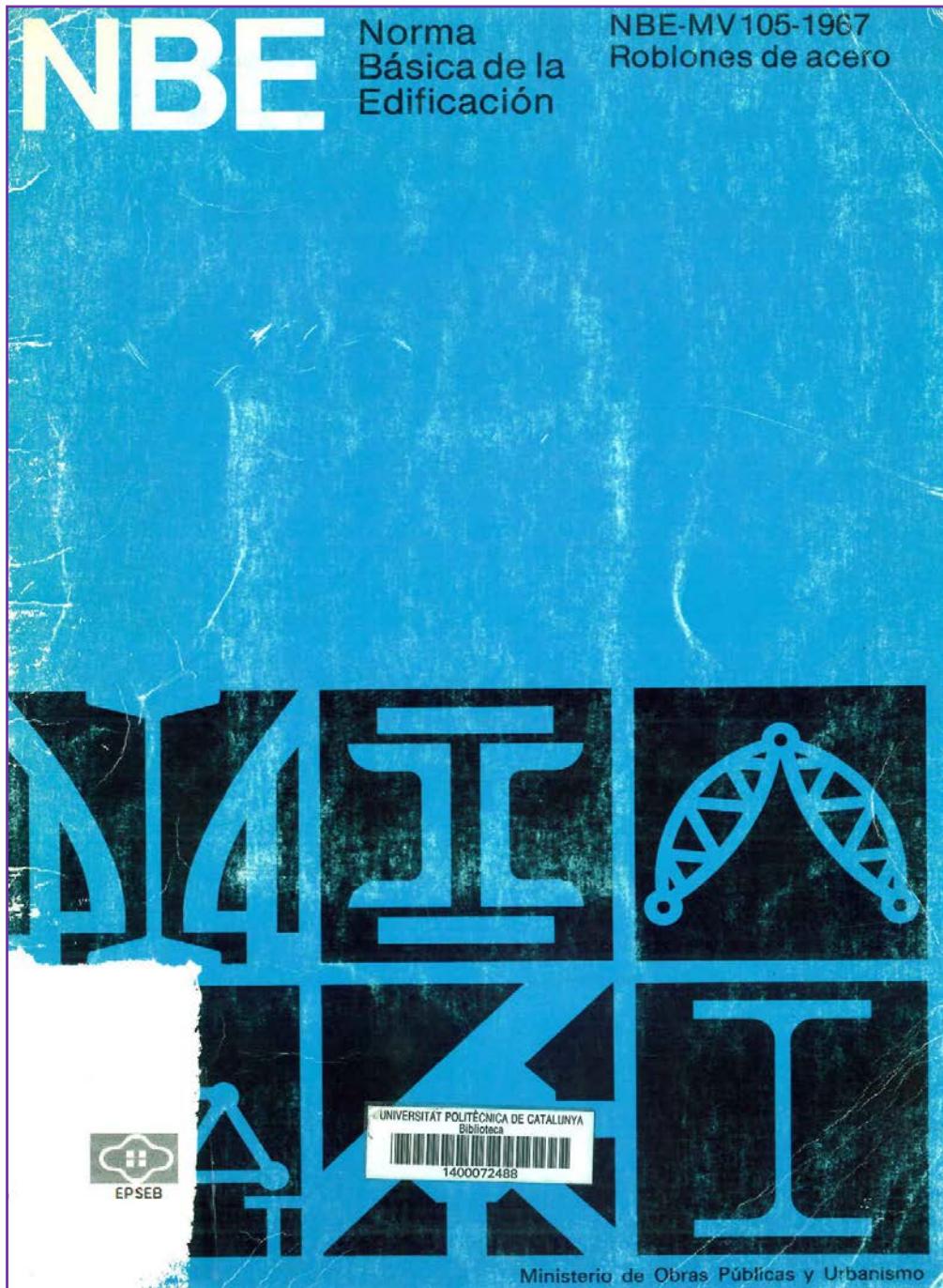


La longitud efectiva l de cada soldadura de unión discontinua tendrá los siguientes

Valor mínimo: $l \geq 5a$
 $l \geq 40$ mm.

La separación s entre soldaduras de una unión discontinua, siendo e el mínimo espesor de los perfiles unidos, tendrá el siguiente valor máximo.

Valor máximo: $s \leq 15 e$ en barras a compresión
 $s \leq 25 e$ en barras a tracción
 $s \leq 300$ mm, en todo caso



139

4.3.1.5. NBE MV 105-1967. Roblones de acero



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Decreto 685/1969, de 30 de enero, por el que se aprueban **las normas MV-105/1967, sobre ROBLONES DE ACERO**; MV-106/1968, sobre TORNILLOS ORDINARIOS Y CALIBRADOS, TUERCAS Y ARANDELAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO, y MV-107/1968, sobre TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA Y SUS TUERCAS Y ARANDELAS.

Publicación: BOE número 96 de 22/4/1969⁵⁷

Referencia: BOE-A-1969-482

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 5935 a 5964

Estructura

Capítulo único.

Roblones de acero

140

Por Decreto 1851/1967, de tres de junio, quedó aprobada la Norma MV ciento cuatro mil novecientos sesenta y seis, para la ejecución de estructuras de acero laminado en la edificación. En esta Norma **se preveía la publicación de otras complementarias relativas a las uniones roblonadas, con tornillos ordinarios y calibrados y con tornillos de alta resistencia**, que han sido ya redactadas por la misma Comisión de expertos que tuvo a su cargo la confección de las anteriores y sobre cuyo proyecto han emitido informe favorable los organismos científicos y técnicos competentes tanto públicos como privados.

Propuesta del Ministro de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

⁵⁷ <http://www.boe.es/boe/dias/1969/04/22/pdfs/A05935-05964.pdf>



Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones y preceptos contradigan el presente decreto, o las prescripciones de las Normas que por el mismo se aprueban.

Abast de la norma

La norma MV 105-1967 **se aplicará a los roblones de acero empleados en caliente en las estructuras de acero laminado.**

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁵⁸.

Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda.

141

JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SANCHEZ-ARJONA

La normativa **MV 105** molt sovint s'agrupa amb les **MV 106** i **MV 107** (de fet al BOE es tracten conjuntament en un sol document).

Tal i com el títol de la Norma clarament indica, s'hi detalla tot el referent als *roblones de acero empleados en caliente en las estructuras de acero laminado* utilitzats a l'època. De fet, aquesta normativa pot semblar una mica ambigua ja que es ve d'una època on el rebló estava explícitament prohibit. Que hi hagi tota una normativa dedicada a ell cal veure-ho com **un nou exemple dels canvis que al país s'estan produint** arran bàsicament del Pla d'Estabilització.

La normativa descriu tres tipus de reblons; de cabota esfèrica, de cabota bombada i de cabota plana, per passar a detallar en cada cas les característiques principals de designació, dimensions, pes i toleràncies dimensionals.

⁵⁸ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Roblones de cabeza esférica

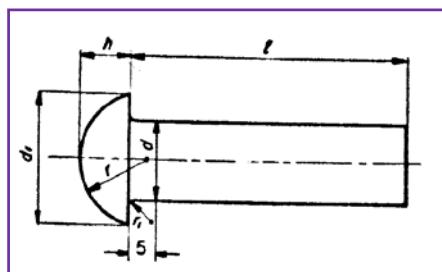


Figura 4.84 Reblons de cabota esférica.

Los roblones de cabeza esférica se designan con la sigla E, el diámetro de la caña, la longitud de la caña y la referencia a la Norma.

DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA ESFERICA						
Roblón tipo	Diámetro de la caña mm	Diámetro de la cabeza d mm	Altura de la cabeza h mm	Radio de la esfera r mm	Radio del acuedo r mm	Diámetro del agujero a mm
E 10	10	16	6,5	8	0,5	11
E 12	12	19	7,5	9,5	0,6	13
E 14	14	22	9	11	0,6	15
E 16	16	25	10	13	0,8	17
E 18	18	28	11,5	14,5	0,8	19
E 20	20	32	13	16,5	1	21
E 22	22	36	14	18,5	1	23
E 24	24	40	16	20,5	1,2	25
E 27	27	43	17	22	1,2	28
E 30	30	48	19	24,5	1,6	31
E 33	33	53	21	27	1,6	34
E 36	36	58	23	30	2	37

Figura 4.85 Dimensions dels reblons de cabota esférica.

142

Roblones de cabeza bombeada

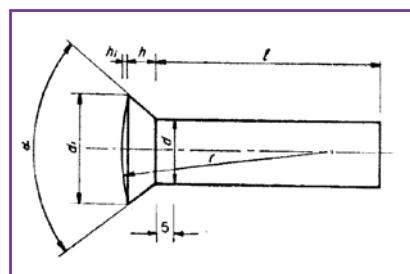


Figura 4.86 Reblons cabota bombada.

Los roblones de cabeza bombeada se designan con la sigla B, el diámetro de la caña, la longitud de la caña y la referencia a la Norma.

1900-1929

1930-1938

1939-1958

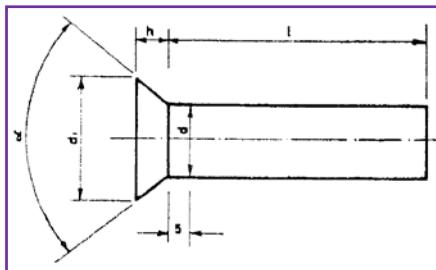
1959-1982

1983-2000

DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA BOMBEADA							
Roblón tipo	Diámetro de la caña d mm	Ángulo del cono α grados	Diámetro de la cabeza d_c mm	Altura de la cabeza h mm	Piecha de la cabeza h_s mm	Radio de la esfera r mm	Diámetro del agujero a mm
B 10	10	75°	14,5	3	1	27	11
B 12	12	75°	18	4	1	41	13
B 14	14	75°	21,5	5	1	58	15
B 16	16	75°	26	6,5	1	85	17
B 18	18	75°	30	8	1	113	19
B 20	20	60°	31,5	10	1	125	21
B 22	22	60°	34,5	11	2	76	23
B 24	24	60°	38	12	2	91	25
B 27	27	60°	42	13,5	2	111	28
B 30	30	45°	42,5	15	2	114	31
B 33	33	45°	46,5	16,5	2	136	34
B 36	36	45°	51	18	2	164	37

Figura 4.87 Dimensions dels reblons de cabota bombada.

Roblones de cabeza plana



143

Figura 4.88 Reblons cabota plana.

Los roblones de cabeza plana se designan con la sigla P, el diámetro de la caña, la longitud de la caña y la referencia a la Norma.

DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA PLANA					
Roblón tipo	Diámetro de la caña d mm	Ángulo del cono α grados	Diámetro de la cabeza d_c mm	Altura de la cabeza h mm	Diámetro del agujero a mm
P 10	10	75°	14,5	3	11
P 12	12	75°	18	4	13
P 14	14	75°	21,5	5	15
P 16	16	75°	26	6,5	17
P 18	18	75°	30	8	19
P 20	20	60°	31,5	10	21
P 22	22	60°	34,5	11	23
P 24	24	60°	38	12	25
P 27	27	60°	42	13,5	28
P 30	30	45°	42,5	15	31
P 33	33	45°	46,5	16,5	34
P 36	36	45°	51	18	37

Figura 4.89 Dimensions dels reblons de cabota plana.

L'acer utilitzat en la fabricació dels reblons té les característiques que s'indiquen a la taula que s'annexa a continuació.



CLASES DE ACERO PARA ROBLONES				
Clase de acero de los roblones	Resistencia a tracción τ mín. máx. kg/mm ²	Alargamiento de rotura δ mín. %	Resistencia a cortadura τ_w mín. máx. kg/mm ²	Tipo de acero de los productos a unir
A 34 b				A 37
A 34 c	34 a 42	28	25 a 36	A 42
A 42 c	42 a 50	23	31 a 42	A 52

La composición química de estos aceros se ajustará a lo que prescribe la Norma MV 102.

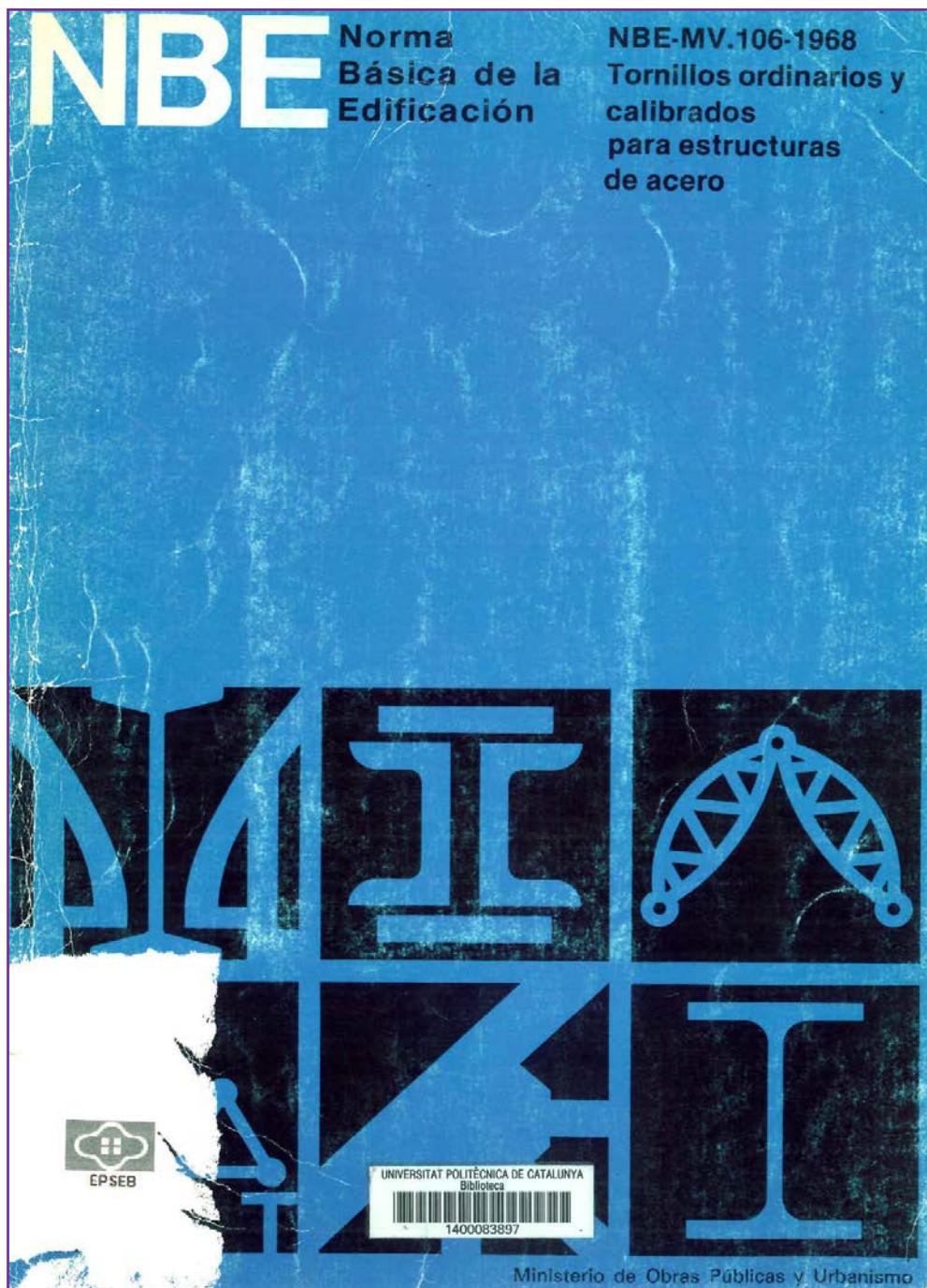
Figura 4.90 Tipus d'acer per a reblons.

La norma clou amb les notacions per als plànols de taller pels distints reblons.

REPRESENTACION DE LOS ROBLONES	
Signos para la representación de los roblones en los planos de taller. En el ángulo superior izquierdo se rotulará el diámetro del agujero. A modo de ejemplo, los signos corresponden al roblón 22, con agujero de 23.	
Cabeza esférica arriba y abajo	²³
Cabeza esférica arriba y bombeada abajo	²³
Cabeza esférica abajo y bombeada arriba	²³
Cabeza bombeada arriba y abajo	²³
Cabeza esférica arriba y plana abajo	²³
Cabeza esférica abajo y plana arriba	²³
Cabeza plana arriba y abajo	²³
La cabeza se ejecutará en obra	²³
El agujero se taladrará en obra	²³

144

Figura 4.91 Representació del reblons.



145

4.3.1.6. NBE MV 106-1968. Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Decreto 685/1969, de 30 de enero, por el que se aprueban las normas MV-105/1967, sobre ROBLONES DE ACERO; **MV-106/1968, sobre TORNILLOS ORDINARIOS Y CALIBRADOS, TUERCAS Y ARANDELAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO**, y MV-107/1968, sobre TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA Y SUS TUERCAS Y ARANDELAS.

Publicación: BOE número 96 de 22/4/1969⁵⁹

Referencia: BOE-A-1969-482

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 5935 a 5964

Estructura

Capítulo único.

Tornillos ordinarios y calibrados para estructuras de acero.

146

Por Decreto 1851/1967, de tres de junio, quedó aprobada la Norma MV ciento cuatro mil novecientos sesenta y seis, para la ejecución de estructuras de acero laminado en la edificación. En esta Norma **se preveía la publicación de otras complementarias relativas a las uniones roblonadas, con tornillos ordinarios y calibrados y con tornillos de alta resistencia**, que han sido ya redactadas por la misma Comisión de expertos que tuvo a su cargo la confección de las anteriores y sobre cuyo proyecto han emitido informe favorable los organismos científicos y técnicos competentes tanto públicos como privados.

Propuesta del Ministro de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

⁵⁹ <http://www.boe.es/boe/dias/1969/04/22/pdfs/A05935-05964.pdf>



Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones y preceptos contradigan el presente decreto, o las prescripciones de las Normas que por el mismo se aprueban.

Abast de la norma

La norma MV 106-1968 **se aplicará a los tornillos, tuercas y arandelas de acero empleados en las estructuras de acero laminado**, con excepción de los tornillos de alta resistencia, objeto de la Norma MV 107.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁶⁰.

Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda.

147

JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SANCHEZ-ARJONA

Si la normativa prèvia era dedicada exclusivament als reblons, la **MV 106** estudiarà **els cargols (ordinaris i calibrats), les rosques i les volanderes** tot deixant els cargols d'alta resistència per a la normativa posterior.

Parteix que los *tornillos y tuercas tienen rosca triangular ISO* tot i annexant-ne les característiques.

DIMENSIONES NOMINALES DE LA ROSCA TRIANGULAR ISO					
Diámetro nominal $d = D$ mm	Paso P mm	Diámetro interior d_i mm	Diámetro medio d_m mm	Profundidad de la rosca H mm	Radio del fondo r mm
10	1,5	8,160	9,026	0,812	0,217
12	1,75	9,853	10,883	0,947	0,253
16	2	13,546	14,701	1,083	0,289
20	2,5	16,933	18,376	1,353	0,361
22	2,5	18,933	20,376	1,353	0,361
24	3	20,319	22,051	1,624	0,433
27	3	23,319	25,051	1,624	0,433
30	3,5	25,706	27,727	1,894	0,505
33	3,5	28,706	30,727	1,894	0,505
36	4	31,093	33,402	2,165	0,577

Figura 4.92 Dimensions nominals de les rosques.

⁶⁰ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>

Un cop feta la introducció ja passa a l'estudi dels cargols i com en el cas anterior passa a subdividir-los per indicar en cada un dels casos la seva designació, les dimensions, les toleràncies i per últim les seves condicions d'ús.

Tornillos ordinarios

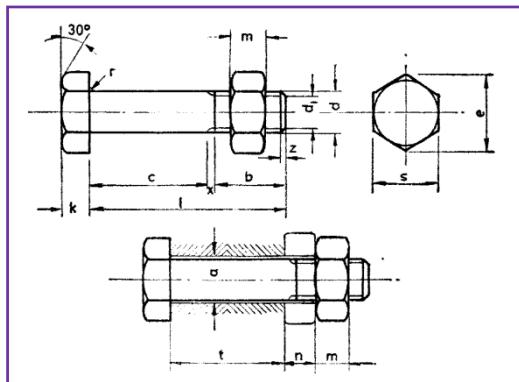


Figura 4.93 Cargols ordinaris

Los tornillos ordinarios se designan con la sigla T, el diámetro de la caña, la longitud del vástago, el tipo de acero y la referencia a la Norma.

148

DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS ORDINARIOS													
Tornillo tipo	Vástago					Cabeza					Diámetro del agujero	Área neta del núcleo	Área resistente
	Diámetro de la caña d mm	Diámetro interior d _i mm	Largo-itud roscada b mm	Largo-itud de la salida z mm	Largo-itud del chafán z _m mm	Espesor k mm	Medida entre caras s mm	Medida entre aristas e mm	Radio del acuedro r mm	a mm			
T 10	16	8,160	17,5	2,5	1,7	7	17	19,6	0,5	11	0,523	0,580	
T 12	12	9,863	19,5	2,5	2	8	19	21,9	1	13	0,762	0,843	
T 16	16	13,546	23	3	2,5	10	24	27,7	1	17	1,44	1,57	
T 20	20	16,933	25	4	3	13	30	34,6	1	21	2,25	2,75	
(T 22)	22	18,933	28	4	3,3	14	32	36,9	1	23	2,82	3,03	
T 24	24	20,319	29,5	4,5	4	15	36	41,6	1	25	3,24	3,53	
(T 27)	27	23,319	32,5	4,5	4	17	41	47,3	1	28	4,27	4,56	
T 30	30	25,706	35	5	5	19	46	53,1	1	31	5,19	5,61	
(T 33)	33	28,706	38	5	5	21	50	57,7	1	34	6,47	6,94	
T 36	36	31,093	40	6	6	23	55	63,5	1	37	7,59	8,17	

Se recomienda no utilizar los tornillos cuyo tipo figura entre paréntesis

Figura 4.94 Dimensions dels cargols ordinaris.

La normativa fixa que aquests cargols es poden emprar amb productes d'acer **A37** i **acer A42** en canvi prohibeix el seu ús amb **acer A52**.



Tornillos calibrados

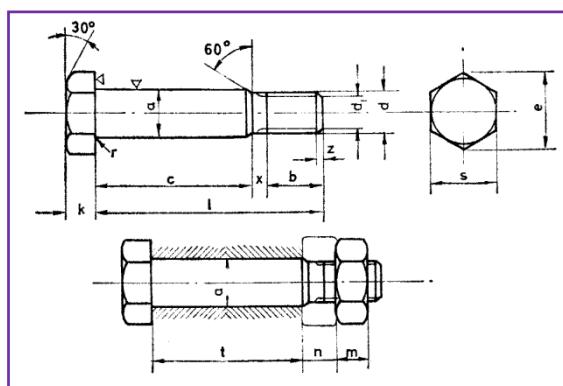


Figura 4.95 Cargols calibrats.

Los tornillos calibrados se designan con la sigla **TC**, el diámetro de la espiga, la longitud del vástago, el tipo de acero y la referencia a la Norma.

149

DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS CALIBRADOS												
Tornillo calibrado tipo	Vástago						Cabeza					
	Diametro de la caña y del agujero a mm	Diametro exterior de la rosca d mm	Diametro interior de la rosca d. mm	Longitud de la rosca a mm	Longitud de la raída x mm	Espesor e mm	Medida entre canas z mm	Medida entre arrabes y mm	Radio del acerado r mm	A. mm	A. cm	A. cm ²
TC 10	11	10	8,160	17,5	2,5	7	17	19,6	0,5	0,523	0,580	
TC 12	13	12	9,853	19,5	2,5	8	19	21,9	1	0,763	0,843	
TC 16	17	16	13,546	23	3	10	14	27,7	1	1,44	1,57	
TC 20	21	20	16,933	26	4	13	30	34,5	1	2,55	2,75	
TC 22	23	22	18,933	28	4	14	32	36,9	1	2,82	3,03	
TC 24	25	24	20,319	29,5	4,5	15	33	41,6	1	3,24	3,53	
TC 27	28	27	23,319	32,5	4,5	17	41	47,3	1	4,27	4,59	
TC 30	31	30	25,706	35	5	19	46	53,1	1	5,19	5,61	
TC 33	34	33	28,706	38	5	21	50	57,7	1	6,47	6,94	
TC 36	39	36	31,093	40	6	23	55	63,5	1	7,59	8,17	

Figura 4.96 Dimensions dels cargols calibrats.

En aquest cas la normativa indica el seu ús amb productes d'acer **A37**, acer **A42** i acer **A52**.

A la segona part de la normativa s'especifiquen les característiques de les rosques i les volanderes (*tuercas y arandelas*).

Las **tuercas** se emplean indistintamente para tornillos ordinarios y tornillos calibrados. Las **arandelas negras** se emplean para tornillos ordinarios; las **arandelas pulidas** se recomiendan para tornillos calibrados.



Tuercas

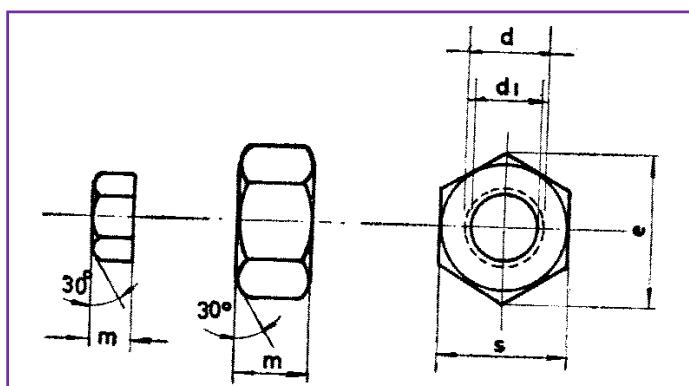


Figura 4.97 Rosca

Se designan con la sigla M , el diámetro nominal, el tipo de acero y la referencia a la Norma.

150

T U E R C A S						
Tuerca tipo	Dimensiones					Peso de 1000 piezas kg
	Diámetro nominal D mm	Diámetro interior D_1 mm	Espesor m mm	Medida entre aristas e mm	Medida entre caras s mm	
M 10	10	8,376	8	19,6	17	10,9
M 12	12	10,106	10	21,9	19	15,9
M 16	16	13,835	13	27,7	24	30,8
M 20	20	17,294	16	34,6	30	60,3
M 22	22	19,294	18	36,9	32	80,2
M 24	24	20,725	19	41,6	36	103
M 27	27	23,752	22	47,3	41	154
M 30	30	26,211	24	53,1	46	216
M 33	33	29,211	26	57,7	50	271
M 36	36	31,670	29	63,5	55	369

Figura 4.98 Dimensions de les rosques

Arandelas

La normativa fa una distinció entre dos tipus de volanderes a emprar; les **volanderes negres** i les **volanderes polides**.

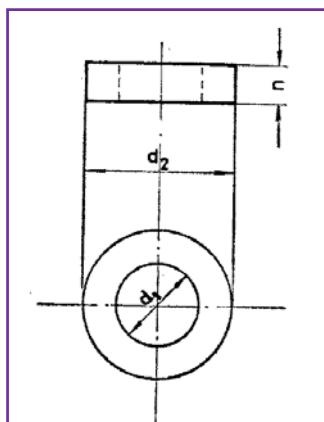


Figura 4.99 Volandera negra

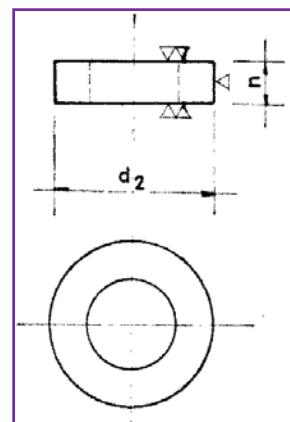


Figura 4.100 Volandera polida



Las arandelas negras se designan con la sigla A, el diámetro nominal del tornillo con que se emplean y la referencia a la Norma.

Las arandelas pulidas tienen la misma forma que las negras, diferenciándose en el grado de mecanizado de las caras. Se designan empleando la sigla AP.

ARANDELAS NEGRAS Y PULIDAS				
Arandela tipo	Dimensiones			Peso de 1000 piezas
	Diámetro del agujero d_i mm	Diámetro exterior d_e mm	Espesor n mm	
A 10 y AP 10	11,5	21	8	15,2
A 12 y AP 12	13,5	24	8	19,5
A 16 y AP 16	17,5	30	8	29,3
A 20 y AP 20	21,5	36	8	41,5
A 22 y AP 22	24	40	8	51,0
A 24 y AP 24	26	44	8	61,5
A 27 y AP 27	29	50	8	81,6
A 30 y AP 30	32	56	8	104
A 33 y AP 33	35	60	8	117
A 36 y AP 36	38	68	8	157

Figura 4.101 Dimensions de les volanderes negres i llises

151

Arandelas para I

Aranelas a emplear sobre las alas de los perfiles I. Tienen una ranura, que quedará colocada en la cara exterior y paralela al borde del perfil.

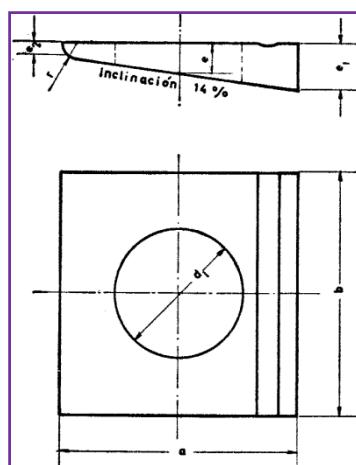


Figura 4.102 Volandera per a I.

Se designan con la sigla AI, el diámetro del tornillo con que emplean y la referencia a la Norma.

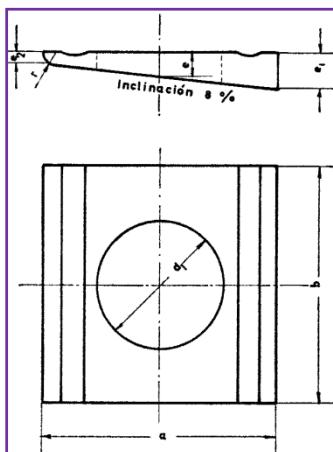


ARANDELAS PARA I								
Arandela tipo	Diámetro del agujero d, mm	Lado a mm	Testa b mm	Espesor			Radio r mm	Peso de 1000 piezas kg
				Mayor e, mm	Medio e med, mm	Menor e, mm		
AI 10	11,5	22	22	4,6	3	1,5	1,2	9,1
AI 12	13,5	30	26	6,2	4	2	1,6	20,2
AI 16	17,5	36	32	7,5	5	2,5	2	35,2
AI 20	21,5	44	40	9	6	3	2,4	64,4
AI 22	24	50	44	10	6,5	3	2,4	87,3
AI 24	26	56	56	10,8	7	3	2,4	139
AI 27	29	62	56	11,7	7,5	3	2,4	157
AI 30	32	62	62	11,7	7,5	3	2,4	174
AI 33	35	68	68	12,5	8	3	2,4	221
AI 36	38	75	75	13,5	8	3	2,4	267

Figura 4.103 Dimensions per a les volanderes en I.

Arandelas para U

Aranelas a emplear sobre las alas de los perfiles U. Tienen dos ranuras, que quedaran colocadas en la cara exterior y paralelas al borde del perfil.



152

Figura 4.104 Volandera per a U

Se designan con las siglas **AU**, el diámetro nominal del tornillo con que se emplean y la referencia a la Norma.

ARANDELAS PARA I								
Arandela tipo	Diámetro del agujero d, mm	Lado a mm	Testa b mm	Espesor			Radio r mm	Peso de 1000 piezas kg
				Mayor e, mm	Medio e med, mm	Menor e, mm		
AU 10	11,5	22	22	3,8	3	2	1,6	8,7
AU 12	13,5	30	26	4,9	4	2,5	2	18,2
AU 16	17,5	36	32	5,9	4,5	3	2,4	31,4
AU 20	21,5	44	40	7	5	3,5	2,8	55,9
AU 22	24	50	44	8	6	4	3,2	80,5
AU 24	26	56	56	8,5	6	4	3,2	127
AU 27	29	62	56	9	6,5	4	3,2	140
AU 30	32	62	62	9	6,5	4	3,2	153
AU 33	35	68	68	9,4	7	4	3,2	190
AU 36	38	75	75	10	7	4	3,2	243

Figura 4.105 Dimensions de les volanderes per a U.



Per a fabricar cargols i rosques la normativa prescriu la tipologia d'acer a emprar amb les característiques donades per als següent taula:

ACERO DE LOS TORNILLOS						
Clase de tornillos y sus tuercas	Tipo de acero de productos a unir	Tipo de acero de los tornillos	Resistencia a tracción σ_u mín., máx. kg/mm ²	Límite de fluencia σ_s mín. kg/mm ² *	Alargamiento de rotura δ mín. %	Dureza Brinell Diametro de la huella mm
Ordinarios	A 37	A4t	34 a 55	21	25	5,93 a 4,74
	A 42					
Calibrados	A 37	A4t	34 a 55	21	25	5,93 a 4,74
	A 42					
	A 52	A5t	50 a 70	28	22	4,96 a 4,21

El número que designa el acero es indicativo de su resistencia a tracción.
La cifra de la dureza Brinell es solamente orientativa.

Figura 4.106 Tipus d'acer

En aquest cas també la norma clou amb les notacions per als plànols de taller pels distints cargols.

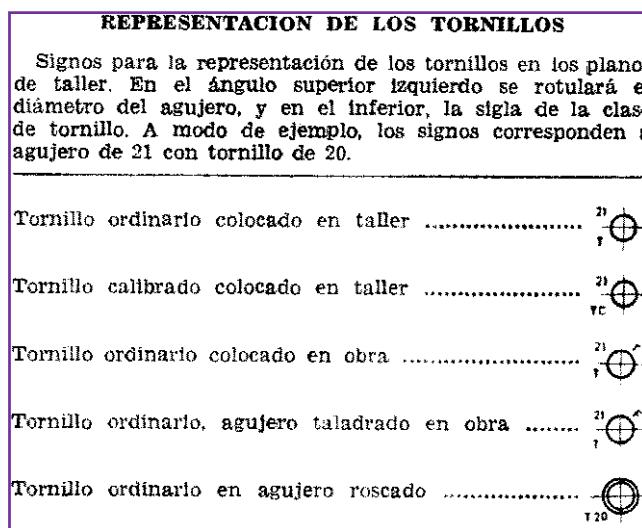
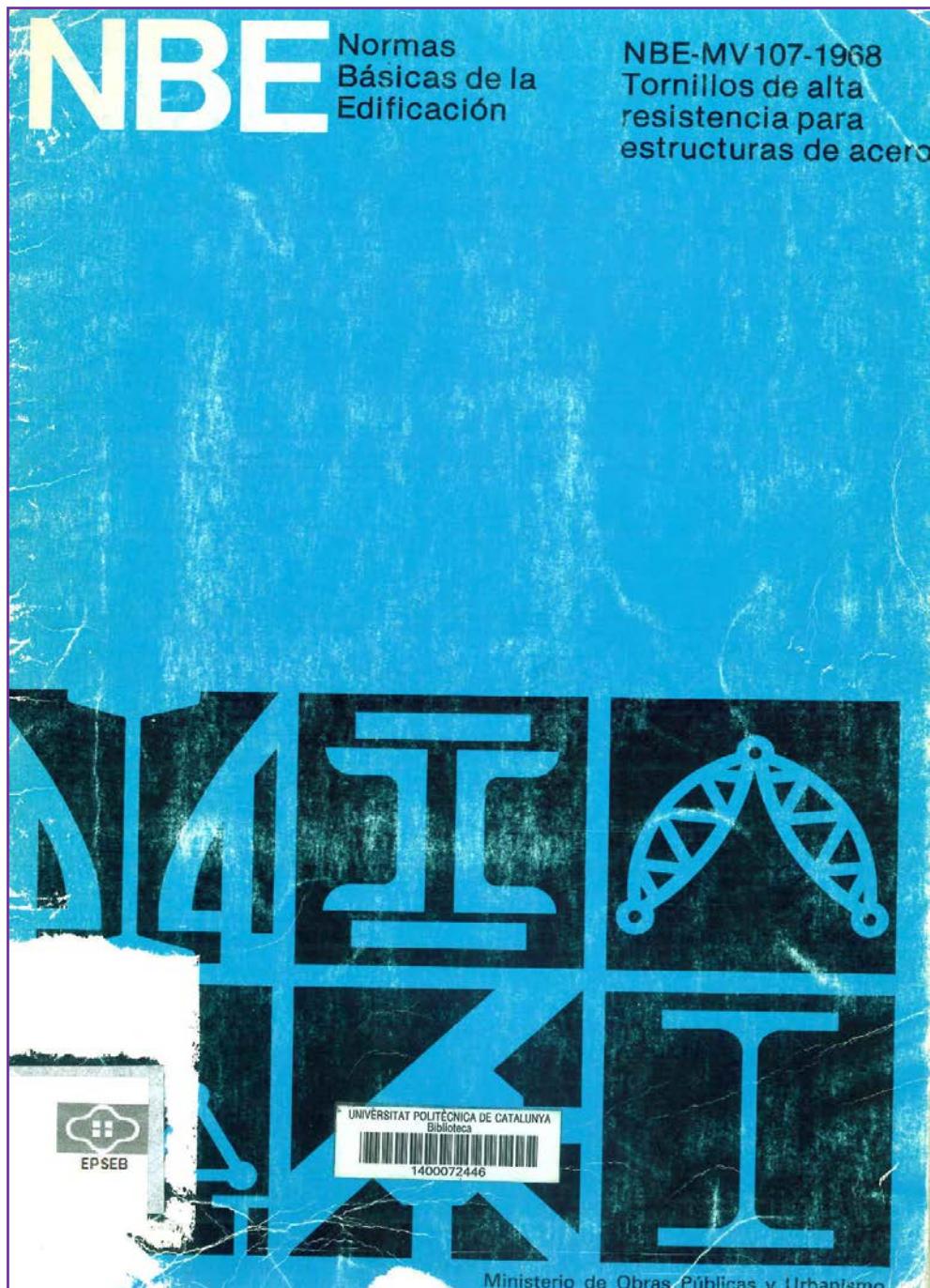


Figura 4.107 Representació dels cargols.



4.3.1.7. NBE MV 107-1968. Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Decreto 685/1969, de 30 de enero, por el que se aprueban las normas MV-105/1967, sobre ROBLONES DE ACERO; MV-106/1968, sobre TORNILLOS ORDINARIOS Y CALIBRADOS, TUERCAS Y ARANDELAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO, y **MV-107/1968, sobre TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA Y SUS TUERCAS Y ARANDELAS.**

Publicación: BOE número 96 de 22/4/1969⁶¹

Referencia: BOE-A-1969-482

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 5935 a 5964

Estructura

Capítulo único.

Tornillos de alta resistencia para estructuras de acero.

155

Por Decreto 1851/1967, de tres de junio, quedó aprobada la Norma MV ciento cuatro/mil novecientos sesenta y seis, para la ejecución de estructuras de acero laminado en la edificación. En esta Norma **se preveía la publicación de otras complementarias relativas a las uniones roblonadas, con tornillos ordinarios y calibrados y con tornillos de alta resistencia**, que han sido ya redactadas por la misma Comisión de expertos que tuvo a su cargo la confección de las anteriores y sobre cuyo proyecto han emitido informe favorable los organismos científicos y técnicos competentes, tanto públicos como privados.

Propuesta del Ministro de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

⁶¹ <http://www.boe.es/boe/dias/1969/04/22/pdfs/A05935-05964.pdf>



Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones y preceptos contradigan el presente decreto, o las prescripciones de las Normas que por el mismo se aprueban.

Abast de la norma

La norma MV 107-1968 **se aplicará a los tornillos de alta resistencia empleados en las estructuras de acero, así como a sus tuercas y arandelas.**

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁶².

Firma

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda.

156

JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SANCHEZ-ARJONA

La normativa **MV 107** inclou la definició d'un nou tipus de cargol; el **cargol d'alta resistència**. Fruit novament dels nous temps i dels nous reptes que el país va prenent apareix aquesta nova tipologia, si més no **apareix per primera vegada oficialment reglamentada**. L'esquema que fa servir per presentar-lo és pràcticament idèntic al cas vist a la normativa anterior.

Novament es parteix del fet que *tornillos y tuercas tendrán rosca triangular ISO* amb les característiques següents:

DIMENSIONES NOMINALES DE LA ROSCA TRIANGULAR ISO					
Diámetro nominal $d = D$ mm	Paso P mm	Diámetro interior d_i mm	Diámetro medio d_m mm	Profundidad de la rosca H mm	Radio del fondo r mm
12	1.75	9,853	10,863	0,947	0,253
16	2	13,546	14,701	1,083	0,289
20	2,5	16,933	18,376	1,353	0,361
22	2,5	18,933	20,376	1,353	0,361
24	3	20,319	22,051	1,624	0,433
27	3	23,319	25,051	1,624	0,433

Figura 4.108 Dimensions nominals de les rosques.

⁶² <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Tornillos

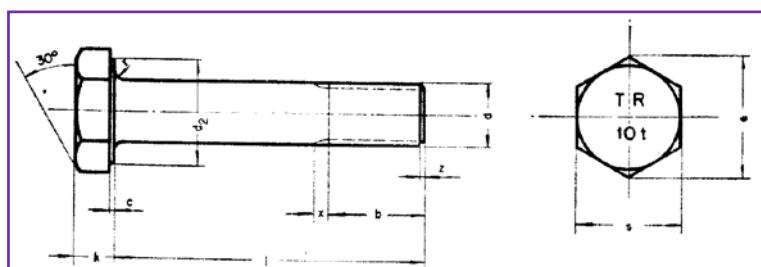


Figura 4.109 Cargols d'alta resistència.

Los tornillos de alta resistencia se designan con la sigla TR, el diámetro de la caña, la longitud del vástago, el tipo de acero y la referencia a la Norma.

DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA											
Tornillo tipo	Diámetro de la caña <i>d</i> mm	VÁSTAGO					CABEZA				
		<i>l</i> mm	<i>b</i> mm	<i>x</i> mm	<i>b</i> mm	<i>t</i> mm	Espesor <i>k</i> mm	Medida entre caras <i>s</i> mm	Medida entre aristas <i>e</i> mm	Diametro exterior de la base de la cabeza <i>d</i> , (min.) mm	Radio del acuedo <i>r</i> mm
TR 12	12	≤ 40	21	≤ 45	23	2.5	8	22	25.4	20	1.6
TR 16	16	≤ 76	26	≤ 75	28	3	10	27	31.2	25	1.6
TR 20	20	≤ 85	31	≤ 90	33	4	13	32	36.9	30	2
TR 22	22	≤ 85	32	≤ 90	34	4	14	36	41.6	34	2
TR 24	24	≤ 85	34	≤ 90	37	4.5	15	41	47.3	39	2
TR 27	27	≤ 95	37	≤ 100	39	4.5	17	46	53.1	43.5	2.5

Figura 4.110 Dimensions dels cargols d'alta resistència.

Un aspecte important d'aquesta tipologia de cargols és l'anomenada *longitud d'apretament*.

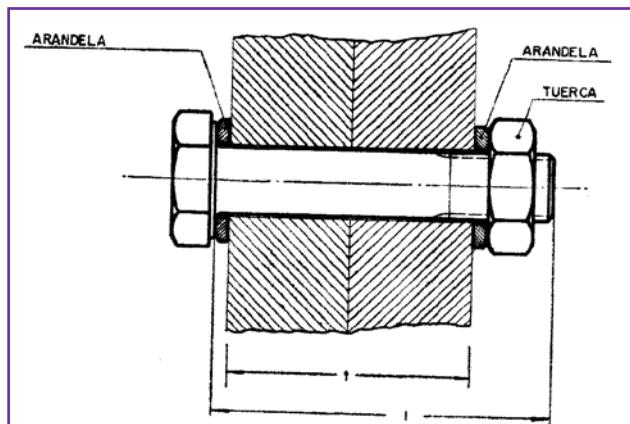


Figura 4.111 Longitud d'apretament

Al respecte la normativa indica,

Los límites de la **longitud de apretadura t** , es decir, de la suma de los espesores de las piezas a unir, recomendados para cada tipo de tornillo de alta resistencia, en función de la longitud de su vástago son:

Longitud del vástago mm	Límites de la longitud de apretadura, t , en mm, de los tornillos del tipo					
	TR 12	TR 16	TR 20	TR 22	TR 24	TR 27
30	6-10					
35	11-14					
40	15-19	10-14				
45	20-24	15-19				
50	25-29	20-23	15-19			
55	30-34	24-28	20-24	19-23		
60	35-38	29-33	25-29	24-28	22-26	
65	39-43	34-38	30-34	29-33	27-31	
70	44-48	39-43	35-39	34-37	32-36	27-31
75		44-48	40-44	38-42	37-41	32-36
80		49-52	45-49	43-47	42-46	37-41
85		53-57	50-53	48-52	47-50	42-46
90		58-62	54-58	53-57	51-55	47-51
95		63-67	59-63	58-62	56-60	52-56
100		68-72	64-68	63-67	61-65	57-61
105		73-77	69-73	68-72	66-70	62-66
110			74-78	73-77	71-75	67-71
115			79-83	78-82	76-80	72-76
120			84-88	83-86	81-85	77-80
125			89-92	87-91	86-89	81-85
130			93-97	92-96	90-94	86-90
135					95-99	91-95
140					100-104	96-100
145					105-109	101-105
150					110-114	106-110
155						111-115
160						116-120

Figura 4.112 Longitud d'apretament dels cargols d'alta resistència.

Tuerces

Seguint l'esquema plantejat a la normativa anterior es presenten a continuació les rosques i les volanderes.

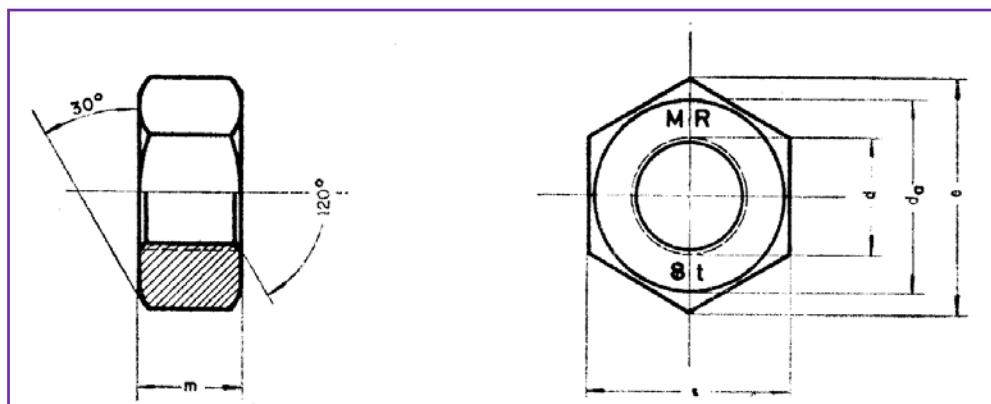


Figura 4.113 Rosques.

Se designan con la sigla **MR**, el diámetro nominal, el tipo de acero y la referencia a la Norma.

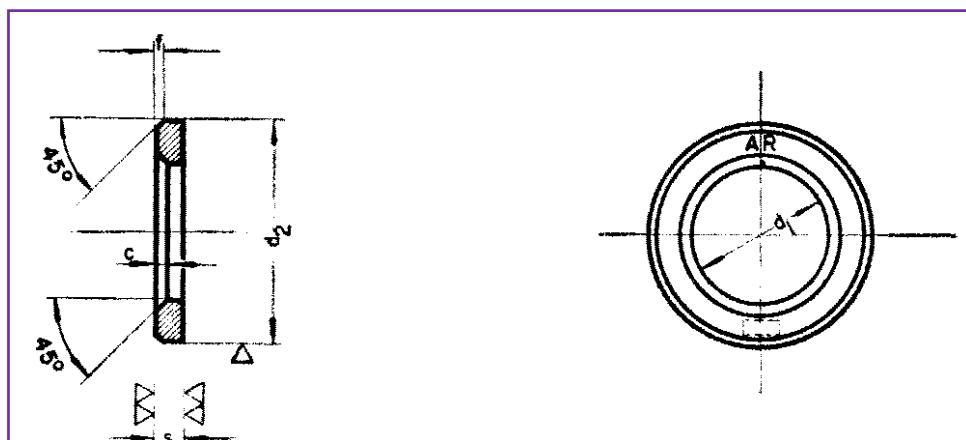
1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

TURCAS DE ALTA RESISTENCIA						
Tuerca tipo	Dimensiones					Peso de 1000 piezas kg
	Diámetro nominal d mm	Diámetro de la cara de apoyo d. mm	Espesor m mm	Medidas entre aristas e mm	Medidas entre caras s mm	
MR 12	12	20	10	25,4	22	23,3
MR 16	16	25	13	31,2	27	44,8
MR 20	20	30	16	36,9	32	73,9
MR 22	22	34	18	41,6	36	104
MR 24	24	39	19	47,3	41	155
MR 27	27	43,5	22	53,1	46	224

Figura 4.114 Dimensions de les rosques.

Arandelas

En aquest cas la normativa no fa la distinció de l'anterior en quant a diferent tipologia de volanderes. Totes són considerades com a normals i amb una óptima qualitat de fabricació tal i com es dedueix de l'esquema normatiu de les mateixes que s'acompanya.



159

Figura 4.115 Volandera normal.

Las arandelas para tornillos de alta resistencia se designan con la sigla **AR**, el diámetro nominal del tornillo con que se emplean y la referencia de la Norma.

Arandela tipo	Dimensiones					Peso de 1000 piezas kg
	Diámetro interior d. mm	Diámetro exterior d. mm	Espesor s mm	Profundidad del bisel interior e mm	Profundidad del bisel exterior f mm	
AR 12	13	24	3	1,8	0,5	7,03
AR 16	17	30	4	1,8	1,0	14,6
AR 20	21	36	4	1,8	1,0	20,0
AR 22	23	40	4	2,0	1,0	24,8
AR 24	25	44	4	2,0	1,0	39,6
AR 27	28	50	5	2,5	1,0	50,2

Figura 4.116 Dimensions de les volanderes.



Arandelas para I

Arandelas para tornillos de alta resistencia a emplear sobre las caras interiores de las alas de los perfiles I. El bisel y la ranura indicados en la figura son preceptivos

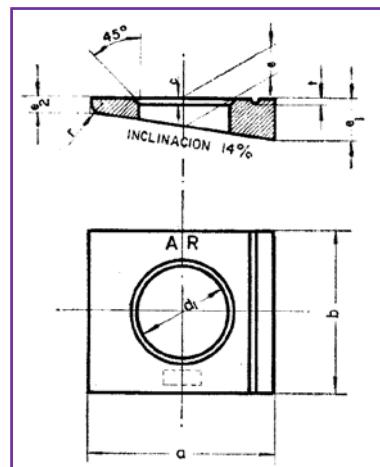


Figura 4.117 Volandera per a I.

Se designan con la sigla ARI, el diámetro nominal del tornillo con que se emplean y la referencia a la Norma.

160

ARANDELAS DE ALTA RESISTENCIA PARA I										
Arandela tipo	Diámetro del agujero d, mm	Lado a, mm	Testa b, mm	Espesor			Radio r, mm	Profundidad del bisel c, mm	Profundidad de ranura t, mm	Peso de 1000 piezas, kg
				Mayor e, mm	Medio e, mm	Menor e, mm				
ARI 12	13	30	26	6,2	4	2,0	1,6	1,5	0,7	20,3
ARI 16	17	36	32	7,5	5	2,5	2,0	1,5	0,8	35,3
ARI 20	21	44	40	9,2	6	3,0	2,4	1,5	0,9	64,8
ARI 22	23	50	44	10,0	6,5	3,0	2,4	2,0	1,0	87,9
ARI 24	25	56	56	10,8	7	3,0	2,4	2,0	1,0	140
ARI 27	28	56	56	10,8	7	3,0	2,4	2,5	1,0	126

Figura 4.118 Dimensions per a les volanderes en I.

Arandelas para U

Arandelas para tornillos de alta resistencia a emplear sobre las caras interiores de las alas de los perfiles U. El bisel y las dos ranuras indicados en la figura son preceptivos.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

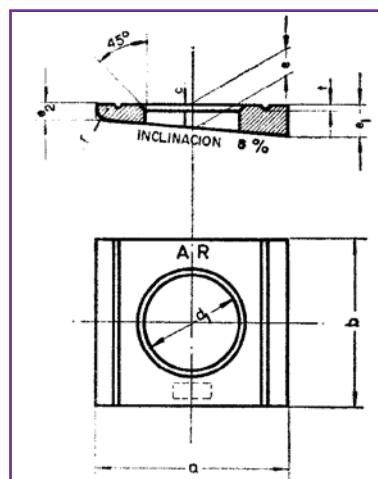


Figura 4.119 Volandera per a U

Se designan con la sigla **ARU**, el diámetro nominal del tornillo con que se emplean y la referencia a la Norma.

ARANDELAS DE ALTA RESISTENCIA PARA I										
Arandelas tipo	Diámetro del agujero d , mm	Lado a , mm	Testa b , mm	Espesor			Radio r , mm	Profundidad del bisel c , mm	Profundidad de ranura t , mm	Peso de 1000 piezas, kg
				Mayor e_m , mm	Medio $e_m =$, mm	Menor e_s , mm				
ARU 12	13	30	26	4,9	4,0	2,5	2,0	1,5	0,7	18,3
ARU 16	17	36	32	5,9	4,5	3,0	2,4	1,5	0,8	31,5
ARU 20	21	44	40	7,0	5,0	3,5	2,8	1,5	0,9	56,3
ARU 22	23	50	44	8,0	6,0	4,0	3,2	2,0	1,0	81,1
ARU 24	25	56	56	8,5	6,0	4,0	3,2	2,0	1,0	128
ARU 27	28	56	56	8,5	6,0	4,0	3,2	2,5	1,0	114

Figura 4.120 Dimensions per a les volanderes en U.

Per cargols i rosques la norma fixa els acers a emprar.

CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS ACEROS PARA TORNILLOS Y TUERCAS DE ALTA RESISTENCIA							
Tipo del acero	Resistencia a tracción σ_u , min. máx. kg/mm ²	Límite elástico convencional σ_e , min. kg/mm ²	Alargamiento de rotura δ_u , min. %	Resiliencia a 20°C ρ , min. kg/mm ²	Dureza Brinell	Utilización	
A 6 t	60 a 80	54	12	4	175 a 235	Sólo tuercas.	
A 8 t	80 a 100	64	12	7	235 a 295	Tornillos y tuercas.	
A 10 t	100 a 120	90	8	5	295 a 350	Sólo tornillos.	

El número que designa el acero es indicativo de su mínima resistencia a tracción.
La cifra de la dureza Brinell es solamente orientativa.

Figura 4.121 Tipus d'acer.



Per finalitzar, la normativa **MV 107** tal i com les precedents (**MV 105 i MV 106**) acaba amb les notacions per als plànols de taller dels distints cargols.

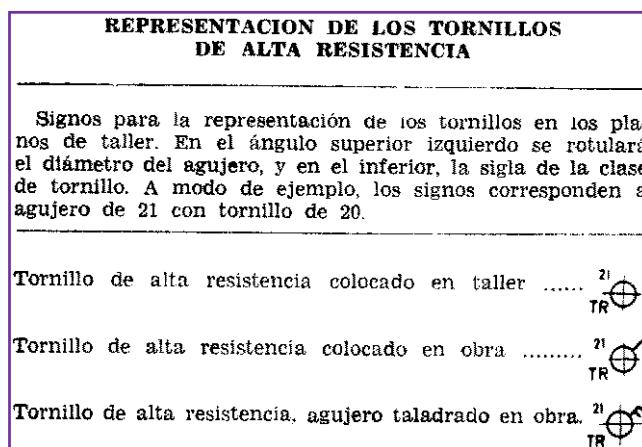
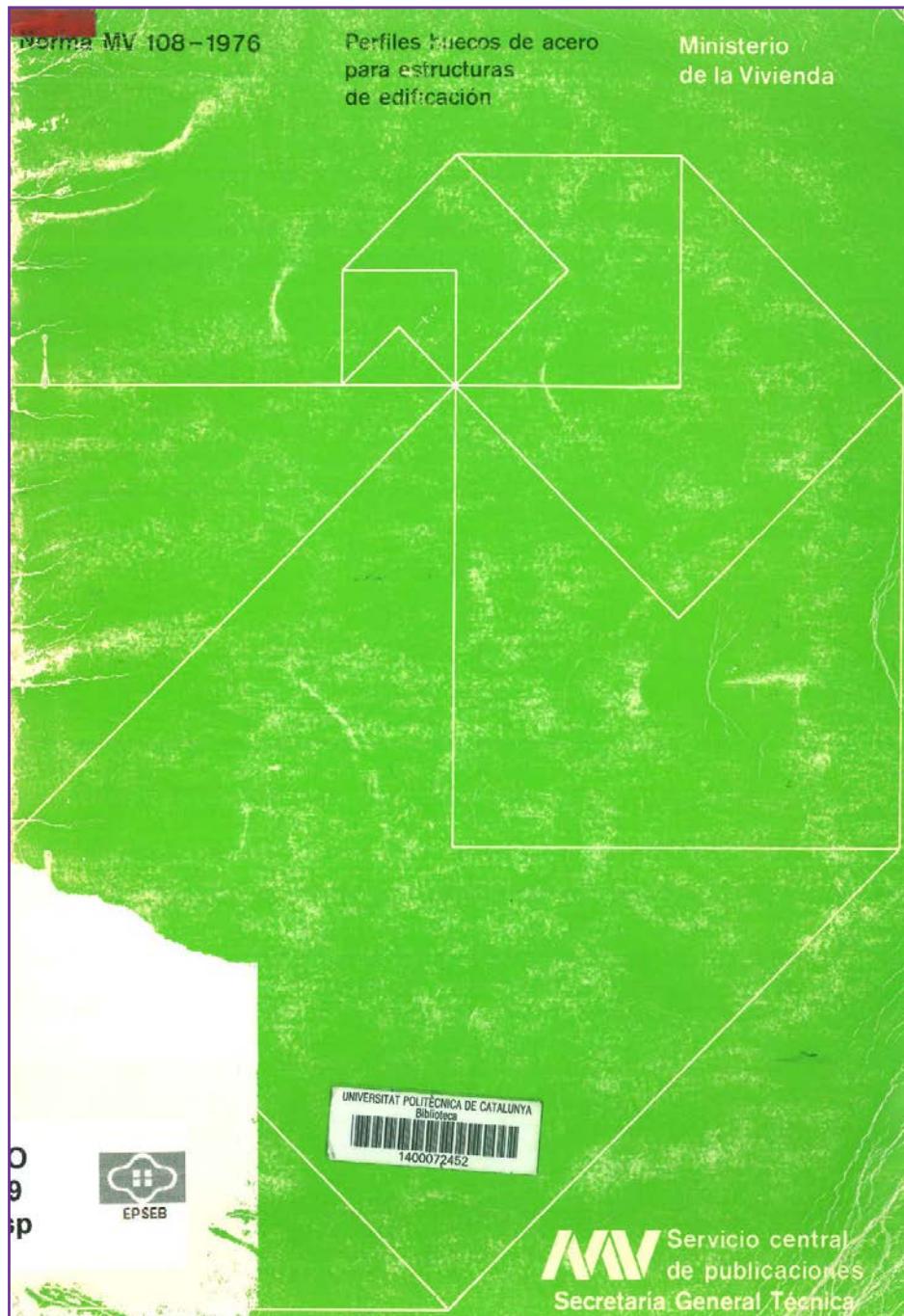


Figura 4.122 Representació gràfica dels cargols.

1900-1929 1930-1938 1939-1958 **1959-1982** 1983-2000



4.3.1.8. NBE MV 108-1976. Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación



MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Real Decreto 3253/1976, de 23 de diciembre, por el que se establece la norma MV 108/1976, PERFILES HUECOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 27 de 1/2/1977⁶³

Referencia: BOE-A-1977-2750

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 2396 a 2401

Estructura

Capítulo 1.

Alcance de la norma.

Capítulo 2.

Acero para perfiles huecos.

Capítulo 3.

164

Características mecánicas.

Capítulo 4.

Composición química.

Capítulo 5.

Suministro de los perfiles huecos.

Capítulo 6.

Ensayos de recepción.

Capítulo 7.

Series de perfiles huecos.

Capítulo 8.

Tolerancias en los perfiles huecos.

Apéndice A.

Perfiles huecos actualmente utilizados.

Apéndice B.

Relación de normas para consulta.

⁶³ <http://www.boe.es/boe/dias/1977/02/01/pdfs/A02396-02401.pdf>



Las Normas básicas MV intentan alcanzar unos altos niveles de calidad que desarrollados operativamente a través de las normas tecnológicas NTE incidan favorablemente en los diferentes campos de la edificación.

A tal efecto, en el Ministerio de la Vivienda, una comisión de expertos ha llevado a cabo el estudio de la propuesta de la Norma MV ciento ocho mil novecientos setenta y seis que **contempla las condiciones y características de los perfiles huecos de acero para estructuras de edificación**.

Esta propuesta ha sido sometida e informada favorablemente por diversos organismos científicos y técnicos cualificados en la rama de la edificación.

Propuesta del Ministro de la Vivienda y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo establecido en este Real Decreto.

165

Abast de la norma

La norma MV 108-1976 **se aplicará a los perfiles huecos de acero al carbono**. Perfiles huecos son, según la definición de la Norma UNE 36501, **perfiles de sección cerrada no maciza, de espesor pequeño con relación a las dimensiones características de la sección, destinados a servir de elementos resistentes**. Los perfiles huecos se pueden fabricar por dos procedimientos, a partir de chapa laminada, mediante conformación en frío y soldadura, o a partir de desbaste por conformación en caliente, sin soldadura, aunque este último procedimiento, por su coste, se utiliza muy poco para perfiles estructurales. Esta Norma no es aplicable a los perfiles abiertos conformados en frío, ni a los tubos, que se destinan a la conducción de fluidos.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁶⁴.

⁶⁴ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Firma

JUAN CARLOS

El Ministro de la Vivienda.

FRANCISCO LOZANO VICENTE

La normativa MV 108, molt breu, tractarà únicament dels **perfils buits d'acer**. Segons la mateixa norma, i tal com seguidament es veurà, aquests es presenten en forma de tres tipologies distintes; **perfils primos rodons, perfils primos quadrats i perfils primos rectangulars**. Aquests tres, doncs, seran els considerats bàsics per a estructures d'edificació segons la normativa. L'acer dels mateixos és el A42b no aliat.

La estructura del acero será homogénea, conseguida por un buen proceso en la fabricación, y un correcto laminado y conformación estando exenta de defectos como el rechape, que perjudiquen a su correcto uso.

166

Puede fabricarse por cualquiera de los procedimientos usuales, conversión por soplado, con oxígeno (Proceso LD, etc.), horno eléctrico, Martin-Siemens, convertidor ácido o básico

Les característiques mecàniques de l'acer A42b venen donades per la següent taula;

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA CHAPA	
Límite elástico	$\sigma_e \geq 26 \text{ kp/mm}^2$
Resistencia a tracción ...	$\sigma_f \geq 42 \text{ kp/mm}^2 \leq 53 \text{ kp/mm}^2$
Alargamiento de rotura.	$\delta \geq 24 \%$
Doblado	Satisfactorio realizando el ensayo según 3.2.
Salvo acuerdo en contrario no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 2 kp/mm ² de menos. Estas características coinciden con las que indica la Norma UNE 36-080-73.	

Figura 4.123 Característiques mecàniques de la xapa.



Ara bé, com les característiques mecàniques de l'acer variaran una mica degut al procés de fabricació, es donen les que el fabricant ha de garantir;

CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS PERFILES	
Límite elástico	$\sigma_e \geq 26 \text{ kp/mm}^2$
Resistencia a tracción ...	$\sigma_f \geq 42 \text{ kp/mm}^2$
Alargamiento a rotura.	$\delta \geq 20 \%$
Doblado	Satisfactorio realizando el ensayo según 3.2.
Aplastamiento	Satisfactorio realizando el ensayo según 3.3.

Salvo acuerdo en contrario no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtiene 2 kp/mm² de menos.

Figura 4.124 Características mecánicas dels perfils.

Finalment es donen les sèries de perfils que abans citàvem així com les seves notacions.

SERIES DE PERFILES HUECOS	
Serie	Notación (en forma de ejemplo)
Perfil hueco redondo	$\varnothing 100.4$
Perfil hueco cuadrado	$\frac{1}{4} 80.3$
Perfil hueco rectangular	$\frac{1}{4} 180.120.5$

167

Figura 4.125 Sèries de perfils buits.

Designació	Característica principal	Perfil
Perfil hueco redondo	Tiene sección anular de diámetro d y espesor e no mayor de 0,1 d ni menor que 0,025 d.	$\varnothing 40.2 - \varnothing 200.8$
Perfil hueco cuadrado	Tiene sección cuadrada hueca, de lado a y espesor e no mayor que 0,1 a ni menor que 0,025 a con aristas redondeadas.	#40.2 - #170.8
Perfil hueco rectangular	Tiene una sección rectangular hueca de lados a>b y espesor e, no mayor que 0,1 b ni menor que 0,025 a con aristas redondeadas.	#60.40.2 - #200.150.8

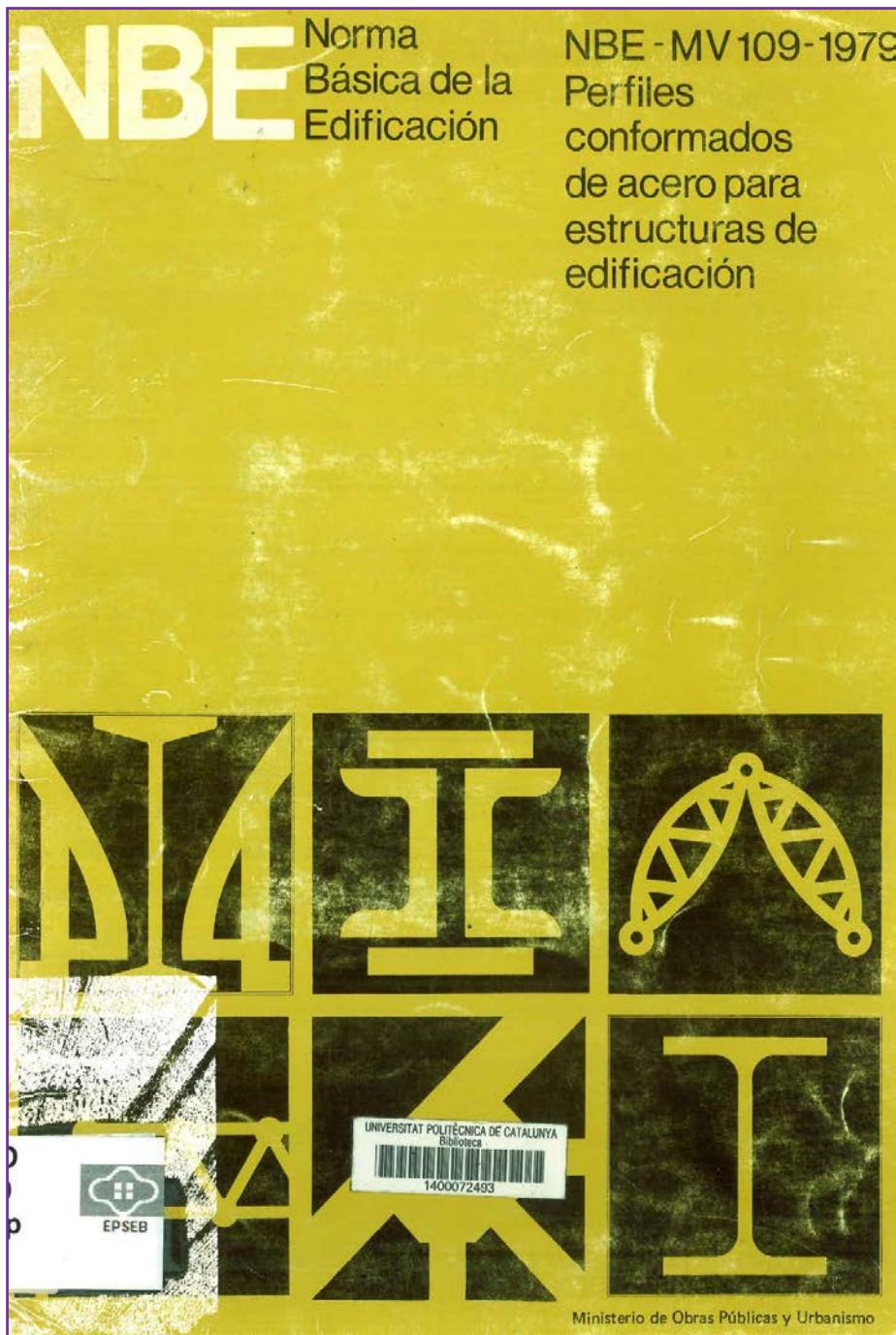
1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

TABLA A-1 PERFILES HUECOS REDONDOS

Perfil	Dimensiones			Términos de sección						Peso kg/m	Suministro	Perfil	Dimensiones			Términos de sección						Peso kg/m	Suministro
	d	e	u	A	S	I	W	I	I _t				mm	mm	mm	A	S	I	W	I	I _t		
#40.2	40	2	126	2,39	1,44	433	2,16	1,35	8,66	1,88	P	#40.2	80	2	251	4,90	0,09	37,3	9,33	2,76	748	3,85	C
#40.3	40	3	126	3,49	2,05	6,01	3,00	1,31	12,0	2,74	P	#40.3	80	3	251	7,26	8,90	53,9	13,5	2,72	108	5,70	C
#40.4	40	4	126	4,52	2,60	7,42	3,71	1,28	14,8	3,85	C	#40.4	80	4	251	9,55	11,6	6,91	17,3	2,69	138	7,50	C
#45.2	45	2	141	2,70	1,85	2,66	2,78	1,52	2,12	P	#45.2	90	3	283	8,19	11,4	77,6	17,3	3,07	155	6,43	P	
#45.3	45	3	141	3,96	2,68	8,77	3,99	1,49	17,5	3,11	P	#45.3	90	4	283	10,8	14,8	100	22,3	3,04	200	8,48	P
#45.4	45	4	141	5,15	3,37	10,9	4,84	1,45	21,3	4,04	C	#45.4	90	5	283	13,4	18,1	121	26,9	3,01	242	10,5	P
#50.2	50	2	157	3,02	2,30	8,70	3,46	1,69	17,4	2,37	P	#50.2	100	3	314	9,14	14,1	108	21,5	3,43	215	7,17	P
#50.3	50	3	157	4,43	3,31	12,2	4,91	1,66	24,5	3,47	P	#50.3	100	4	314	12,1	18,4	139	27,8	3,39	278	9,47	P
#50.4	50	4	157	5,78	4,23	15,4	6,16	1,63	30,8	4,53	P	#50.4	100	5	314	14,9	22,6	169	33,8	3,36	338	11,7	P
#55.3	55	3	173	4,90	4,06	16,6	6,04	1,84	33,2	3,85	C	#55.3	100	6	314	17,7	26,5	196	39,3	3,33	393	13,0	C
#55.4	55	4	173	6,41	5,21	21,0	7,64	2,01	42,0	5,03	C	#55.4	125	4	393	15,2	29,3	279	44,6	4,28	557	11,9	C
#60.2	60	2	188	3,64	3,36	15,3	5,11	2,05	30,6	2,86	P	#60.2	125	5	393	18,8	36,0	340	54,4	4,24	680	14,8	C
#60.3	60	3	188	5,37	4,87	21,8	7,29	2,01	43,7	4,21	P	#60.3	125	6	393	22,4	42,5	358	63,7	4,21	796	17,6	C
#60.4	60	4	188	7,04	6,27	27,7	9,24	1,98	55,4	5,52	P	#60.4	155	5	487	23,6	56,2	663	85,5	5,30	1330	18,5	C
#65.2	65	2	204	3,96	3,97	19,7	6,06	2,23	38,4	3,11	C	#65.2	155	6	487	28,1	66,6	781	101	5,27	1560	22,1	C
#65.3	65	3	204	5,84	6,78	28,1	8,63	2,19	56,2	4,58	C	#65.3	155	7	487	36,9	86,5	1000	129	5,21	2000	290	C
#65.4	65	4	204	7,67	7,46	35,8	11,6	2,16	71,6	6,02	C	#65.4	175	5	550	26,7	72,3	966	110	6,01	1330	210	C
#70.2	70	2	220	4,27	4,62	24,7	7,05	2,41	49,4	3,35	P	#70.2	175	6	550	31,9	85,7	1140	130	5,98	2280	25,0	C
#70.3	70	3	220	6,31	6,73	35,8	10,1	2,37	71,0	495	P	#70.3	175	7	550	42,0	112	1470	168	5,92	2940	33,0	C
#70.4	70	4	220	8,29	8,72	45,3	12,9	2,34	90,6	6,51	P	#70.4	200	5	628	30,6	95,1	1460	146	6,91	2920	24,0	C
#75.2	75	2	236	4,58	5,33	30,5	8,15	2,54	61,1	3,60	P	#75.2	200	6	628	36,6	113	1720	172	6,86	3440	28,7	C
#75.3	75	3	236	6,78	7,78	44,0	11,7	2,54	88,0	5,32	P	#75.3	200	7	628	48,3	148	2230	223	6,79	4460	37,9	C
#75.4	75	4	236	8,92	10,1	56,3	15,0	2,51	113	7,00	P	#75.4	200	8	628	48,3	148	2230	223	6,79	4460	37,9	C

TABLA A-2 PERFILES HUECOS CUADRADOS

Perfil	Dimensiones			Términos de sección						Peso kg/m	Suministro	Perfil	Dimensiones			Términos de la sección						Peso kg/m	Suministro		
	a	b	r	u	A	S	I	W	I	I _t			mm	mm	mm	A	S	I	W	I	I _t				
#40.2	40	2	5	151	290	2,04	6,80	3,40	1,53	11,3	2,28	P	#40.2	80	3	6	307	6,93	12,8	86,6	21,7	3,11	140	7,01	P
#40.3	40	3	8	147	413	2,80	801	4,51	1,48	15,6	3,24	P	#40.3	80	4	10	303	11,6	16,3	108,8	27,2	3,06	180	9,11	P
#40.4	40	4	10	143	521	3,21	10,5	5,26	1,42	18,9	4,09	P	#40.4	80	5	18	299	14,1	19,5	128	32,0	3,01	217	11,1	P
#45.2	45	2	5	171	330	2,63	59,4	4,42	1,74	18,3	2,59	C	#45.2	90	3	8	347	10,1	16,4	126	37,9	3,52	202	7,85	P
#45.3	45	3	8	167	473	3,65	12,4	5,95	1,68	22,9	3,71	C	#45.3	90	4	10	343	13,2	21,1	159	35,4	3,47	261	10,4	P
#45.4	45	4	10	183	6,01	449	15,9	7,07	1,63	282	4,72	C	#												



4.3.1.9. NBE MV 109-1979. Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Real Decreto 3180/1979, de 7 de diciembre, por el que se establece la norma básica de la edificación NBE-MV 109/1979, PERFILES CONFORMADOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 79 de 1/4/1980⁶⁵

Referencia: BOE-A-1980-6807

Ministerio de Obras Pública y Urbanismo

Páginas: 7141 a 7148

Estructura

Capítulo 1.

Alcance de la norma.

Capítulo 2.

Acero para perfiles conformados.

170

Capítulo 3.

Características mecánicas del acero.

Capítulo 4.

Composición química.

Capítulo 5.

Suministro de los perfiles conformados.

Capítulo 6.

Ensayos de recepción.

Capítulo 7.

Serie de perfiles conformados.

Capítulo 8.

Tolerancia en los perfiles conformados.

Apéndice A.

Perfiles conformados actualmente utilizados.

⁶⁵ <http://www.boe.es/boe/dias/1980/04/01/pdfs/A07141-07148.pdf>



Apéndice B.

Relación de normas para consulta.

El Real Decreto 1650/1977, de diez de junio, sobre Normativa de la Edificación⁶⁶, pasa a integrar el **conjunto de Normas Básicas MV dentro de la actuación correspondiente a las Normas Básicas de la Edificación NBE**.

Dado que al publicarse dicho Real Decreto se estaban elaborando las MV-109, MV-110 y MV-111, que completan el programa de normas relativas a estructuras de acero en la edificación, se ha creído conveniente ultimar este programa sin introducir en él modificaciones de denominación ni de forma, para mantener el conjunto de todas estas Normas de acero con la coherencia precisa y, posteriormente, integrarlas en su revisión en una sola Norma Básica de la Edificación -NBE- sobre estructuras de acero.

La Comisión de expertos que viene elaborando estas Normas de acero ha llevado a cabo el estudio de la propuesta de la Norma Básica de la Edificación NBE-MV ciento nueve/mil novecientos setenta y nueve, que **contempla las condiciones y características de los perfiles conformados de acero para estructuras de edificación**.

Esta propuesta ha sido sometida e informada favorablemente por diversos Organismos científicos y técnicos del sector de la edificación.

Propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, y previa deliberación del Consejo de Ministros.

171

⁶⁶ Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación

Publicación: BOE número 163 de 9/7/1977

Referencia: BOE-A-1977-15613

Ministerio de la Vivienda

Páginas: 15443 a 15444



Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo establecido en este Real Decreto.

Abast de la norma

La Norma NBE-MV 109/1979 **se aplicará a los perfiles conformados de acero destinados a servir de elementos resistentes en estructuras de edificación.**

Perfil conformado es un perfil abierto, de espesor constante, pequeño en relación con la máxima dimensión de la sección, que consta de caras planas o cilíndricas enlazadas sin aristas vivas, fabricado por conformado progresivo en frío de una banda de acero mediante rodillos de formas complementarias.

Antes o después del conformado puede ser sometido a operaciones de acondicionamiento de su superficie (galvanizado, pintado, etc.).

172

Esta Norma no es aplicable a los perfiles huecos (Norma MV 108/1976) ni contempla los perfiles compuestos constituidos por perfiles conformados enlazados por soldadura.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁶⁷.

Firma

JUAN CARLOS R

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo.

JESÚS SANCHO ROF

⁶⁷ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



Tal i com marca el preceptiu decret, la normativa **MV 109** tractarà fonamentalment de **perfils conformats d'acer per a estructures d'edificació**. De fet, podem trobar-hi un cert paralelisme amb la precedent **MV 108**, en el ben entès que aquí no són perfils buits, però sí en tot l'esquema que la normativa pren.

Les tipologies que la norma abastarà seran els **perfils conformats L, conformats LD, conformats U, conformats C, conformats Omega i conformats Z**. L'acer per als perfils conformats inclosos a la normativa és l'acer A 37b, no aliat. Malgrat això la normativa preveu la utilització per a acers diferents.

No se consideran incluidos en esta Norma los perfiles conformados fabricados con otros aceros de características superiores a las de A 37b, **lo cual ni impide puedan utilizarse**.

Tal i com es feia esment a la normativa precedent l'acer ha de complir uns certs requisits.

173

La estructura del acero será homogénea, conseguida por un buen proceso en la fabricación, y un correcto laminado y conformación estando exenta de defectos como el rechape, que perjudiquen a su correcto uso.

Puede fabricarse por cualquiera de los procedimientos usuales, conversión por soplado, con oxígeno (Proceso LD, etc.), horno eléctrico, Martin-Siemens, convertidor ácido o básico.

En aquesta s'hi afegeix;

La banda de acero empleada para conformar será laminada en caliente, con bordes redondeados de laminación o vivos de cizallados, recubierta o no.

Les característiques mecàniques de l'acer A37b dels perfils conformats venen donades per la següent taula;



Características mecánicas del acero	
Límite elástico...	$\sigma_e \geq 24 \text{ kp/mm}^2$
Resistencia a tracción ...	$\sigma_t \geq 37 \text{ kp/mm}^2$
Alargamiento rotura ...	$\delta \geq 26 \text{ por ciento}$
Doblado ...	Satisfactorio realizando el ensayo según 3.2.
Salvo acuerdo en contrario, no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 3 kp/mm^2 de menos. Estas características coinciden en lo esencial con las que indica la Norma UNE 38-080-73.	

Figura 4.126 Características mecánicas de l'acer.

Les sèries de perfils conformats venen agrupats en sèries segons les característiques geomètriques de les seccions.

Series de perfiles conformados	
Serie	Notación (en forma de ejemplo)
Perfil conformado L	LF 50.2
Perfil conformado LD	LF 60.30.3
Perfil conformado U	UF 100.3
Perfil conformado C	CF 120.2.5
Perfil conformado Omega	OF 40.2
Perfil conformado Z	ZF 180.2

Figura 4.127 Sèries de perfils conformats.

174

Designació	Característica principal	Perfil
Perfil conformado L	Su sección tiene forma de ángulo recto con las alas de igual longitud, y vértice redondeado.	LF 40.2 - LF 120.7
Perfil conformado LD	Su sección tiene forma de ángulo recto con las alas de distinta longitud, y vértice redondeado.	LF 40.20.2 - LF 120.60.6
Perfil conformado U	Su sección tiene forma de U con las alas de igual longitud, y vértices redondeados.	UF 60.3 - UF 140.6
Perfil conformado C	Su sección es un rectángulo con un lado parcialmente abierto y vértices redondeados	CF 60.2 - CF 300.4
Perfil conformado Omega	Su sección tiene forma de U con alas hacia afuera, y vértices redondeados.	OF 40.2 - OF 100.3
Perfil conformado Z	Su sección consta de un alma y en sus extremos alas en sentidos opuestos, con labios rigidizadores en sus lados y vértices redondeados.	ZF 100.2 - ZF 300.4

1900-1929

1930-1938

1939-1958

1959-1982

1983-2000

TABLA A1

Perfil	Dimensiones				Posición de los ejes				Términos de sección								Peso P kg/m Suministro			
	a mm	b mm	s mm	r mm	u mm	v ₁ cm	v ₂ cm	w mm	A cm ²	i _x cm ⁴	i _{xy} cm ⁴	i _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	i _η cm			
LF 40.2	40	2	2,5	157	1,10	1,36	1,42	2,83	1,53	2,44	1,51	3,96	0,928	0,841	1,40	0,653	1,26	1,61	0,779	1,20 P
LF 40.3	40	3	3	156	1,14	1,36	1,43	2,83	2,25	3,51	2,20	5,71	1,32	1,23	2,02	0,920	1,25	1,59	0,765	1,77 C
LF 40.4	40	4	6	153	1,20	1,28	1,41	2,83	2,90	4,43	2,89	7,32	1,55	1,58	2,59	1,09	1,24	1,59	0,730	2,28 C
LF 50.2	50	2	3	197	1,35	1,70	1,77	3,54	1,93	4,85	3,00	7,85	1,85	1,33	2,22	1,05	1,59	2,02	0,980	1,51 P
LF 50.3	50	3	6	194	1,41	1,62	1,76	3,54	2,81	6,97	4,44	11,4	2,52	1,94	2,23	1,44	1,57	2,01	0,947	2,21 C
LF 50.4	50	4	8	191	1,46	1,57	1,75	3,54	3,67	8,92	5,82	14,7	3,09	2,52	4,17	1,77	1,56	2,01	0,919	2,88 C
LF 60.3	60	3	6	234	1,66	1,97	2,11	4,24	3,41	12,3	7,74	20,0	4,54	2,83	4,72	2,15	1,90	2,42	1,15	2,68 P
LF 60.4	60	4	8	231	1,71	1,92	2,10	4,24	4,47	15,8	10,2	26,0	5,66	3,69	6,13	2,69	1,88	2,41	1,13	3,51 C
LF 60.5	60	5	10	229	1,77	1,88	2,10	4,24	5,48	19,1	12,5	31,7	6,59	4,52	7,47	3,14	1,87	2,40	1,10	4,30 C
LF 80.4	80	4	8	311	2,21	2,62	2,81	5,66	6,07	38,8	24,5	63,3	14,3	6,70	11,2	5,09	2,53	3,23	1,54	4,76 P
LF 80.5	80	5	10	309	2,26	2,58	2,81	5,66	7,48	47,3	30,3	77,6	17,1	8,25	13,7	6,07	2,51	3,22	1,51	5,87 C
LF 80.6	80	6	12	307	2,32	2,53	2,80	5,66	8,85	55,4	35,9	91,3	19,4	9,75	16,1	6,94	2,50	3,21	1,48	6,95 C
LF 100.5	100	5	6	391	2,75	3,35	3,54	7,07	9,52	95,1	59,4	155	35,7	13,1	21,9	10,1	3,16	4,03	1,94	7,48 P
LF 100.6	100	6	10	389	2,80	3,30	3,53	7,07	11,3	112	70,7	183	41,2	15,6	25,8	11,7	3,15	4,02	1,91	8,87 C
LF 100.7	100	7	12	387	2,88	3,25	3,53	7,07	13,0	128	81,8	210	46,2	17,9	29,7	13,1	3,13	4,01	1,88	10,2 C
LF 120.5	120	5	8	471	3,25	4,05	4,25	8,49	11,5	167	104	270	63,4	19,1	31,9	14,9	3,61	4,84	2,35	9,05 P
LF 120.6	120	6	10	469	3,30	4,01	4,24	8,49	13,7	197	123	320	73,8	22,7	37,8	17,4	3,79	4,84	2,32	10,8 C
LF 120.7	120	7	12	467	3,36	3,96	4,24	8,49	15,8	226	143	369	33,4	26,2	43,5	19,7	3,78	4,83	2,29	12,4 C

TABLA A2

Perfil	Dimensiones				Posición de los ejes				Términos de sección								Peso P kg/m Suministro											
	a mm	b mm	s mm	r mm	u mm	v ₁ cm	v ₂ cm	w mm	A cm ²	i _x cm ⁴	i _{xy} cm ⁴	i _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	i _η cm											
LF 40.20.2	40	20	2	2,5	117	1,45	0,421	0,697	1,18	0,491	2,57	1,83	0,287	1,13	1,90	0,344	0,487	2,05	0,204	0,746	0,218	0,796	0,174	1,30	0,552	1,35	0,425	0,887 P
LF 40.20.3	40	20	3	3	116	1,50	0,462	0,714	1,15	0,531	2,53	1,86	0,288	1,65	2,71	0,480	0,693	2,91	0,282	1,00	0,312	1,15	0,246	1,28	0,539	1,33	0,413	1,30 C
LF 50.25.2	50	25	2	2,5	147	1,78	0,504	0,867	1,48	0,592	2,23	2,26	0,286	1,43	3,81	0,692	0,969	4,09	0,415	1,18	0,347	1,26	0,279	1,63	0,696	1,69	0,559	1,12 P
LF 50.25.3	50	25	3	3	146	1,83	0,545	0,884	1,46	0,632	3,20	2,30	0,285	2,10	5,48	0,980	1,39	5,88	0,583	1,73	0,501	1,84	0,393	1,61	0,683	1,67	0,527	1,65 C
LF 60.30.3	60	30	3	3	176	2,16	0,629	1,05	1,77	0,733	3,86	2,73	0,284	2,55	9,68	1,76	2,48	10,4	1,05	2,53	0,735	2,69	0,590	1,95	0,827	2,02	0,640	2,00 P
LF 60.30.4	60	30	4	6	173	2,24	0,673	1,04	1,71	0,786	3,80	2,80	0,292	3,30	12,3	2,20	3,22	13,2	1,26	3,28	0,948	3,48	0,736	1,93	0,816	2,00	0,617	2,59 C
LF 80.40.4	80	40	4	6	233	2,91	0,845	1,38	2,34	0,988	5,13	3,67	0,209	4,50	30,3	5,49	7,84	32,6	3,22	6,95	1,74	6,36	1,38	2,60	1,10	2,69	0,846	3,53 P
LF 80.40.5	80	40	5	8	231	2,97	0,893	1,38	2,2	1,04	5,07	3,73	0,293	5,52	36,6	6,59	9,62	39,4	3,77	7,29	2,12	7,77	1,65	2,57	1,09	2		

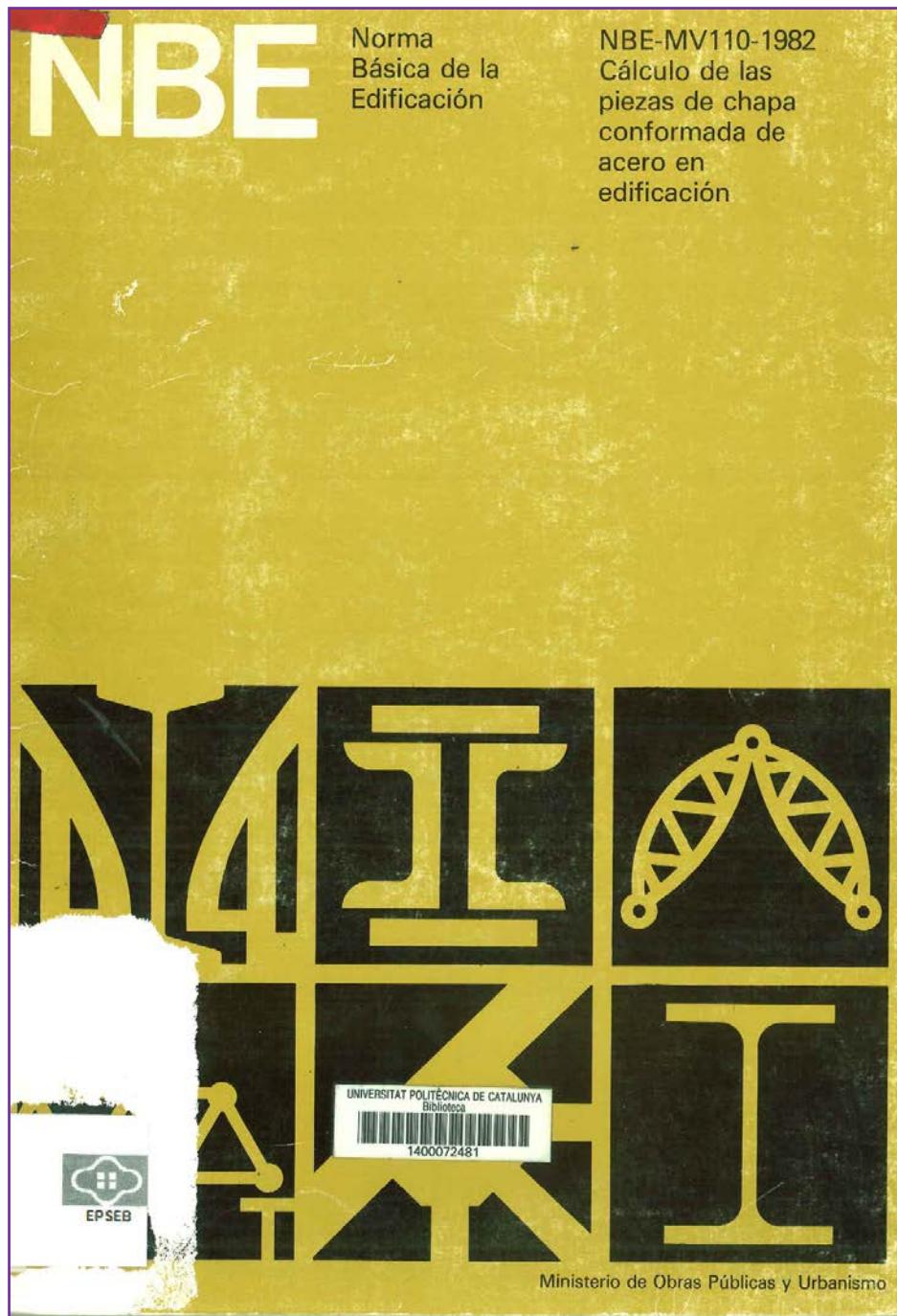
1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

PERFILES CONFORMADOS OMEGA

Perfil	Dimensiones						Términos de sección										Peso P kg/m Suministro	
	<i>b</i> mm	<i>b</i> mm	<i>s</i> mm	<i>s</i> mm	<i>r</i> mm	<i>U</i> mm	<i>c</i> cm	<i>m</i> cm	<i>A</i> cm ²	<i>I_x</i> cm ⁴	<i>I_y</i> cm ⁴	<i>I_z</i> cm ⁴	<i>I_η</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>W_y</i> cm ³	<i>i_x</i> cm	<i>i_y</i> cm	
OF 40.2	40	40	15	2	2,5	272	2,14	3,46	2,72	6,08	9,84	0,0363	10,5	2,84	2,98	1,50	1,90	2,13 P
OF 40.2,5	40	40	15	2,5	2,5	267	2,14	3,42	3,34	7,24	11,7	0,0696	12,0	3,38	3,61	1,47	1,88	2,62 C
OF 40.3	40	40	15	3	3	281	2,14	3,39	3,91	8,17	13,3	0,117	12,9	3,81	4,17	1,45	1,85	3,07 C
OF 50.2	50	50	17	2	2,5	340	2,73	4,38	3,40	12,0	18,9	0,0453	33,2	4,40	4,72	1,88	2,36	2,67 P
OF 50.2,5	50	50	17	2,5	2,5	335	2,73	4,34	4,19	14,4	22,8	0,0873	38,8	5,29	5,76	1,86	2,33	3,29 C
OF 50.3	50	50	17	3	3	329	2,73	4,31	4,93	16,5	26,1	0,1480	42,7	6,04	6,70	1,83	2,30	3,87 C
OF 60.2	60	40	20	2	2,5	372	3,00	5,19	3,72	18,2	15,3	0,0496	43,0	6,08	4,01	2,21	2,03	2,92 P
OF 60.2,5	60	40	20	2,5	2,5	367	3,00	5,15	4,59	22,0	18,3	0,0856	50,6	7,34	4,89	2,19	2,00	3,60 C
OF 60.3	60	40	20	3	3	361	3,00	5,12	5,41	25,3	21,0	0,162	56,1	8,44	5,68	2,16	1,97	4,25 C
OF 80.2,5	80	50	25	2,5	2,5	487	4,00	6,95	6,09	52,6	38,8	0,1268	198	13,1	8,17	2,94	2,52	4,78 P
OF 80.3	80	50	25	3	3	481	4,00	6,92	7,21	61,0	45,0	0,216	225	15,3	9,57	2,91	2,50	5,66 C
OF 100.2,5	100	50	30	2,5	2,5	587	4,83	8,48	7,34	96,9	50,7	0,1529	471	18,8	9,66	3,63	2,63	5,76 P
OF 100.3	100	50	30	3	3	581	4,83	8,45	8,71	113	59,0	0,261	539	21,9	11,3	3,61	2,60	6,94 C

PERFILES CONFORMADOS Z

Perfil	Dimensiones						Posición de los ejes						Términos de sección						Peso P kg/m Suministro										
	<i>b</i> mm	<i>b₁</i> mm	<i>a₂</i> mm	<i>a₃</i> mm	<i>s₁</i> mm	<i>s₂</i> mm	<i>r</i> mm	<i>U</i> mm	<i>c₁</i> cm	<i>c₂</i> cm	<i>v₁</i> cm	<i>v₂</i> cm	<i>w₁</i> cm	<i>w₂</i> cm	<i>η_α</i>	<i>A</i> cm ²	<i>I_x</i> cm ⁴	<i>I_y</i> cm ⁴	<i>I_z</i> cm ⁴	<i>I_η</i> cm ⁴	<i>W_x</i> cm ³	<i>W_y</i> cm ³	<i>W_η</i> cm ³	<i>i_x</i> cm	<i>i_y</i> cm	<i>i_η</i> cm			
ZF 100.2	100	60	53	29	17	2	2,5	476	4,81	0,18	2,81	2,55	6,95	7,18	0,667	4,72	76,4	40,8	42,8	105	12,3	14,7	7,25	14,6	3,94	4,02	2,94	4,72	1,61 P
ZF 100.2,5	100	60	53	29	17	2,5	2,5	472	4,81	0,15	2,80	2,54	6,91	7,14	1,662	5,84	93,5	49,3	52,0	128	14,9	18,0	8,81	17,9	4,78	4,00	2,91	4,68	1,60 C
ZF 100.3	100	60	53	29	17	3	3	467	4,81	0,13	2,77	2,51	6,85	7,05	0,657	5,91	109	56,8	60,3	149	17,2	21,0	10,2	21,0	6,01	3,97	2,87	4,64	1,58 C
ZF 120.2	120	60	53	28	17	2	2,5	516	5,79	0,16	2,79	2,53	7,57	7,86	0,510	5,12	117	40,8	52,2	143	14,2	18,8	7,23	18,2	4,29	4,77	2,82	5,29	1,87 P
ZF 120.2,5	120	60	53	28	17	2,5	2,5	512	5,79	0,13	2,78	2,51	7,53	7,82	0,503	6,34	143	49,3	63,5	175	17,2	23,0	8,78	22,4	5,21	4,75	2,79	5,25	1,85 C
ZF 120.3	120	60	53	28	17	3	3	507	5,79	0,11	2,75	2,48	7,47	7,77	0,501	7,51	167	56,8	73,0	204	19,9	26,9	10,2	26,3	6,01	4,72	2,75	5,21	1,63 C
ZF 140.2	140	60	53	28	17	2	2,5	556	6,77	0,14	2,73	2,46	8,27	8,61	0,407	5,52	167	40,8	61,7	192	15,7	23,1	7,21	22,3	4,58	5,50	2,72	5,90	1,69 C
ZF 140.2,5	140	60	53	28	17	2,5	2,5	552	6,77	0,11	2,72	2,45	8,23	8,58	0,404	6,86	205	49,4	75,1	235	19,1	28,4	8,76	27,4	5,54	5,43	2,69	5,87	1,67 C
ZF 140.3	140	60	53	28	17	3	3	547	6,77	0,09	2,69	2,42	8,19	8,54	0,400	8,11	240	56,8	87,2	275	22,0	33,2	10,1	32,2	6,39	5,44	2,65	5,83	1,65 C
ZF 160.2	160	60	53	28	17	2	2,5	596	7,75	0,12	2,65	2,39	9,04	9,43	0,356	5,92	229	40,8	71,1	252	17,0	27,7	7,20	26,8	4,78	6,21	2,63	5,83	1,69 C
ZF 160.2,5	160	60	53	28	17	2,5	2																						



177

4.3.1.10. NBE MV 110-1982. Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Real Decreto 2048/1982, de 28 de mayo, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-MV 110-1982, CALCULO DE LAS PIEZAS DE CHAPA CONFORMADA DE ACERO EN EDIFICACIÓN.

Publicación: BOE número 205 de 27/8/1982⁶⁸

Referencia: BOE-A-1982-21709

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

Páginas: 23151 a 23177

Estructura

Capítulo 1.

Generalidades.

Capítulo 2.

Abolladura.

178

Capítulo 3.

Combadura.

Capítulo 4.

Piezas sometidas a flexión y torsión.

Capítulo 5.

Piezas sometidas a compresión simple y compuesta.

Capítulo 6.

Uniones.

Apéndice A.

Cálculo iterativo de los términos de sección y funciones coordenadas de una pieza de chapa conformada.

Apéndice B.

Relación de normas y bibliografía para consulta.

⁶⁸ <http://www.boe.es/boe/dias/1982/08/27/pdfs/A23151-23177.pdf>



El Real Decreto 1650/1977, de diez de junio, sobre normativa de la Edificación, pasa a integrar **el conjunto de Normas Básicas MV dentro de la actuación correspondiente a las normas básicas de la edificación NBE**.

Dado que al publicarse dicho Real Decreto se estaban elaborando las MV-109, MV-110 y MV-111, que completan el programa de normas relativas a estructuras de acero en la edificación, se ha creído conveniente ultimar este programa sin introducir en él modificaciones de denominación ni de forma, para mantener el conjunto de todas estas normas de acero con la coherencia precisa y posteriormente, integrarlas en su revisión en una sola Norma Básica de la edificación -NBE- sobre estructuras de acero.

La Comisión de expertos que viene elaborando estas Normas de acero ha llevado a cabo el estudio de la propuesta de Norma Básica de la Edificación NBE-MV ciento diez/mil novecientos ochenta y dos, que **contempla el cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación**.

Esta propuesta ha sido sometida e informada favorablemente por diversos sectores técnicos e industriales de la edificación.

179

Propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo establecido en este Real Decreto.

Abast de la norma

El objeto de la Norma NBE-MV 110/1982 es adaptar y completar las reglas de la norma NBE-MV 103/1972, Cálculo de las estructuras de acero laminado en la edificación, **para su empleo en los perfiles, placas y paneles de chapa conformada de acero**.

En las piezas de chapa conformada de acero, **debido a su reducido espesor y al endurecimiento que implica la conformación en frío**, deben tenerse especialmente en cuenta las siguientes circunstancias:



- La mayor influencia de los fenómenos de inestabilidad: abolladura, combadura, pandeo con torsión, etc.; y de la deformación de las secciones transversales.
- El uso de procedimientos de unión específicos: remaches en frío, soldadura por puntos, etc.; no empleados en la construcción con perfiles laminados de acero.
- El importante efecto de la corrosión en espesores menores de 4 milímetros.
- La posibilidad de tener en cuenta la elevación del límite elástico debida al endurecimiento por la conformación en frío.

Esta norma es aplicable a los conformados de acero de la Norma NBE-MV 109/1979, a las placas y paneles de chapa conformada de acero de la norma NBE-MV 111/1980, y a los perfiles dobles o múltiples constituidos por agrupación de dos o más perfiles simples unidos por soldadura, tornillos, remaches u otros medios. También es aplicable a otras piezas de chapa conformada, realizadas con los aceros indicados en la norma NB-MV 102/1975.

180

No se permite, sin justificación especial, el uso de piezas conformadas en las partes de las estructuras en las que exista el riesgo, en las condiciones normales de trabajo, de presiones o impactos que puedan producir deformaciones locales. La Norma no es aplicable sin justificación especial, a estructuras sometidas a cargas dinámicas.

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁶⁹.

Firma

JUAN CARLOS R

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo.

LUIS ORTIZ GONZÁLEZ

⁶⁹ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



La normativa que ens ocupa comença amb una consideració sobre l'elevació del límit elàstic de l'acer.

La conformación en frío de la chapa de acero de una pieza produce en las zonas de los pliegues un incremento de su límite elástico que, en valor medio en el conjunto de la pieza, puede evaluarse por la siguiente fórmula obtenida experimentalmente:

$$\Delta\sigma_e = 1,8 \frac{ne^2}{A}$$

$\Delta\sigma_e$; Incremento del límite elástico en Kp/mm²

N; número de pliegues de la pieza.

e; espesor de la chapa en mm.

A; área total de la sección de la pieza en cm².

Tot i que la normativa explicita que aquest increment referit *puede desaparecer per un recocido posterior*. Aquest cas seria, per exemple si emprem unions soldades amb la conseqüent elevació de temperatura a les zones properes a la soldadura.

181

Por ello el incremento del límite elástico sólo debe considerarse cuando haya seguridad de que no pueden tener lugar tales recocidos.

Abans de passar a l'estudi acurat dels elements, la normativa en descriu les principals característiques.

Una pieza de chapa conformada en acero se compone en general de elementos planos, unidos mediante acuerdos cilíndricos de radio pequeño.

Los elementos pueden ser de las siguientes clases:

Element	Características	Símbol
Elemento no rigidizado	Elemento plano, unido solamente en un borde a otro elemento plano	N

Elemento rigidizado	Elemento plano, unido en ambos bordes a otros elementos, o a un rigidizador de borde de eje paralelo a la dirección del esfuerzo	R, B
Elemento multirigidizado	Elemento rigidizado, que además tiene rigidizadores intermedios, de eje paralelo a la dirección del esfuerzo	M, I
Subelemento	Es la parte de un elemento multirigidizado comprendida entre un elemento y un rigidizador intermedio, entre dos rigidizadores intermedios consecutivos o entre un rigidizador intermedio y un rigidizador de borde.	S

The figure contains 12 technical drawings of steel profiles, each labeled with a lowercase letter from 'a' to 'j'.
 - a) Perfil L: A simple L-shaped profile with two vertical legs and a horizontal base.
 - b) Perfil LD: An L-shaped profile with a diagonal leg instead of a vertical one.
 - c) Perfil U: A U-shaped profile with two vertical legs and a horizontal base.
 - d) Perfil C: A C-shaped profile with two vertical legs and a horizontal base.
 - e) Perfil OMEGA: An O-shaped profile with two vertical legs and a horizontal base.
 - f) Perfil Z: A Z-shaped profile with two vertical legs and a horizontal base.
 - g) Perfil especial: A complex multi-grooved profile with multiple vertical legs and horizontal bases, labeled with 'M' at the top.
 - h) Perfil 2U soldado: A standard 2U profile with two vertical legs and a horizontal base, labeled with 'M' at the top.
 - i) Perfil 2C atornillado: A standard 2C profile with two vertical legs and a horizontal base, labeled with 'M' at the top.
 - j) Perfil especial con rigidizador remachado: A complex multi-grooved profile with two vertical legs and a horizontal base, labeled with 'M' at the top.

Arribats a aquest punt la normativa destaca les dimensions principals per a caracteritzar els perfils. Segons la mateixa aquests serien el gruix e , l'ample recte b_e i la seva longitud l .

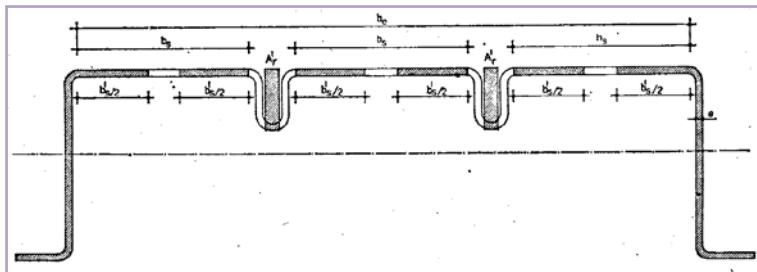


Figura 4.128 Principals dimensions d'un element pla.

Tot i això important és destacar un quart paràmetre definit com a *delgadez* i definit com $\delta = \frac{b_e}{e}$. La Normativa **MV 110** indica una dada important remarcant que no s'admet que aquest paràmetre (delgadez) no s'admet que sigui superior als valors donats per la taula següent.

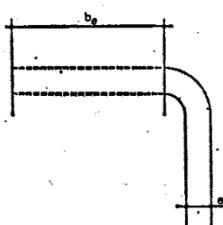
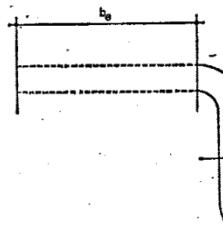
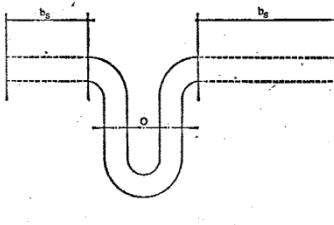
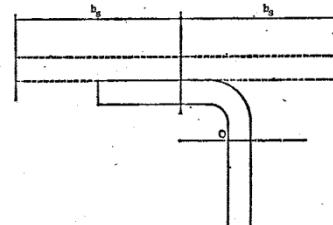
183

TABLA 1.1 MAXIMA DELGADEZ ADMISIBLE DE UN ELEMENTO	
Elementos	Máxima delgadez admisible
Elementos comprimidos:	
- No rigidizado (fig. 2,a)	60
- Con rigidizador de labio (fig. 3,a)	60
- Con rigidizador de borde de otro más eficaz (fig. 3,b).	90
- Unido en ambos bordes a otro elemento (fig. 2,d).	500
Subelementos comprimidos	250
Elementos con cortadura:	
Cuando $ a't^k > 0,5 \tau_u$ (2.5)	150
Alma simple de pieza flectada (fig.2a)	150
Cada chapa en alma múltiple (fig.2c)(1)	150
En otros casos	250
Elementos traccionados	500
(1) Si las dos o más chapas de un alma están unidas por puntos de soldadura (6.4.2) u otros medios, a distancia: $s = t \geq 0,5 b_e$, como delgadez de cada chapa se tomará: $\delta = s : e$.	

Figura 4.129 Valors màxims admesos per a la prisma d'un element

Com a ultima dada, la introducció de la normativa ens parla del rigiditzadors.

Para reducir el efecto de la abolladura en elementos comprimidos puede disponerse rigidizadores longitudinales que son de dos clases: rigidizadores de borde o rigidizadores intermedios.

Element	Tipología	
Rigiditzadors de bora.	 a) de rebolo	 b) de pliegue
Rigiditzadors entremitjos.	 a) de pliegue	 b) de angulo enlazado

La sección de un rigidizador de borde o intermedio se extiende hasta el encuentro con el elemento, es decir incluye las zonas curvas de acuerdo.

Tot seguit la normativa dóna característiques dels mateixos, (s'adreça a un lector interessat a la referència donada al principi ja que són exclusivament fòrmules i no es creu rellevant annexar-ho aquí).

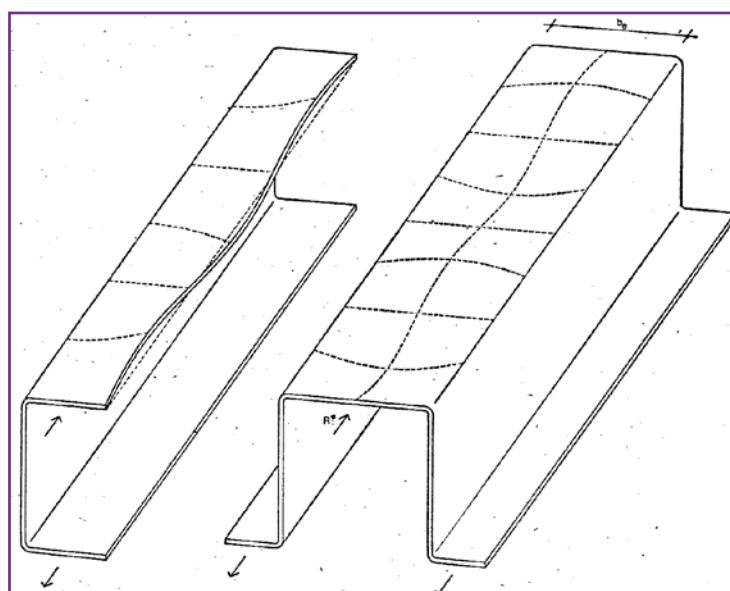
Un cop la normativa a descrit els paràmetres precedents passa a abordar pròpiament els efectes més importants de les xapes conformades que ens ocupa. Primerament descriu dos aspectes clau com són **l'abonyegament i la combadura**.



• Abonyegament

Es definit l'abonyegament com,

Una pieza de chapa conformada con solicitud de flexión simple, flexión compuesta o compresión tiene elementos planos sometidos a compresión o cortadura. Cuando la delgadez de uno de estos elementos es mayor que la delgadez límite que corresponde a su caso, antes de que la tensión ponderada resultante alcance la resistencia al cálculo, el elemento sufre abolladura, es decir, **se deforma normalmente a su plano, lo que reduce la solicitud de agotamiento.**



185

Figura 4.130 Abonyegament d'elements plans comprimits.

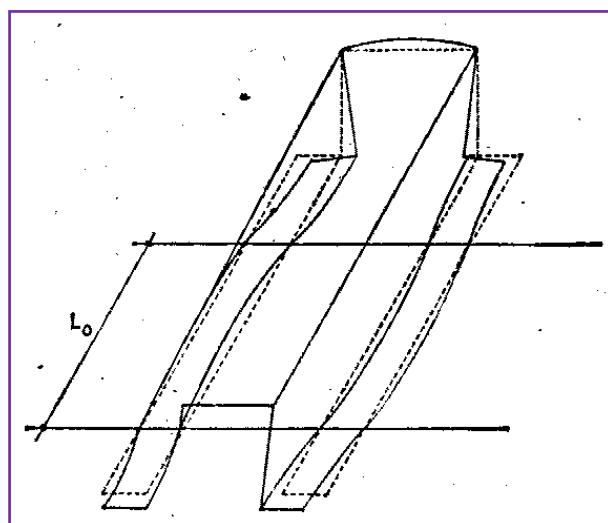
La Normativa explicita els tres ítems més destacats del fenomen. Segons la mateixa trobem:

- Abonyegament per tensions normals.
- Abonyegament per tensions tangencials.
- Abonyegament per tensions normals i tangencials.

- **Combadura**

Com en el cas anterior, primer hi trobem la definició del fenomen.

La combadura es un fenómeno de inestabilidad de las cabezas comprimidas de la pieza, **denominado pandeo lateral** en la Norma **NBE-MV 103**, que se produce entre secciones arriostradas, extremas o interiores, con sujeción que impide el giro.



186

Figura 4.131 Fenomen del vinclament lateral.

La Normativa detalla amb escreix el conjunt de fòrmules per al seu càlcul.

A continuació es dedica un capítol als **mètodes de càlcul de peces de secció oberta i paret prima sotmeses a flexió i torsió**.

Un dels apartats més importants de la Normativa és el referit al **vinclament**; efectes i estudi. S'hi destaquen dos tipus; el vinclament simple i el vinclament amb torsió.

- **Vinclament simple**

Se produce pandeo simple en una pieza comprimida cuando el centro de esfuerzos cortantes de la sección coincide con su baricentro, y el radio de giro polar i_o de la sección es menor que el radio de torsión i de la pieza.



• Vinclament amb torsió

Cuando el centro de esfuerzos cortantes no coincide con el baricentro o $i_o > i_c$, se produce pandeo por torsión.

Tot i això indica una important consideració,

No es posible presentar un método general para el caso en que, por las características de la sección de la pieza sea necesario la consideración de pandeo con torsión.

En las piezas en que se presente esta solicitud, el dimensionado puede realizarse mediante cálculos basados en la literatura técnica, o justificarse mediante ensayos.

Finalment la Normativa dedica el seu darrer apartat al tema de les **unions**. Segons la mateixa, en la construcció de perfils, plaques i panells de xapa conformada d'acer s'empren:

- Reblons.
- Cargols ordinaris.
- Cargols d'alta resistència.
- Soldadura.

187

Aquest mitjans, tal i com s'ha vist, eren comuns als perfils laminats. Tot i això la normativa també es refereix als medis d'unió no emprats pels perfils laminats:

- Tornillos roscachapa, de varios tipos.
- Remaches en frío
- Adhesivos de diferentes clases.

Ara bé remarcant *los cuales no han sido aun objeto de normalización*.

Amb aquesta sentència podem veure que les normatives **MV** que estem estudiant, tot i donar un gran pas respecte a les anteriors tal i com hem destacat, també són conscients que els nous temps porten nous sistemes i noves tipologies. Per tant, es deixa per a futures normatives incloure totes les novetats i es recomana el seu assaig per tal de poder garantir la seguretat.

Acaba l'apartat d'unions amb les **disposicions, càcul i execució** de les mateixes.

S'ha trobat interessant destacar l'Apèndix A definit sota el títol; *Cálculo numérico iterativo de los términos de sección y funciones coordenadas de una pieza de chapa conformada*.

El fet de remarcar-lo ve donat perquè es comença a veure que la normativa implementa sistemes que permeten trobar característiques, en aquest cas eixos baricètrics, funcions coordenades, entre d'altres, mitjançant fórmules iteratives, que fins ara era rar de trobar en les mateixes. Aquest fet, un cop el **desenvolupament electrònic** hagi avançat, serà de molt ús i alhora prendrà una gran importància. Ens ocuparem del seu estudi al **BLOC V**. Només destacar que en aquest punt es diu (any 1982):

Las fórmulas del método son programables para una calculadora electrónica manual con capacidad de memoria no inferior a 2k.

188

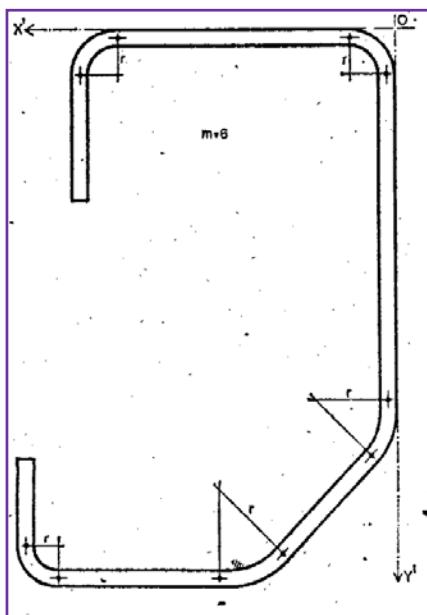


Figura 4.133 Secció de peça conformada

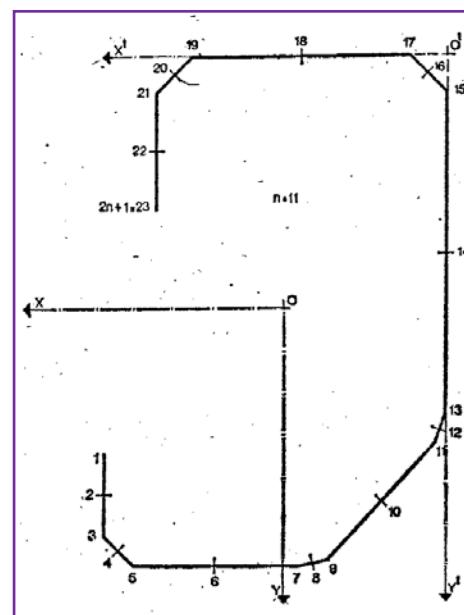
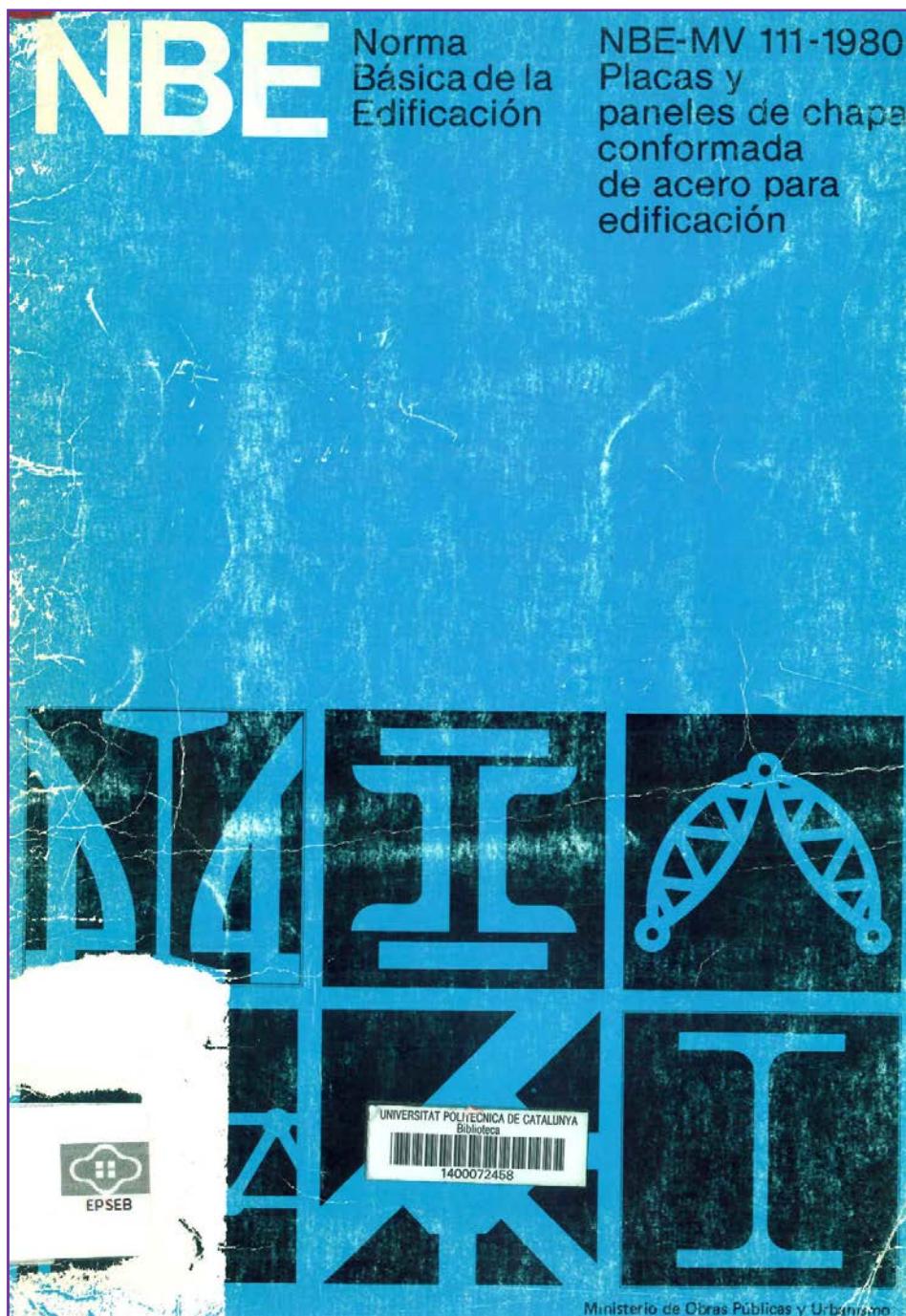


Figura 4.132 Quebrada mitja de la secció virtual de la figura 4.129



189

4.3.1.11. NBE MV 111-1980. Placas y paneles de chapa conformada de acero para edificación



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Real Decreto 2169/1981, de 22 de mayo, por el que se establece la **norma básica de la edificación NBE-MV 111-1980 PLACAS Y PANELES DE CHAPA CONFORMADA DE ACERO PARA EDIFICACIÓN.**

Publicación: BOE número 229 de 24/9/1981⁷⁰

Referencia: BOE-A-1981-21614

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

Páginas: 22301 a 22303

Estructura

Capítulo 1.

Alcance de la Norma.

Capítulo 2.

Acero para placas y paneles.

190

Capítulo 3.

Características mecánicas del acero.

Capítulo 4.

Composición química.

Capítulo 5.

Suministro de placas y paneles.

Capítulo 6.

Ensayos de recepción.

Capítulo 7.

Series de placas y paneles.

Capítulo 8.

Tolerancias en las placas y paneles.

Apéndice A.

Placas y paneles de chapa conformada actualmente utilizados.

⁷⁰ <http://www.boe.es/boe/dias/1981/09/24/pdfs/A22301-22303.pdf>



Apéndice B.

Relación de Normas para consulta.

El Real Decreto 1650/1977, de diez de junio, sobre normativa de la Edificación, pasa a integrar **el conjunto de Normas Básicas MV dentro de la actuación correspondiente a las normas básicas de la edificación NBE**.

Dado que al publicarse dicho Real Decreto se estaban elaborando las MV-109, MV-110 y MV-111, que completan el programa de normas relativas a estructuras de acero en la edificación, se ha creído conveniente ultimar este programa sin introducir en él modificaciones de denominación ni de forma, para mantener el conjunto de todas estas normas de acero con la coherencia precisa y posteriormente, integrarlas en su revisión en una sola Norma Básica de la edificación -NBE- sobre estructuras de acero.

La Comisión de expertos que viene elaborando estas Normas de acero ha llevado a cabo el estudio de la propuesta de Norma Básica de la Edificación NBE-MV ciento once/mil novecientos ochenta, que **contempla las condiciones de las placas y paneles de chapa conformada de acero para edificación**. 191

Esta propuesta ha sido sometida e informada favorablemente por diversos sectores técnicos e industriales a la edificación.

Propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Deroga

Quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo establecido en este Real Decreto.

Abast de la norma

La norma NBE-MV 111-1980, se **aplicará a las placas de chapa conformada de acero, y a los paneles, que están constituidos por dos chapas conformadas de acero** enlazadas en fábrica o en obra con aislante intermedio, empleados en edificación para los siguientes usos:



- **Cubierta de placa simple**, cuyas placas constituyen cobertura autorresistente. En su intradós puede llevar, o no, placas aislantes térmicas o acústicas.
- **Cubierta de placa impermeabilizada**, cuyas placas son soporte de cobertura formada por placas aislantes, láminas impermeabilizantes y acabado de gravilla, baldosa, etc.
- **Cubierta de panel**, cuyos paneles constituyen cobertura autorresistente.
- **Forjado de placa autorresistente**, cuyas placas constituyen el elemento resistente, pudiendo llevar hormigón de relleno.
- **Forjado de placa semirresistente**, en el cual el elemento resistente se compone de las placas, el hormigón y eventualmente armaduras.
- **Forjado de placa perdida**, en el cual se considera resistente solamente el hormigón armado colocado encima, constituyendo las placas el encofrado perdido.
- **Fachada de placa simple**, cuyas placas constituyen el cerramiento, con o sin elementos aislantes incorporados in-situ.
- **Fachada de panel**, cuyos paneles constituyen el cerramiento. Las placas y paneles se fabrican por conformado progresivo en frío con rodillos de formas variadas, a partir de bandas de chapa laminada en frío.

Antes o después del conformado, la chapa puede ser sometida a operaciones de acondicionamiento de su superficie: galvanizado, pintado, recubrimientos plásticos, etc.

192

Derogada

Se deroga por el Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre⁷¹.

Firma

JUAN CARLOS R

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo.

LUIS ORTIZ GONZÁLEZ

⁷¹ <http://www.boe.es/boe/dias/1996/01/18/pdfs/A01414-01620.pdf>



La darrera de les normatives, la **MV 111** -molt curta (3 pàgines del BOE corresponent- tractarà de **les plaques i panells de xapa conformada d'acer**. Aquestes seran **la placa ondulada, la placa grecada, la placa nervada, la placa agrafada i el panell**. Malgrat això, només de les dues primeres la normativa en dóna les característiques mecàniques principals.

L'acer considerat en aquest cas és el A37b no aliat. Tal i com casos anteriors la norma recull,

La estructura del acero será homogénea, conseguida por un buen proceso en la fabricación, y un correcto laminado y conformación estando exenta de defectos que perjudiquen a su correcto uso.

Puede fabricarse por cualquiera de los procedimientos usuales, conversión por soplado, con oxígeno (Proceso LD, etc.), horno eléctrico, Martin-Siemens, convertidor ácido o básico

Per concloure,

193

La banda de acero empleada para conformar será laminada en frío, recubierta o no. Pueden fabricarse placas y paneles con otros tipos de acero, pero no se consideran incluidos en esta Norma.

Les característiques mecàniques de l'acer A37b dels panells venen donades per la següent taula;

Características mecánicas del acero	
Límite elástico	$\sigma_e \geq 24 \text{ kp/mm}^2$
Resistencia a tracción	$37 \text{ kp/mm}^2 \leq \sigma_r < 48 \text{ kp/mm}^2$
Alargamiento de rotura	$\delta \geq 25 \%$
Doblado	Satisfactorio realizando el ensayo según 3.2
Salvo acuerdo en contrario no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 3 kp/mm ² de menos. Estas características coinciden en lo esencial con las que indica la norma UNE 36-080-73.	

Figura 4.134 Característiques mecàniques de l'acer dels panells.



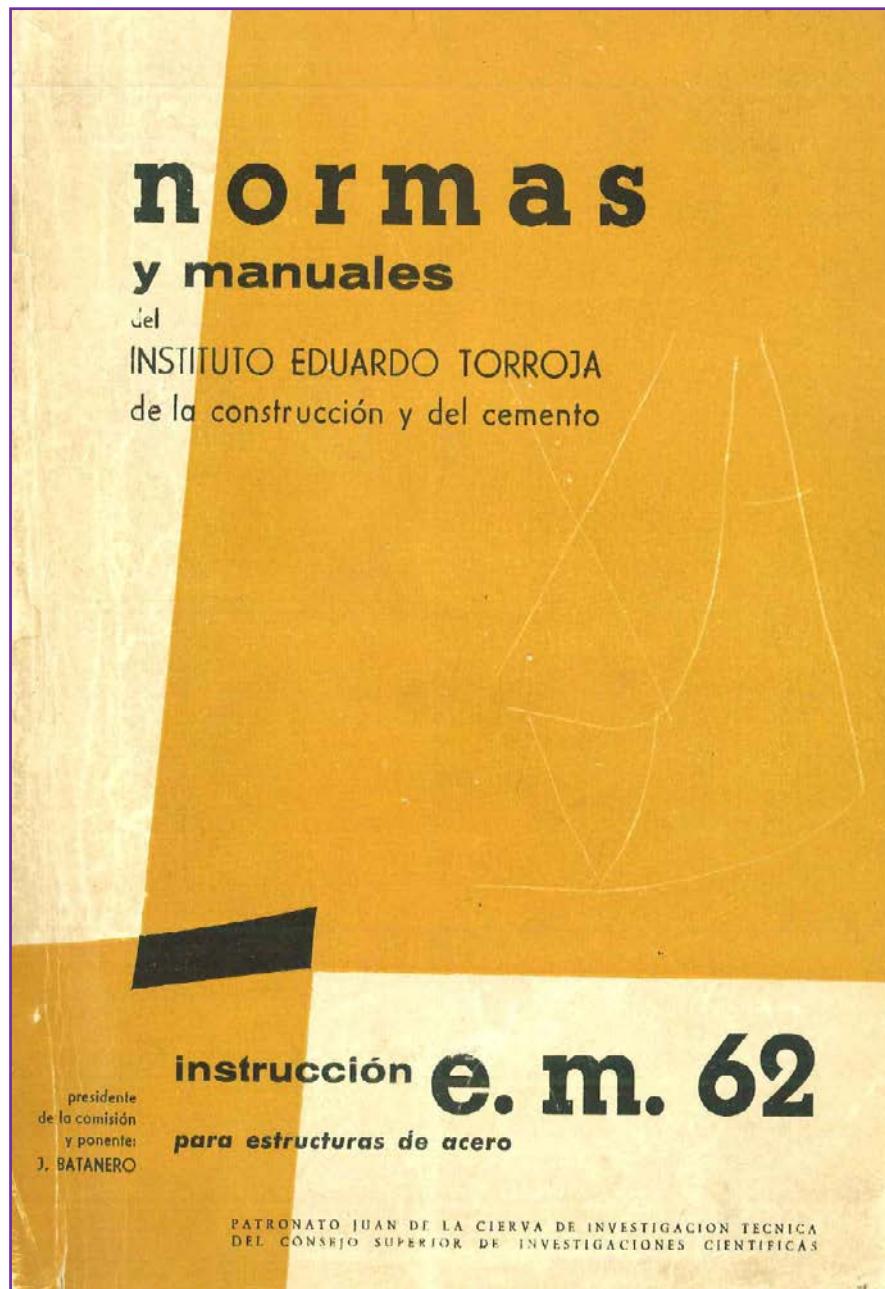
Les sèries de plaques i panells que recull la normativa són:

Sèries de elements conformados	
SÈRIE	NOTACIÓN
Placa ondulada	O.e
Placa grecada	G.e
Placa nervada	N.n.h.p.e
Placa agrafada	A.n.h.p.e
Panel	P.a

n = Número de nervios entre ejes de solapo.
h = Altura de la placa, en mm.
p = Paso entre nervios, en mm.
e = Espesor de la chapa, en mm.
a = Espesor del aislante, en mm.

Figura 4.135 Sèries de plaques i panells.

Designació	Característica principal	Perfil
Placa ondulada	Su sección está constituida por ondas de perfil curvilíneo.	O.0,5 - O.1,2
Placa grecada	Su sección está constituida por ondas de perfil trapecial con bordes redondeados.	G.0,5 - G.1,2
Placa nervada	Su sección está formada por trapecios desiguales con bordes redondeados y a veces con acanaladuras en los lados largos.	No constituyen series por la variedad de formas y dimensiones con que se fabrican.
Placa agrafada	Es una placa nervada, uno de cuyos bordes tiene una grafa, pliegue con que se introduce en el borde liso de la placa contigua y se aplasta para mejorar la estanqueidad.	Los datos figuran en los catálogos de los fabricantes
Panel	Es un elemento constituido por chapas conformadas de acero, enlazadas en fábrica o en obra, con material aislante intermedio.	Los datos figuran en los catálogos de los fabricantes



195

4.3.2. Instituto Eduardo Torroja. Instrucción E.M. 62 para estructuras de acero



INSTITUTO EDUARDO TORROJA

INSTRUCCIÓN E.M. 62 para estructuras de acero.

Publicación: Normas y manuales del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y
del cemento

Publicación: Madrid, 1962

Era urgente, el disponer de una codificación de carácter general que, en lo posible, llenase las lagunas que todavía no han sido cegadas, o que no parece que puedan serlo en un plazo breve. De aquí, quizá, la prolíjidad y desmesura del articulado de esta Instrucción.

Amb aquesta sentència, treta de la introducció de la present instrucció, ens podem fer una idea del que va representar la sortida a la llum de la mateixa.

Hem vist que la normativa existent a l'inici de la dècada dels seixanta era la de **1941** que cada vegada anava quedant més obsoleta en concordança al que els nous fets econòmics del país estaven demanat. Per altra costat la sèrie **M.V.** encara no estava vigent (i de fet com hem vist fins l'any 1982 s'anirà publicant). Serà amb aquest esperit que *el Instituto Eduardo Torroja* publicarà la **INSTRUCCIÓN E.M. 62 para estructuras de acero**; coneguda com la **EM 62**.

196

Abierto su espíritu a todas las inquietudes del quehacer técnico en la Construcción, Eduardo Torroja no podía dejar de sentir la comezón de preparar una Instrucción de Estructuras Metálicas. Tan pronto como creyó contar con los medios, oportunos, dio personalmente, en octubre de 1960, la orden de comenzar la tarea.

La presente Instrucción de Estructuras Metálicas representa, en primer lugar, un intento para llamar la atención sobre la **urgencia de una tarea que es preciso acometer, sin demora, en nuestro país**. La de la recopilación y puesta a punto de las ideas y principios fundamentales que deben presidir el **proyecto, cálculo y ejecución de las construcciones**



metálicas, cuyo desarrollo se augura rápidamente creciente en los próximos años.

La instrucció consta de dues parts; la primera anomenada **articulat** de 162 pàgines -essent la part normativa en sí, i una segona de **comentaris** a la primera que abastarà 134 pàgines recollides segons;

ARTICULADO		COMENTARIOS	
0	Generalidades	0	Generalidades
1	El proyecto	1	El proyecto
2	El constructor	2	El constructor
3	Los materiales	3	Los materiales
4	Cargas	4	Cargas
5	Bases de cálculo	5	Bases de cálculo
6	Medios de unión	6	Medios de unión
7	Piezas sometidas a tracción o a compresión	7	Piezas sometidas a tracción o a compresión
8	Piezas flectadas	8	Piezas flectadas
9	Aparatos de apoyo	9	Aparatos de apoyo
10	Ejecución en taller	10	Ejecución en taller
11	Montaje	11	Montaje
12	Tolerancias	12	Tolerancias
13	Protección	13	Protección
14	Pruebas	14	Pruebas

197

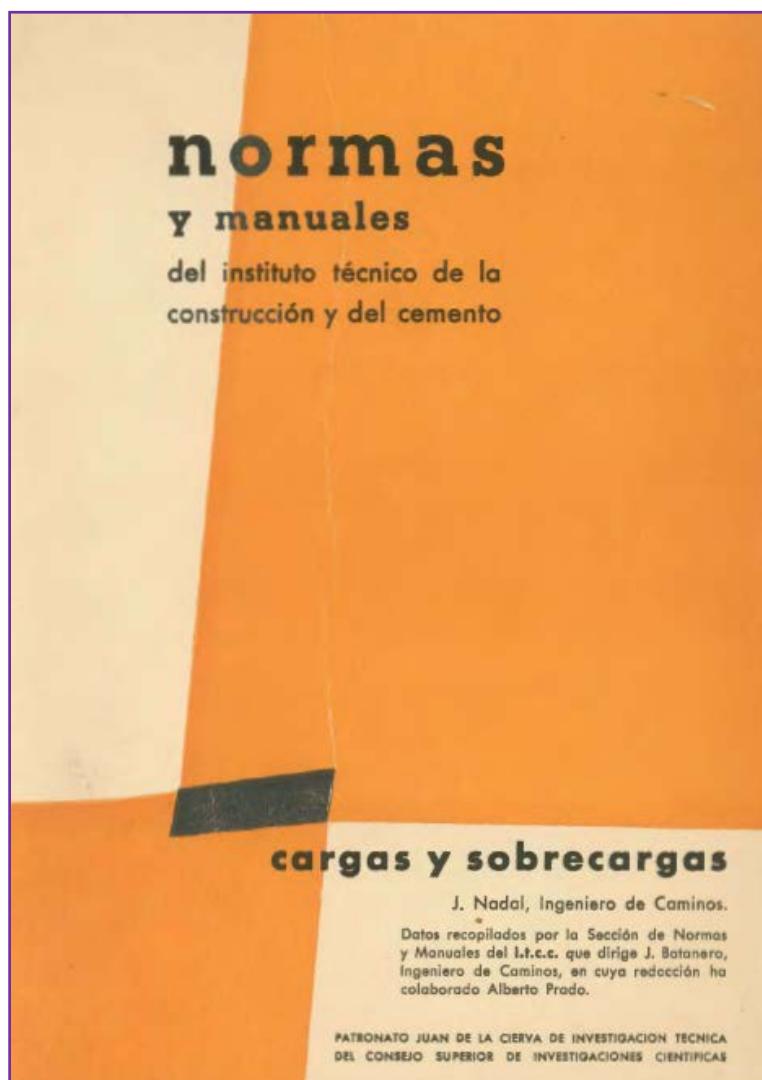
El manual conclou amb un interessant apartat bibliogràfic normatiu que recull les principals normatives vigents (o vigents fins feia poc) de distints països. És interessant indicar-los per posar-los en coneixement d'un possible



lector interessat en les mateixes ja que constitueixen una important font històrica. Així trobem Alemanya, Anglaterra, Bèlgica, Espanya, Estats Units, França, Polònia, Rússia i Suïssa.

Acabaríem amb una important contribució del *Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (I.T.C.C.)* amb la presentació d'un petit fascicle on s'hi reculen les càrregues i sobrecàrregues ha considerar el projectista ja que,

La determinación precisa de todas las fuerzas que puedan solicitar a una estructura constituye uno de los jalones primordiales, quizá el más fundamental de todos, de su proyecto.



198

Figura 4.136 Cargas y Sobrecargas. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.



Es interessant remarcar que, a partir de la normativa de l'any 1941 la norma dedicada a les **accions sobre les edificacions** sempre es presentarà en format separat. Així trobarem tant la present com les abans referides **MV-101** i **AE-88**.

Amb això es destaca que una cosa és l'avaluació de les accions, l'altre la metodologia de càlcul i l'altre el càlcul estructural amb l'acer (o el formigó)

En efecto (en referencia a las acciones sobre la edificación), el descuidar este punto pudiera hacer completamente ilusoria la seguridad prevista en los métodos de cálculo y comprobación utilizados y peligroso el afinamiento de las secciones que caracteriza a las ligeras estructuras modernas de cualquier material.



PERFILES ESTRUCTURALES

**en acero
A 42-b**

**Fabricados
por
ENSIDESAS
desde hace
diez años**



Los perfiles estructurales de ENSIDESAS tienen unas tolerancias tan pequeñas, que hacen que el peso utilizado en la construcción sea el calculado. El rendimiento que se obtiene con los perfiles de ENSIDESAS es máximo.

- A 42-b - mayor resistencia
- A 42-b - menor peso
- A 42-b - mejor soldabilidad

ACERO PARA ESTRUCTURAS METALICAS SEGUN LAS NORMAS UNE Y MV.

La calidad indiscutible de los perfiles de ENSIDESAS está avalada por su certificado de garantía ¡EXCELENTE!



ensidesa

Dirección Comercial: Velázquez, 134 - MADRID-6
Delegaciones de Ventas: Ercilla, 36 - BILBAO-II
Bauzá, 20 - BARCELONA-10



**PRONTUARIO
ensidesa**

ENSIDESAs se complace en poner a disposición de todos los profesionales y constructores del país, los dos volúmenes del Tomo II de su Prontuario.

Con esta edición, se completa la obra iniciada con el Tomo I, ofreciendo en su conjunto el más moderno y eficaz Manual para Cálculo de Estructuras Metálicas.

En el mismo se contienen las bases de cálculo precisas y sencillas aplicaciones de más interés, tanto en edificación como en otros tipos de estructuras, con tablas y estíacos para todo tipo de perfiles, incluidos los más modernos de Carpeta Paralelas, IPE y HE, estos últimos en sus versiones aligerada, normal y pesada, que ENSIDESAs fabrica permanentemente dentro de su completa gama de Perfiles Estructurales.

De venta en Librerías

ensidesa
Dirección General Comercial
Velázquez 134 - Madrid 8 - España

IPE
Un ligero con aguante de pesado

201

ENSIDESAs primera siderúrgica integral del país, fabrica en su tren estructural de cajas universales de Verlata, por primera vez en España, la gama más completa de PERFILEUROPEO IPE.

PERFILEUROPEO IPE es un ligero con aguante de pesado, porque ofrece: menor peso para el mismo módulo resistente, lo que representa considerable ahorro de acero, que puede ser superior al 20% con respecto a perfiles normales.

*A parte de tan significativas cualidades económicas y de empleo, el IPE proporciona:

- Alas paralelas. • Alas más anchas.
- Mayor radio de giro. • Menor volumen de soldadura.

ENSIDESAs fabrica PERFILEUROPEO IPE desde: IPE 160 a IPE 500, gama con la que se cubren ampliamente las necesidades del mercado.

ensidesa
Velázquez, 134 - Madrid 8

4.4.1. Tecnologia dels materials



L'any 1963, el professor de la *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, alhora que director de l'empresa **ENSIDESA**, Amilio Fernández Cano, prologava el llibre *La Construcción Metálica*⁷² on s'hi recollia:

En un periodo, por desgracia largo, desde la terminación de nuestra guerra hasta fecha muy reciente, la construcción de edificios y otras estructuras se polarizó en el empleo del hormigón armado con una drástica reducción de la utilización de laminados de acero, que por la insuficiencia de nuestra producción siderúrgica fue disminuida hasta angustiosos límites, incluso con la acción de disposiciones oficiales.

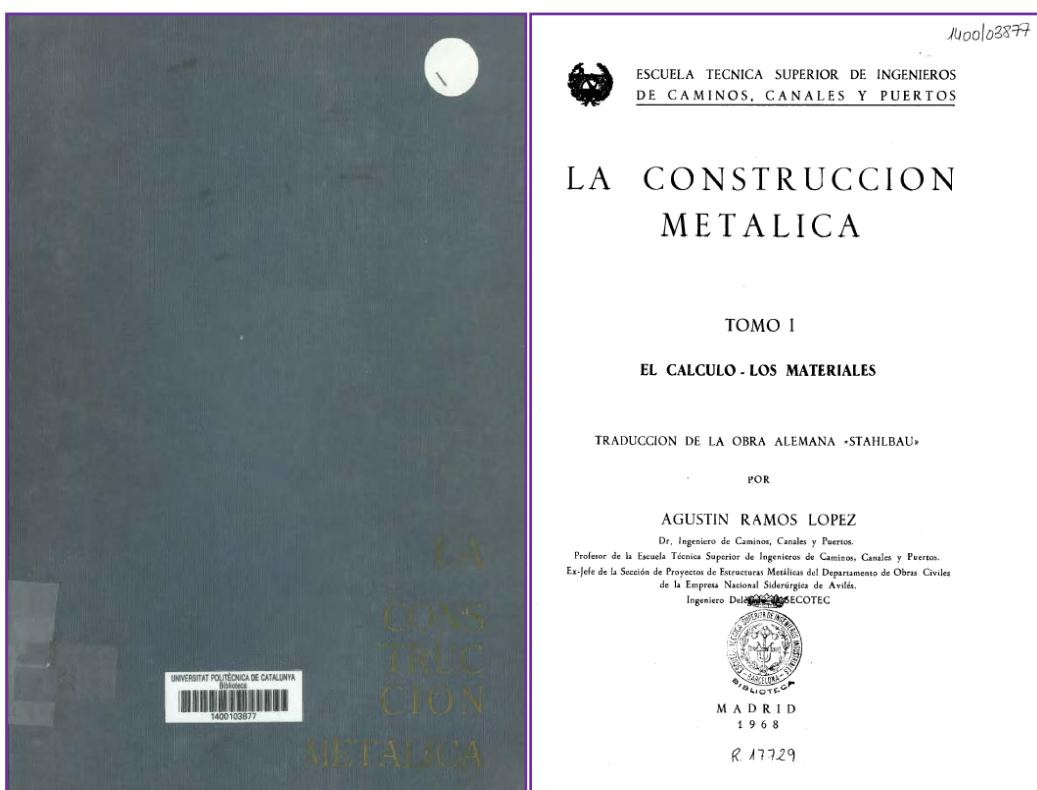


Figura 4.137 La Construcción Metálica. STAHLBAU

El llibre, traducció de l'obra alemanya STAHLBAU, arribà a l'estat espanyol com el manual *más empleado en Alemania, país que produce la mayor*

⁷² La Construcción metálica / traducción de la obra alemana "Stahlbau" editada bajo la dirección de la Deutscher Stahlbau-Verband (1968). Madrid: Tipografía Artística, 1968



cantidad de acero en la Europa Oriental y que tiene para nosotros la ventaja de presentar las ideas, seguir los métodos y cumplir las prescripciones más familiares y difundidos en España.

De fet el llibre fou recomanat per l'enginyer Rafael Casals en ser preguntat per un manual de referència i alhora de consulta pels professionals que, com ell mateix, treballaven en aquest període.

Es natural que esta paralización de actividades se haya reflejado en la **formación de nuestros técnicos**, carentes de campos de aplicación de sus conocimientos, y que este desuso del metal en la construcción haya reducido el número de publicaciones en los aspectos relacionados con la materia.

Les anteriors afirmacions, així com la que segueix, serien un perfecte resum de la situació per la qual passà, com s'ha vist, l'estructura metàl·lica. Aquest fet, tal i com l'autor fa present, no podia deixar sense conseqüències també l'àmbit acadèmic i professional.

203

La terminación de tan penosa situación con la puesta a disposición del mercado de importantes masas de productos siderúrgicos, **con motivo de la entrada en funcionamiento de la planta de Avilés** y la capacidad de producción de otras plantas, ha determinado, después de un periodo de adaptación de casi dos años, a partir de la terminación de la etapa de estabilización, **una verdadera explosión en el proyecto y ejecución de obras metálicas**.

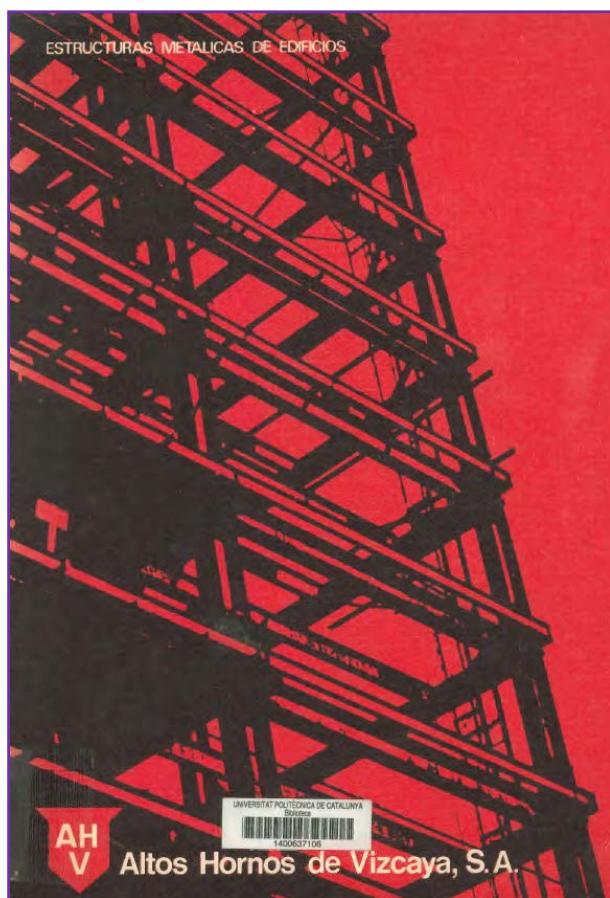


Figura 4.138 Altos Hornos de Vizcaya, A.H.V.



En la década de los sesenta la industria siderúrgica española ha experimentado un espectacular crecimiento, tanto en volumen de producción como en mejora notabilísima de la calidad y regularidad de sus productos. Este proceso **ha venido a poner fin a cerca de veinte años de penuria** y, en consecuencia, a restituir al **proyectista y al constructor unas posibilidades en la utilización de los materiales metálicos**, para sus decisiones sobre el tipo de estructura, que en aquella época de escasez le estaban vedadas.

Aquesta sentència ha estat estreta del llibret *Estructuras Metálicas de Edificios*⁷³ de la referida empresa Altos Hornos de Vizcaya. De fet, lliga perfectament amb tot el que l'apartat històric ens havia proporcionat; **arran del Pla d'Estabilització l'auge de l'estructura metàl·lica és considerable.**



204

Figura 4.139 Estructuras metálicas de edificios. Altos Hornos de Vizcaya.

⁷³ BATANERO, Juan, [et al.] (1971) *Estructuras metálicas de edificios*. Zamudio, Bilbao.



Així, doncs, tal i com hem fet als BLOCS precedents, el material presentat ens servirà de guia d'estudi pel desenvolupament de l'apartat.

Les bases de càlcul que ens introduceix el manual indiquen que són les corresponents normes del *Ministerio de la Vivienda MV 101, MV 102, MV 104, MV 105 MV 106 i MV 107* les emprades.

En ser l'any 1971 quant es publica el material, la normativa **MV 103** encara no estava vigent i per tant es refereix al lector a la mencionada **E.M.62** qualificada com *imprescindible*.

Está en preparación la Norma **MV 103**, que se refiere al cálculo de las **estructuras metálicas de edificación** y que será obligatoria una vez promulgada.

També com a bases de càlcul ens indica l'existència de tres acers **A37, A42** i l'acer **A52**. Tot i això, novament trobem una referència al desús cada vegada més generalitzat del primer dels mateixos.

205

Fetes aquestes consideracions, es passa a un punt clau del manual; **la classificació dels tipus estructurals**.

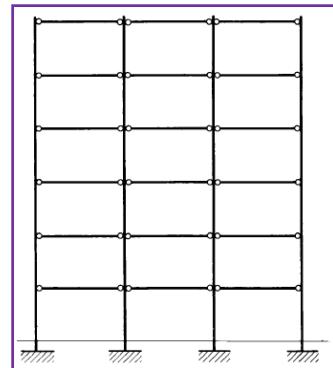
Aquest apartat s'ha considerat fonamental ja que ens està donant idea de com es construïa i quines eren les tipologies més habituals a l'època en la qual es presenta el promptuari.

- **Estructures totalmente isostàtiques.**
- **Estructures amb bigues contínues.**
- **Estructures de pòrtics amb nusos rígids.**
- **Travaments**



• Estructures totalmente isostàtiques.

El podem considerar com un dels casos més simples en quant a càlcul ja que es consideren les bigues com articulades amb la qual cosa es poden aplicar les relacions vistes al BLOC I de biga aïllada simplement recolzada.



Veurem el sistema emprat per la seva resolució que, com dèiem, ens donarà idea de la sistematització emprada en el període que estem tractant.

En aquest cas les hipòtesi inicials són:

Acer A-42 ; Coeficient de seguretat $\nu=1,5$; Tensió màxima admissible $\sigma_{adm,l}=1730 \text{ Kg/cm}^2$. Càrrega $p=3,6 \text{ t/m}$; Càrrega $N=90 \text{ t}$.

206

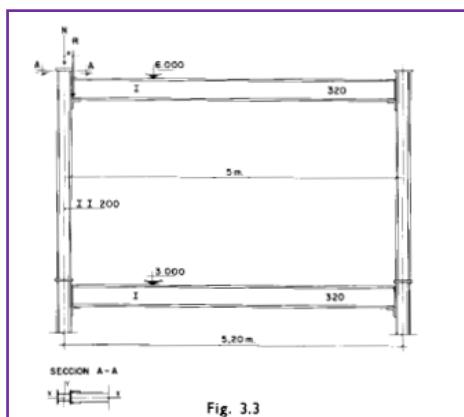
Destacar l'ús, molt generalitzat a l'època d'aquest tipus d'acer **A42** amb les seves característiques que la **MV 102** ens indicava.

En ser una unió articulada es procedeix al càlcul del moment màxim com:

$$M = \frac{p \cdot l^2}{8} = 11,25 \text{ mT}$$

Dada que ens permet **trobar el perfil adequat**;

$$W \geq \frac{M}{\sigma_{adm,l}} = 650 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{I 300}$$



Un cop trobat el possible perfil, es passa a **comprovar la deformació**.

Per això s'empra la fórmula (simplificada) corresponent que la normativa **MV 103** havia proposat;

$$f_{max} = \frac{5^2 \cdot 17,23}{30} = 14,36 \text{ mm.}$$



4.º Limitaciones de flecha.

Los valores máximos aceptados para las flechas referidas a la acción conjunta de cargas y sobrecargas, son las que se indican a continuación:

- Forjados de cubierta no visitables $f < \frac{L}{250}$
- Forjados de cubierta visitables $f < \frac{L}{350}$
- Forjados de piso y vigas de piso, que no soporten tabiques ni muros $f < \frac{L}{400}$
- Forjados de piso y vigas de piso, que soporten tabiques o muros $f < \frac{L}{500}$

$$f_{máx.} < \frac{L}{400}; 14,36 > 12,5 \text{ i per tant el perfil NO es válido.}$$

Es repeteix el procediment anterior amb el perfil I 320 que SÍ resultarà correcte.

Tot seguit es procedeix a l'estudi del pilar. En aquest cas suporta el valor N donat per l'enunciat més la corresponent part del valor de la jàssera i el moment provocat per la seva excentricitat.

$$N = 90 + \frac{3,6 \cdot 5}{2} = 99 \text{ t; (Esforç axial)}$$

$$M_t = 9 \cdot 0,10 = 90000 \text{ cmkg. (Moment flector)}$$

Comprovació de tensions;

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \leq \sigma_{adm,l}$$

Valor que el nostre perfil compleix. A continuació és comprova *la seguridad frente al pandeo en el plano del momento* segons:

5.º Pandeo.

Los soportes y piezas en compresión se calcularán teniendo en cuenta la posibilidad de pandeo. Ello puede hacerse aumentando el esfuerzo de compresión, afectándolo de un coeficiente, ω , que se obtiene en función de la esbeltez mecánica, λ , de la pieza, mediante las tablas del Apéndice III. La determinación de dicha esbeltez, λ , debe hacerse de acuerdo con las prescripciones del capítulo 7 de la Instrucción E. M. 62 (edición 1969).



$$\frac{N}{A} \omega + \frac{M/2}{W} \cdot 0,9 \leq \sigma_{adm,l}$$

Arribats a aquest punt podem deduir que en aquest període era ja freqüent el **càlcul per resistència i per fletxa** de les jàsseres així com, pel cas dels pilars, el **mètode omega** estava ja perfectament generalitzat.

Es mostra com a exemple el càlcul de la següent jàssera⁷⁴.

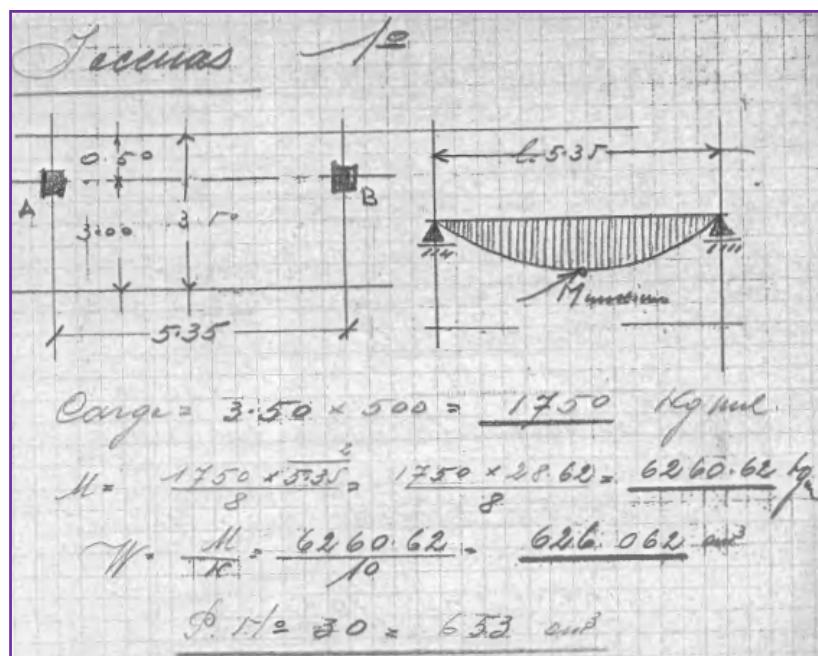


Figura 4.140 Detall càlcul jàssera simplement recolzada.

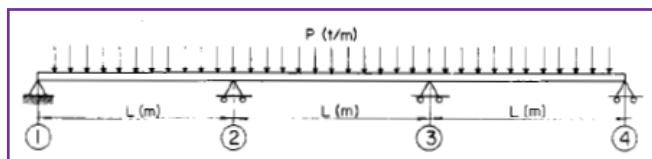
⁷⁴ Proyecto de construcción de un almacén comercial, para abastecedora catalana, S.A., en el solar de su propiedad, sito en la avenida del capitán López Varela y Paseo Nacional de esta ciudad. Barcelona junio de 1970.



• Estructures amb bigues contínues.

El promptuari estudia el cas de les bigues contínues formulant quatre hipòtesi possibles tot i comparant-les:

1. Bigues simplement recolzades.
2. Biga contínua d'inèrcia constant i procediment de càlcul elàstic.
3. Biga contínua i procediment de càlcul elàstic, emprant reforços.
4. Biga contínua i procediment de càlcul plàstic, emprant reforços.



Bigues simplement recolzades.

El cas més simple dels possibles. Vindria a ser un cas molt semblant a l'anterior. En tractar-se d'una biga recolzada el procediment de càlcul es simplifica notablement.

209

$$M = \frac{P \cdot l^2}{8} = 6,562 \text{ mT}$$

Dada que ens permet trobar el perfil adequat;

$$W \geq \frac{M}{\sigma_{adm,l}} \rightarrow \text{I 260}$$

Un cop trobat el possible perfil, es passa a comprovar la deformació.

$$f_{max.} = \frac{14,85 \cdot 5^2}{26} = 14,3 \text{ mm.}$$

$$f_{max.} < \frac{L}{500}; 14,3 > 10 \text{ i per tant el perfil } \textbf{NO} \text{ es vàlid.}$$

Es repeteix el procediment anterior amb el perfil **I 300** que **SÍ** resultarà correcte.

En aquest cas el manual introduceix el càlcul del **pes** com a novetat. Aquesta s'emprarà, *a posteriori*, tot i comparant-la enfront les altres tipologies. Pot ser una dada a tenir en compte per tal d'escollir una determinada solució.



Així doncs obtenim;

$$\text{Pes} = 3 \cdot 5 \cdot \mathbf{54,2} = 813 \text{ kg}$$

Biga contínua d'inèrcia constant i procediment de càlcul elàstic.

Ara trobem calculada la biga amb el mateix procediment que el cas anterior però amb unes consideracions que s'ha creut interessant remarcar.

Indicar que el càlcul del valor del moment flector s'obté directament d'una **fórmula** i no del desenvolupament de cap dels procediments anteriorment vistos. Aquest valor era habitual trobar-lo en els promptuaris d'estructures de l'època.

El valor del moment flector màxim produït als recolzaments es calcula segons;

$$M = \frac{p \cdot l^2}{10} = 5,25 \text{ mT}$$

Dada que ens permet trobar el perfil adequat;

210

$$W \geq \frac{M}{\sigma_{adm,l}} \rightarrow \mathbf{I 240}$$

Un cop trobat el possible perfil, es passa a comprovar **la deformació**. Novament es fa ús del promptuari. En aquest cas ens indica;

La flecha es $f = 0,519 \cdot f_0$, si en f_0 la flecha como viga simplemente apoyada.

Així doncs obtenim un valor de $f = 10 \text{ mm} = f_{adm}$

Només resta el càlcul del pes de la biga contínua que l'avaluem com;

$$\text{Pes} = 15 \cdot \mathbf{36,2} = 545 \text{ kg}$$



Biga contínua i procediment de càlcul elàstic, emprat reforços.

El promptuari comença a calcular novament el moment màxim, en aquest cas avaluat com;

$$M = 0,08 \cdot 2,1 \cdot 5^2 = 4,2 \text{ mT}$$

Dada que ens permet trobar el perfil **I 220**.

Partint d'aquest valor del perfil, el promptuari comprovarà si és suficient per suportar el moment màxim dels recolzaments;

$$M = \frac{p \cdot l^2}{10} = 5,25 \text{ mT}$$

Aquest valor ens permet comprovar el valor de la tensió corresponent que, en aquest cas, seria més gran que l'admissible ($1888 \text{ Kg/cm}^2 > 1730 \text{ Kg/cm}^2$)

La solució proposada, per tal de no variar el perfil prèviament obtingut fora la de reforçar els recolzaments. Fent els càlculs pertinents, s'obtenen uns reforços rectangulars 30·6

211

Ara doncs només resta el càlcul del nou pes que avaluem com;

$$\text{Pes} = 15 \cdot 31,1 + 4 \cdot 1,413 \cdot 0,30 = 468 \text{ kg}$$

Biga contínua i procediment de càlcul plàstic, emprant reforços.

Seria el darrer cas d'estudi. El valor del moment flector màxim és calculat segons;

$$M = \frac{p \cdot l^2}{11} = 4,77 \text{ mT}$$

Dada que ens permet trobar el perfil **I 220**.

El càlcul del pes de la biga es pot avaluar de manera molt simple;

$$\text{Pes} = 15 \cdot 31,10 = 466 \text{ kg}$$



Es mostra com a exemple el càcul de les següent jàsseres⁷⁵.

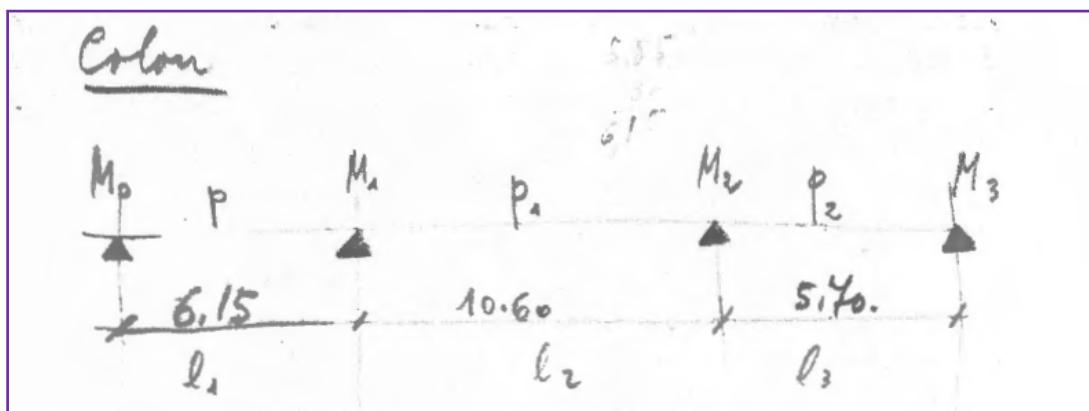
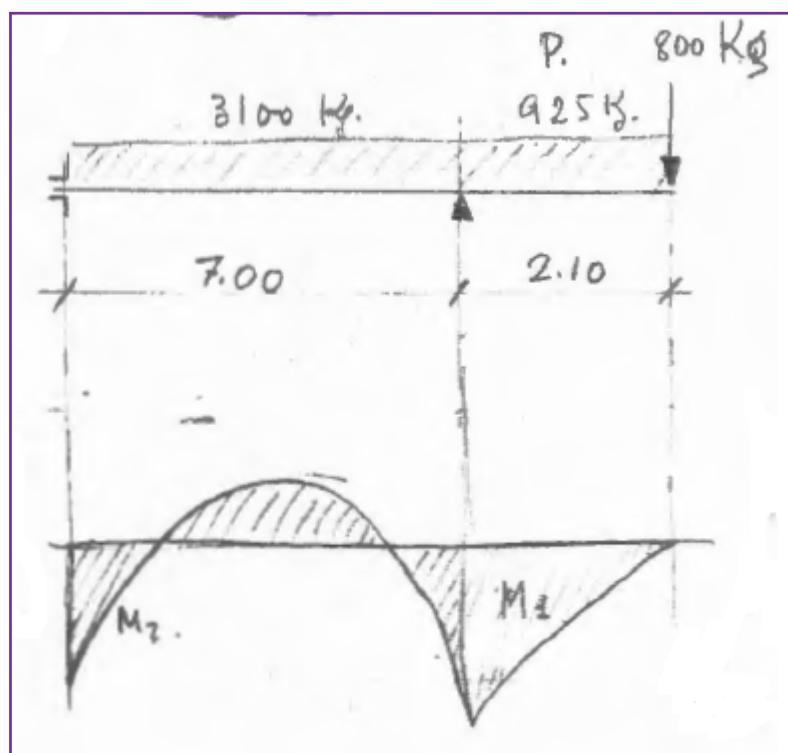


Figura 4.141 Detall biga contínua.



212

Figura 4.142 Detall biga contínua.

⁷⁵ Obra: Reforma del edificio del antiguo hotel Colón. Eusebi Bona Puig. Barcelona.



• Estructures de pòrtics amb nusos rígids.

Si fins ara bàsicament ens referíem al nostre estudi a les tipologies vistes als apartats anteriors, a partir d'aquesta època comença a ser cada vegada més habitual emprar **el nus rígid**.

La nova tecnologia, que permetria fer les unions més precises i acurades així com la sistematització de nous mètodes com el de Cross, va permetre al calculista la generalització d'aquesta tipologia estructural concreta. Gran part dels edificis d'aquesta època respondrien a aquest esquema estructural concret.

La raó esgrimida ja quedava palesa al mateix promptuari;

Este tipo de estructuras, además de tener las ventajas de que pueden los pórticos resistir los esfuerzos horizontales en la dirección de su plano, suelen ser de más rendimiento, para grandes luces, que sus equivalentes de nudos articulados o de vigas continuas.

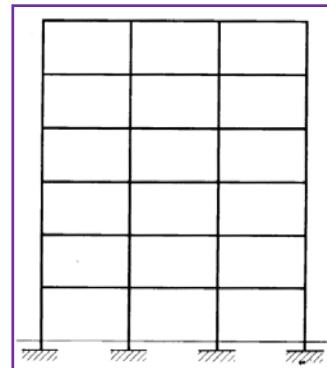
213

Tot i això destaca,

Tienen el inconveniente que en estas estructuras tiene mayor repercusión la existencia de asientos diferenciales.

Com a exemple destaquem el que ens proporcionà el Dr. Rafael Casals Bohigas sobre una obra feta per ell mateix l'any 1959⁷⁶.

Tot i que la mateixa és de formigó armat, la solució estructural adoptada és la de nus rígid alhora que resolta per la metodologia de Cross.



⁷⁶ Proyecto de Estructura de Hormigón Armado de un taller de reparación de automóviles para SEIDA, S.A., en Barcelona. 1959

1900-1929 1930-1938 1939-1958 1959-1982 1983-2000

PARTICOS EXTREMOS.

Presentamos a continuación o aplicar el estudio general hecho para nervadura ortogonal, o nuestro caso particular.

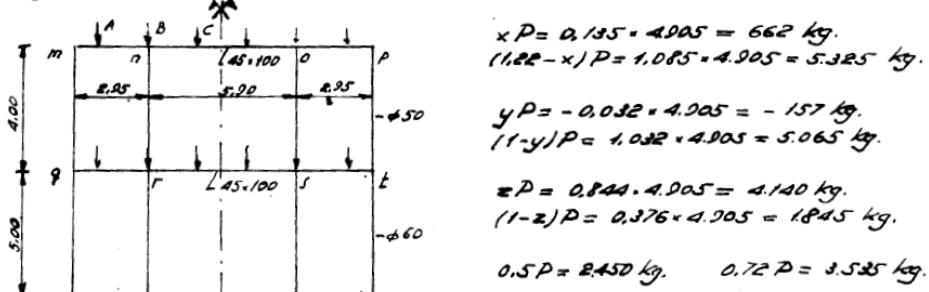


Figura 4.143 Estructura de nudos rígidos.

214

Aplicación del método de Cross.

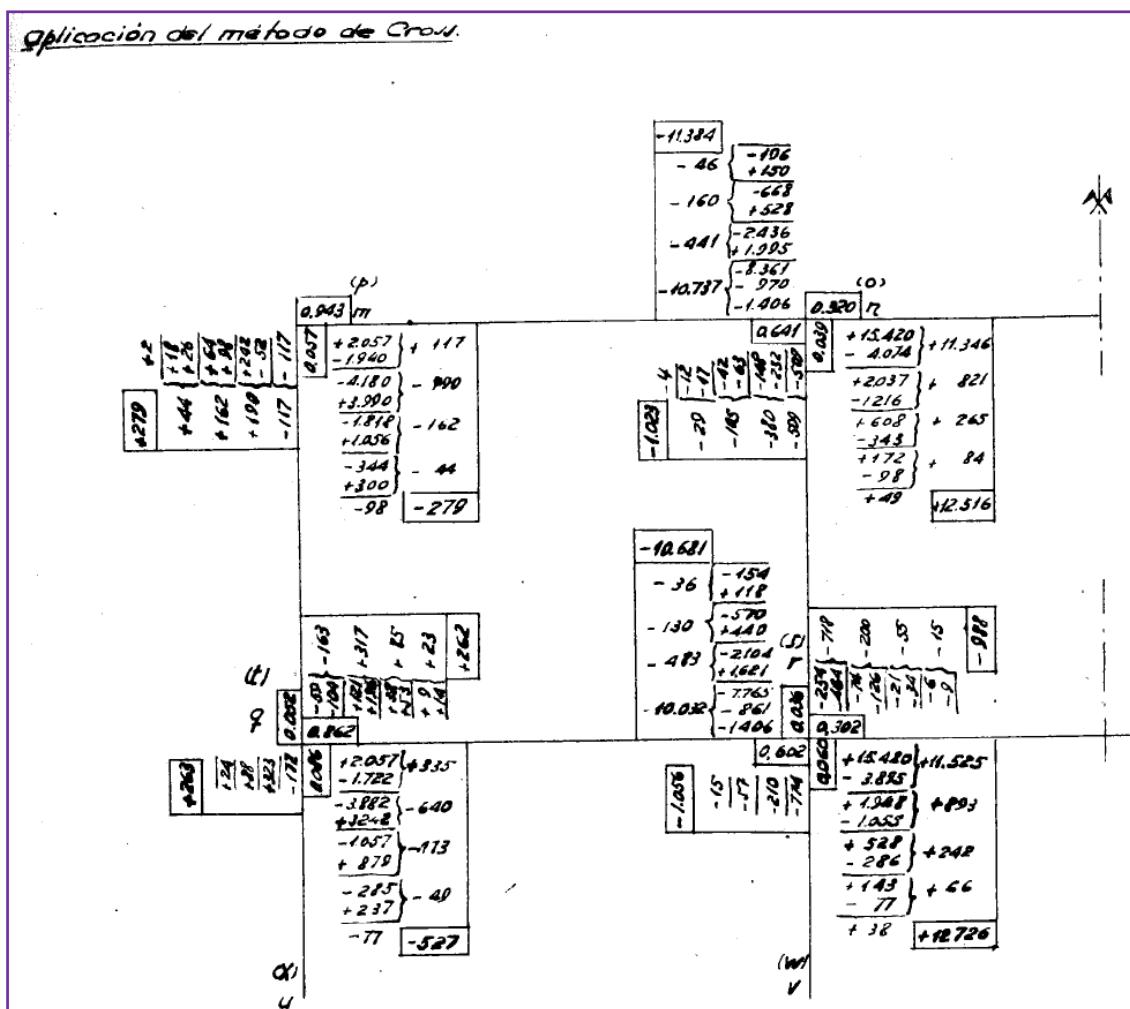


Figura 4.144 Aplicació del mètode de Cross.



Travaments⁷⁷

Importants alhora d'aconseguir l'estabilitat horitzontal són les que el promptuari anomena **jàsseres contravent**.

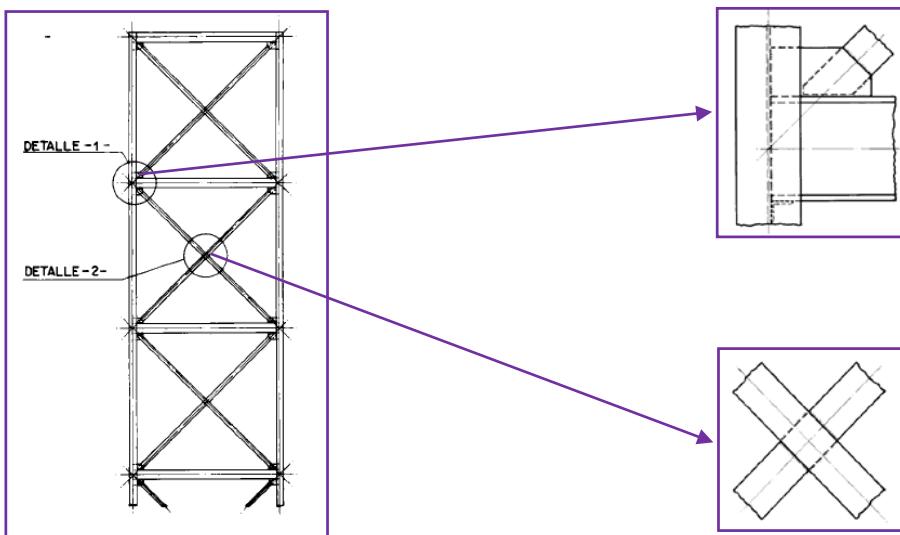


Figura 4.145 Detall de jàsseres contravent.

215

De fet, degut a l'esveltesa de moltes edificacions dissenyades a l'època, trobem exemples d'elements travats convenientment per tal d'evitar efectes secundaris no desitjats

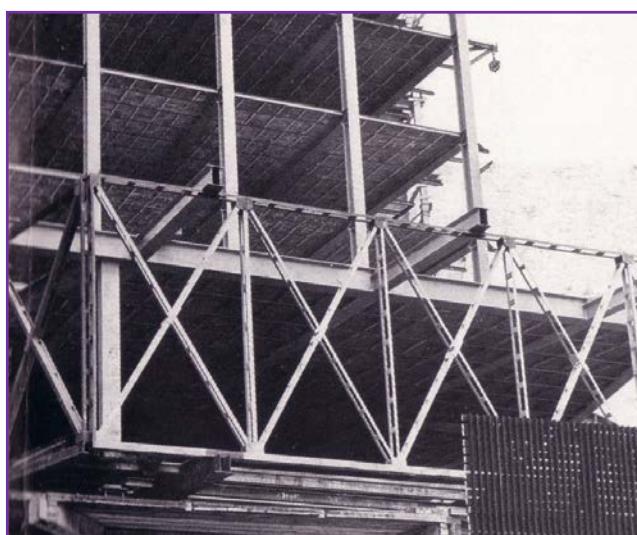


Figura 4.146 Façana del Col·legi d'Arquitectes⁷⁸.

⁷⁷ Arriostramientos.

⁷⁸ Autor: Xavier Busquets i Sindreu 1917-1990.



Com a darrer punt, i seguint l'analogia mostrada als distints BLOCS, es presentaran molt breument les tipologies de ferros habituals usats pels projectistes i que figuraven als catàlegs. En aquest punt, s'ha tornat al llibret del professor Gonzalo Ceballos que com hem vist era el que s'emprava a l'escola d'enginyeria.

Com és obvi també el promptuari de l'empresa AHV, el d'ENSIDES A i d'altres també ens els mostren. S'ha optat pel docent ja que és el que es suposa que els futurs tècnics havien prèviament emprat per a la seva formació i ens pot donar una idea del què realment sabien i de les eines de què disposaven.

Fonamentalment se'ns refereix als perfils laminats presentats com normals,

El acero dulce se utiliza en la construcción bajo la forma de perfiles laminados normales cuya sección ha sido elegida por consideraciones técnicas y estáticas.

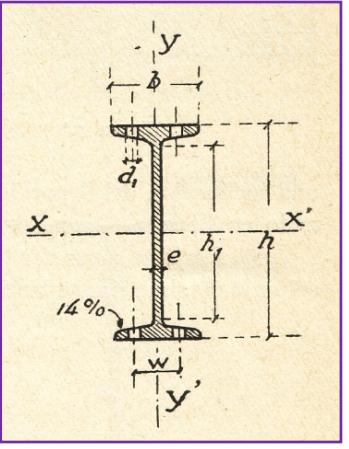
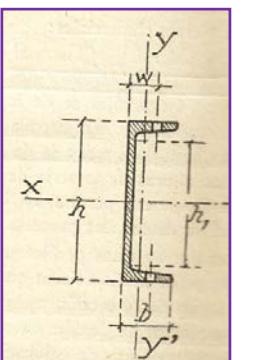
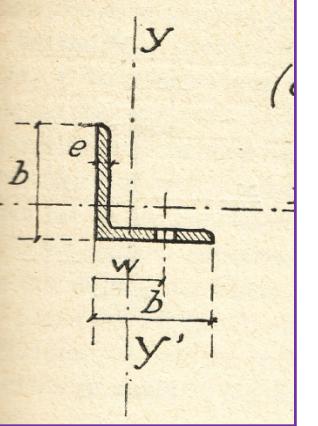
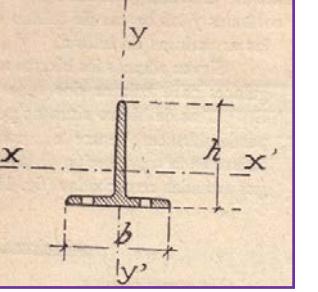
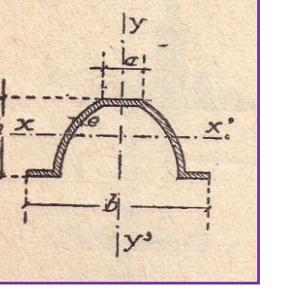
216

I els dits especials,

Destinados a material ferroviario, ventanales metálicos, cubiertas de cristal, etc.

Així doncs, bàsicament el fascicle ens remet a les següents tipologies.

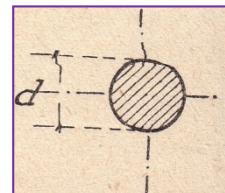
Classes de ferros comercials
Biguetes de perfil normal
Perfils normals
Ferros en angle
Ferros de simple
Perfils normals
Perfils Zorés

<h3>Biguetes de perfil normal (IPN)</h3>  <p>Amb disposició d'ànima i dues ales. Es laminen des de 8 cm fins 40 cm d'alçada (de 2 en 2 cm) i des de 40 fins 50 variant cada 2,5 cm. Degut a la forma de la secció transversal són aptes pels esforços de flexió i per tant són força utilitzats en construcció metàl·lica. Emprats com bigues principals, biguetes o de construcció de ponts. Degut a tenir l_y petit no s'utilitzen en suports aïllats pel problema del vinclament.</p>	<h3>Perfils normals</h3>  <p>Tenen un sol eix de simetria. Es troben des de 8 cm fins 30 cm d'alçada. S'utilitzen bàsicament, acoblant dues peces de manera que obtenim una secció amb dos eixos de simetria. Els trobem constituint elements verticals sotmesos a compressió i per constituir cordons de bigues de gelosia.</p>
<h3>Ferros en angle</h3>  <p>S'utilitzen acoblant dues peces per constituir els cordons de les armadures de gelosia. També s'empren per enllaçar dues superfícies perpendiculars i planes com el cas de les bigues armades reblonades. Es laminen en forma d'angle recte, de costats iguals i costats desiguals.</p>	<h3>Ferros simples</h3>  <p>Es laminen de dues formes; ala estreta ($h=b$) i ala ampla ($h < b$). Tenen poca aplicació en el món constructiu (exceptuant el cas d'armar claraboies i com elements estructurals de finestrals metàl·lics)</p>
	<h3>Perfils Zorés</h3>  <p>Aplicats en el cas de taulers de ponts i es designen amb l'alçada i l'ample del perfil (90.200).</p>

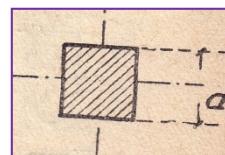


Al text també trobem referència a una altra classe de perfils anomenats “*otra categoría de hierros comerciales*”; en aquesta trobem els rodons, quadrats i plans.

- Barres de ferros rodons



- Barres de ferros quadrats



Els ferros rodons, segons cita el text, s’apliquen fonamentalment a les construccions de formigó armat i per a la fabricació de reblons, tensors i cargols. Finalment acaba amb la categoria dels ferros plans, característiques i aplicacions. Dins la categoria de ferros plans hi trobem:

Altres classes de ferros comercials	Gruix (mm.)	Ample (mm.)
Fleixos	$d < 4$	$b < 200$
Platinis	$4 < d < 10$	$b < 200$
Llantes	$10 < d < 200$	$b < 200$
Plans amples		$200 < b < 600$
Xapa		Forma irregular o $b > 600$

218

Platinis i llantes són utilitzades en platabandes de peces compostes. Els ferros plans s’apliquen per a formar ànimes i platabandes de bigues armades.

Les xapes emprades poden ser llises, estriades, embotides, blegades, i ondulades essent aquesta darrera tipologia subdividida en plana, alta i de doble o triple ona de Knudson.

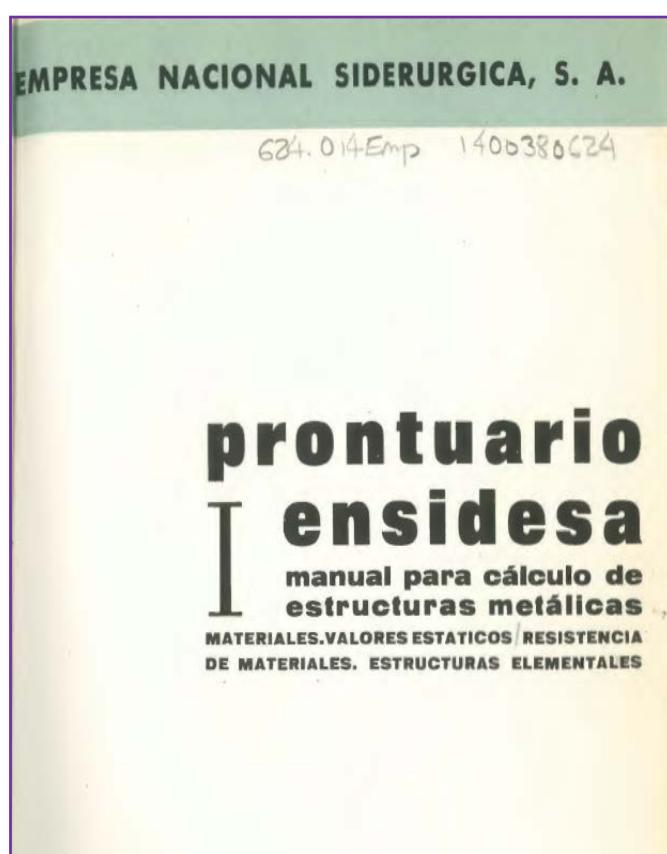
Només cal destacar que el fascicle del professor Ceballos no fa esment dels perfils d'ala ampla, que com s'ha vist a aquesta època comencen a ser força utilitzats -especialment en pilars d'estructures- prenent el nom usual de **perfils Grey**.



El Promptuari d'ENSIDESA

S'ha cregut interessant, arribats a aquest punt, fer una menció especial al **Promptuari d'ENSIDESA** -fonsamental a l'oficina de qualsevol calculista- editat per la Empresa Nacional de Siderúrgia, S.A. A la tercera edició, que data de l'any 1967, hi recollim⁷⁹:

Con este Prontuario o **Manual de la Construcción Metálica**, la Empresa Nacional Siderúrgica, S.A. pretende haber **recopilado** los elementos fundamentales y de mayor utilidad para el trabajo del proyecto y constructor de estructuras metálicas. Se trata, por lo tanto, de una obra cuyo mérito no radica en la originalidad. Nuestro principal interés ha sido el **presentar de forma ordenada y fácil manejo** el resultado de un trabajo concienzudo de recopilación de datos que, si no en su totalidad, en su mayor parte pueden encontrarse dispersos en la literatura técnica sobre el tema.

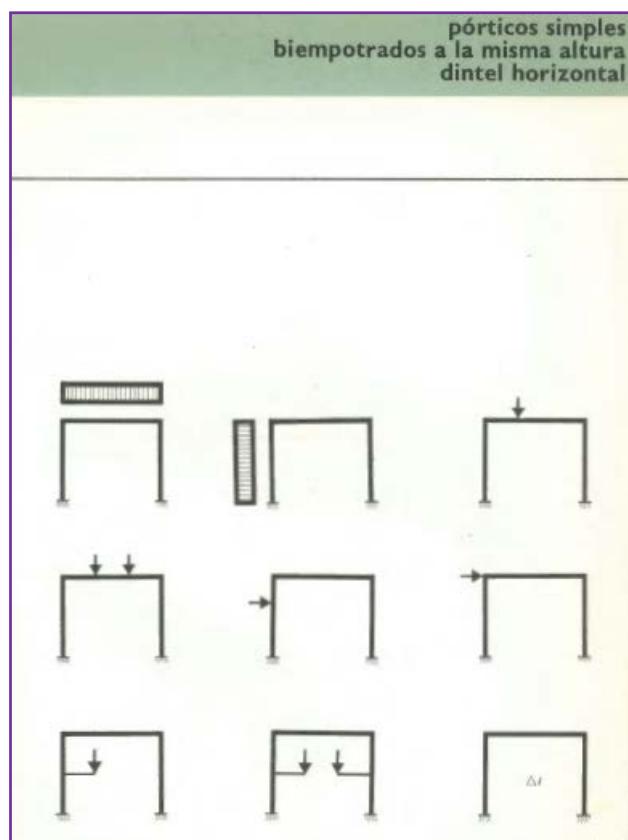


219

Figura 4.147 Prontuario de ENSIDESA.

⁷⁹ La primera edició correspon a 1967.

Aquest volum principalment inclou la formulació de la Resistència de Materials (valors estàtics) així com aplicacions al cas d'estructures elementals com serien bigues simples, d'inèrcia variable i continues amb unes breus formulacions de pòrtics simples de tipologia diversa.



220

Figura 4.148 Exemple de Pòrtics simples segons el Promptuari (I).

La metodologia proposada pel promptuari recorda la comentada a l'apartat del mètode Kleinlogel. Primer es dóna tot un seguit de possibles esquemes estructurals genèrics per, un cop identificat el que correspondia al desitjat, mostrar la solució en funció de distints paràmetres com podrien ser les longituds, les inèrcies o el valors de les accions entre d'altres.

Amb aquesta metodologia s'estalviava al projectista els càlculs de les distintes sol·licitacions ja que les mateixes es trobaven tabulades. Aquests valors, sigui directament, sigui pel principi de superposició, eren fàcilment i ràpidament deduïbles.

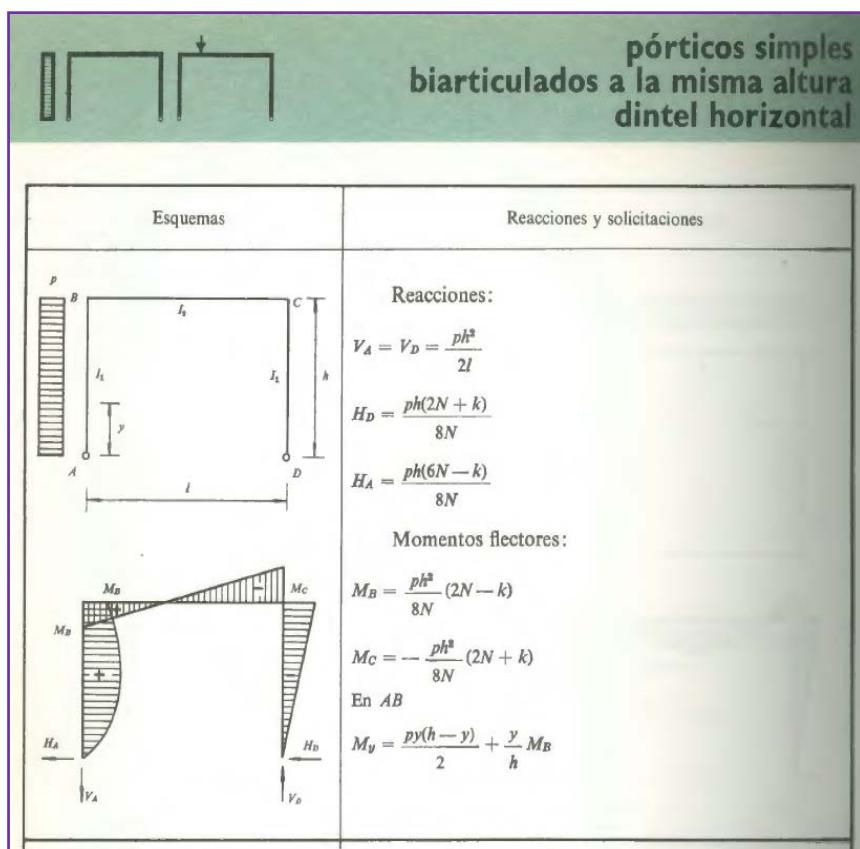


Figura 4.149 Exemple de Pòrtics simples segons el Promptuari (II).

La omissió d'altres conceptes clau com podrien ser l'estudi de les unions així com altres sol·licitacions -com la flexió o torsió- no queden contemplades en aquest volum inicial. La raó ve donada per la següent sentència;

El presente tomo, primero de la serie, comprende las dos primeras materias (Valores estáticos de materiales y Resistencia de materiales). Para la publicación de las restantes se ha considerado conveniente esperar a conocer la forma definitiva de la norma **MV 103**, cuya publicación ha anunciado el **Ministerio de la Vivienda**, a fin de adaptarnos a sus prescripciones y facilitar de esta manera la labor del proyecto.

A mesura que s'anaven publicant noves edicions, el contingut de les mateixes s'ampliava. S'afegien generalitats cada vegada més extenses de l'estructura metàl·lica així com s'abordava, ja molt abastament, les bases de càcul.



En consecuencia, el proceso de cálculo preconizado en las Instrucciones españolas actuales y por tanto en este Prontuario consiste en:

- Obtención de las solicitudes de cálculo, S_d , relativas al estado límite en estudio, a partir de los valores ponderados de las acciones características
- Obtención la respuesta última, R_u , de la estructura, relativa al estado límite en estudio, a partir de los valores minorados de las características de los materiales.
- El criterio de aceptación consiste en $R_u > S_d$

Tot i això on el promptuari dedica més atenció serà en les peces sotmeses a compressió i peces sotmeses a flexió.

Al primer volum de la sèrie, i a mode de presentació, l'empresa constata que degut a l'èxit que està tenint el seu manual vol ésser més ambiciosa i, per tant, publicarà una sèrie de volums sobre les aplicacions de l'acer a la construcció; serà el germe de les anomenades **Publicaciones Ensidesa**; "Manuales sobre la construcciones con acero".

222

ENSIDESA abarcará en estas publicaciones todos los **temas referentes al uso del acero en construcción** desde su fase de diseño hasta su fase de montaje, e incluso su posterior mantenimiento y conservación, no olvidando ningún tema por árido o poco comercial que sea, pues la finalidad de esta publicación es **colaborar con los profesionales y empresas del sector de la construcción** en una más eficaz y bella utilización del acero.

Així doncs se'n indexa tot una sèrie de temes classificats en diferents volums:

- TOMO 0: **Bases de cálculo: dimensionamiento**
- TOMO 1. **La seguridad de las estructuras de acero ante el incendio.**
- TOMO 2. **Acero para estructuras de edificios.**
- TOMO 3. **Protección anticorrosiva**
- TOMO 4. **Fabricación.**
- TOMO 5. **Montaje.**



La voluntat de l'empresa serà ampliar la temàtica a mesura que passi el temps amb les següents publicacions:

TOMO 6. **Edificaciones urbanas.**

TOMO 7. **Construcciones industriales.**

TOMO 8. **Puentes y pasarelas.**

Important s'ha cregut destacar el volum que a continuació es presenta. Conscient l'empresa dels nous temps canviants i, de **la irrupció de les noves tecnologies** (especialment tractades al BLOC V), es proposarà per primera vegada un manual dedicat a aquesta nova eina;

ENSIDESA tiene el interés de **informatizar todas sus publicaciones** para facilitar su uso práctico y como primer paso afrontará un tomo dedicado a la aplicación de los programas informáticos al cálculo

TOMO 9. **Análisis de sistemas estructurales.**

223

Si es veia que els nous temps anaven portant noves eines de càlcul, també, i es veurà especialment al BLOC V, portaran noves normatives de càlcul com seran els Eurocodis.

La actual redacción del prontuario se hizo siguiendo la norma **NBE 103-1972**.

El **Eurocódigo 3** "Diseño de estructuras de acero" aún no tenido su aprobación definitiva, pero está en su etapa final de redacción, siendo el interés de ENSIDESa que sirva como guía para aquellos tomos de las publicaciones ENSIDESa que recojan su contenido.

TOMO 10. **Bases de cálculo.**

TOMO 11. **Cálculo plástico.**

TOMO 12. **Piezas sometidas a torsión.**

TOMO 13. **Piezas sometidas a flexión.**

TOMO 14. **Piezas sometidas a Compresión y Tracción.**

TOMO 15. **Uniones.**



TOMO 16. **Aparatos de apoyo.**

TOMO 17. **Fatiga.**

TOMO 18. **Cálculo dinámico.**

Per últim constatar que és voluntat de l'empresa dedicar un darrer volum a l'estructura mixta.

Tema 19. Estructura mixta.

De fet, aquesta nova tipologia, començarà a prendre cada vegada més rellevància. Per això s'ha cregut interessant dedicar-li un apartat que tot seguit es presenta.



Publicaciones ENSIDESAS



225

Manuales sobre la Construcción con Acero

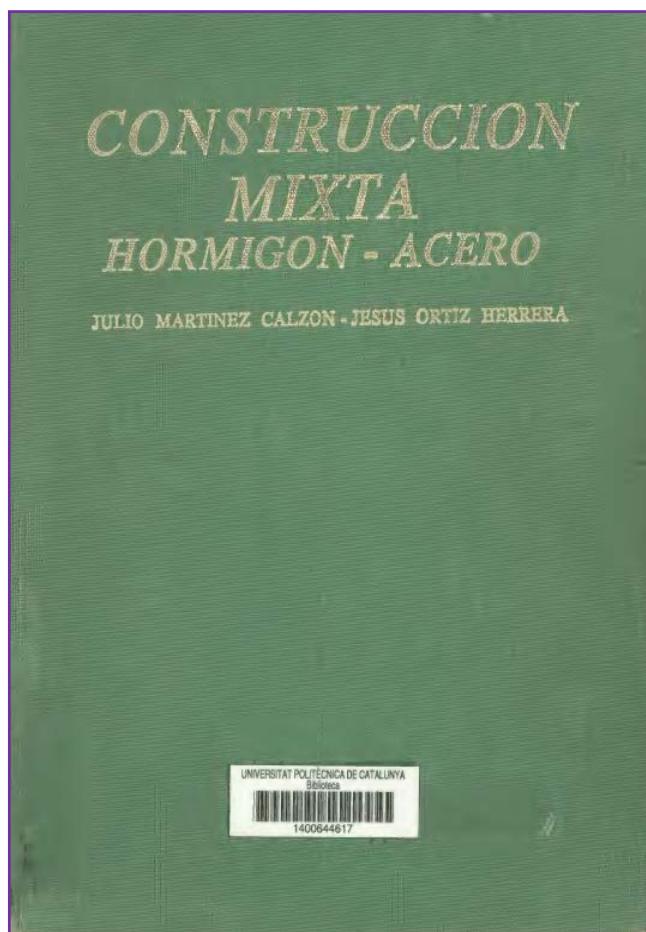




La Construcció Mixta. Formigó - Acer.

Una construcción mixta se caracteriza esencialmente por la presencia en su estructura de piezas que posean "secciones mixtas"; es decir, **secciones resistentes en las cuales el acero estructural y el hormigón trabajan solidariamente**; conjuntamente con estos elementos básicos pueden colaborar distintos tipos de materiales: armaduras pasivas, armaduras de pretensar,...⁸⁰

Arribats a aquest punt, s'ha creut necessari incloure un apartat dedicat a **la construcció mixta formigó - acer**. El nombre cada vegada més abundant d'edificacions amb aquesta tipologia així com l'ús de l'acer en la mateixa ha fet que, malgrat no ser pròpiament l'àmbit del nostre estudi, calgués dedicar-li una consideració. Un dels llibres que els tècnics consultats han referit més és el degut als professors Martínez Calzón i Ortiz Herrera; *la Construcción Mixta*.



226

Figura 4.150 La Construcción Mixta. Acero. Hormigón. Julio Martínez Calzón, Jesús Ortiz Herrera

⁸⁰ MARTÍNEZ CALZÓN, Julio (1978) *Construcción mixta: hormigón-acero*. Madrid: Rueda.



Segons ells mateixos reconeixen,

El amplio incremento experimentado por la utilización de las estructuras mixtas en todo el mundo en los últimos años, y el hecho de incorporarse en su ejecución, en todas sus variantes posibles, los dos materiales que más han contribuido a la formidable expansión constructora el hombre en nuestro siglo, el hormigón y el acero, justifica plenamente la necesidad de abordar su análisis [...].

D'entre les estructures mixtes que es troben a la ciutat de Barcelona en podem citar dues tot i afegint la principal informació tècnica i gràfica trobada.

- Edifici del Banc Industrial de Bilbao (Barcelona)
- Residència de la Seguretat Social (Hospitalet de Llobregat)



Edifici del Banc Industrial de Bilbao (Barcelona)

L'edifici del Banc Industrial de Bilbao a Barcelona -obra dels arquitectes Josep Maria Fargas⁸¹ i Enric Tous⁸² data del període 1969-1973.

La estructura principal está constituida por pórticos mixtos de nudos rígidos con soporte metálico, que hacen frente a todas las acciones verticales y horizontales de viento y sísmico.



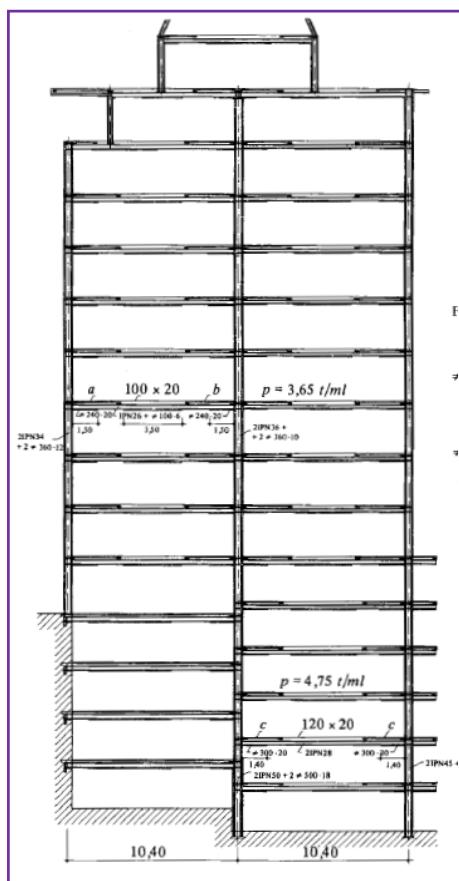
228

Figura 4.151 Imatge actual de l'edifici

Dels informes tècnics consultats destaquem les característiques dels materials de treball segons foren emprats en el càcul;

⁸¹ Josep Maria Fargas i Falp (Barcelona 1926)

⁸² Enric Tous i Carbó (Barcelona 1925)



Formigó $f_{ck}=250 \text{ Kp/cm}^2$

Acer estructural A37

Armadures Passives AE 46

229

Figura 4.152 Solució estructural adoptada.

I segons s'ha pogut verificar consta dels següents detalls constructius que corroboren la interacció de formigó - acer característica principal d'aquest estructura.

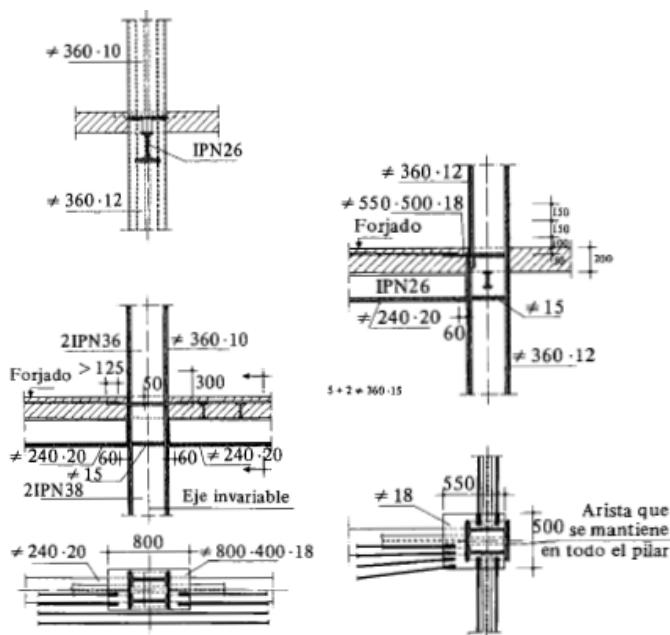


Figura 4.153 Detalls constructius.



Residència de la Seguretat Social (Hospitalet de Llobregat)

Un dels altres edificis referents d'estructura mixta fou la Residència de la Seguretat Social -Hospitalet de Llobregat- amb data 1972. Com en el cas anterior se'ns justifica la concepció estructural emprada;

La estructura mixta de vigas continuas junto con los soportes metálicos hace frente a las acciones verticales exclusivamente, mientras que los núcleos de hormigón Armado resisten las acciones horizontales de viento y sismo.



230

Figura 4.154 Edifici en construcció (I).



Figura 4.155 Edifici en construcció (II).



Com en el cas precedent, les característiques dels materials de treball emprats segons es dedueix del material consultat foren;

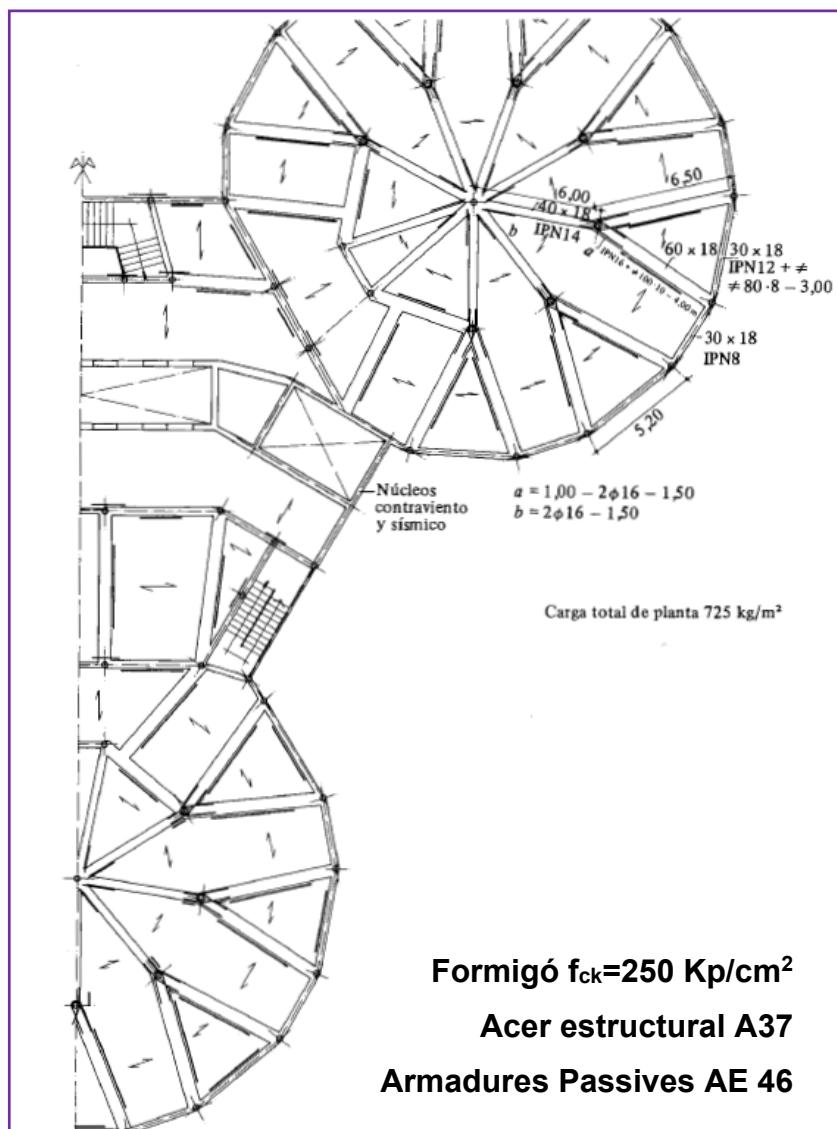
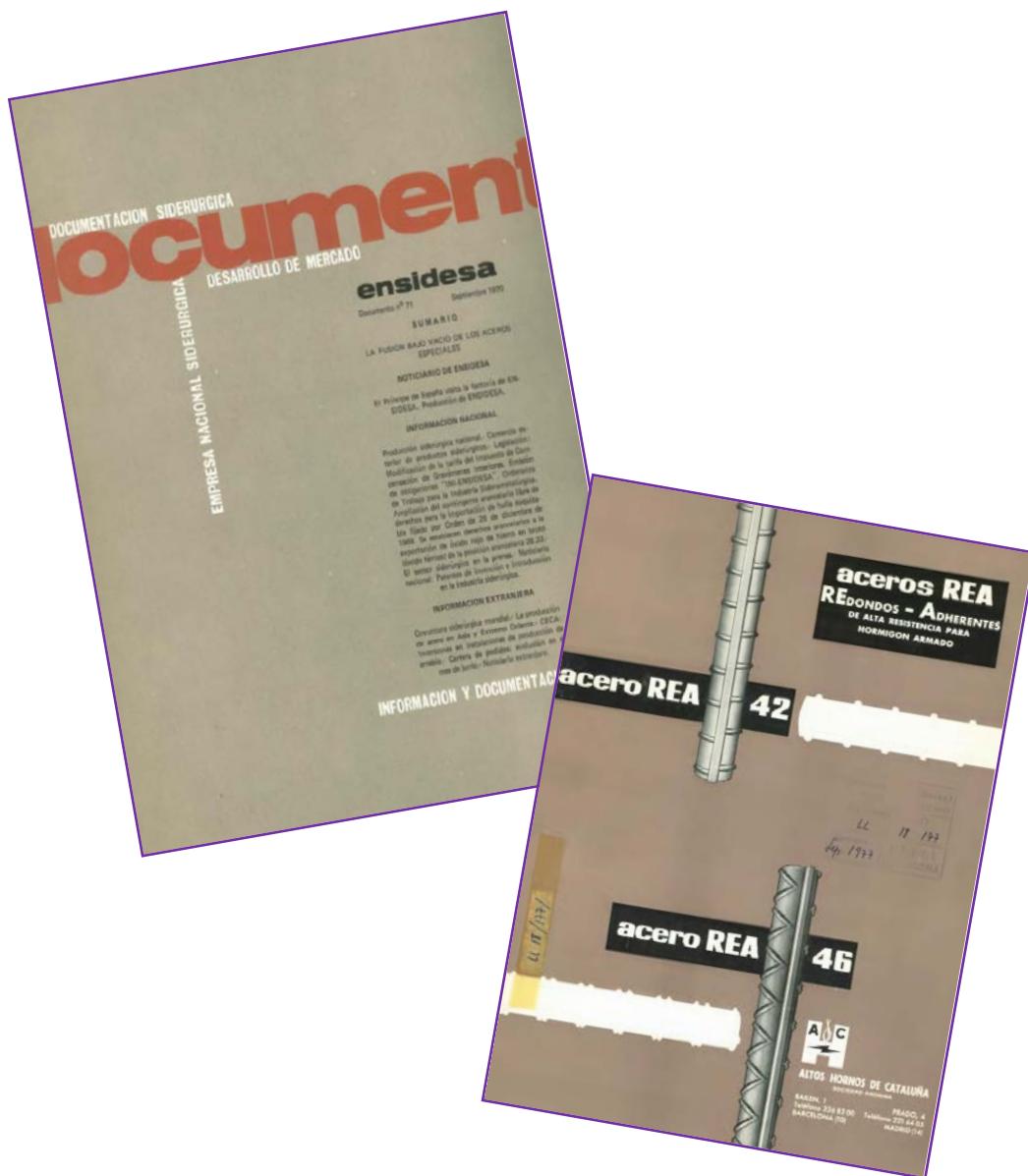


Figura 4.156 Details constructius.



232

4.4.2. Tecnologia de fabricació i muntatge



Durant els anys seixanta, a Espanya, la construcció va sofrir, al fil d'una demanda creixent, tot i que es tractés d'una demanda qualificada en línies generals de poc solvent, uns canvis substancials que van suposar l'inici d'un procés lent i complicat, però continuat de modernització en el sector. Aquests canvis afectaren la naturalesa dels materials, l'utilitatge i la maquinaria disponibles per a construir i, alhora que en bona part destruïren el bagatge tècnic existent, posaren les bases per a la seva renovació tot modificant poc a poc el procés general de construcció.⁸³

En els apartats precedents havíem vist la influència del Pla d'Estabilització, i les conseqüències que del mateix es derivaren, sobre distints aspectes socials i tècnics. Aprofundint una mica més en aquest darrer podem parlar, com sempre breument en aquest apartat, d'aquesta influència en el camp de la tecnologia de fabricació i muntatge.

El text anterior del professor Rossell ja ens contextualitza la influència que tingué en el món constructiu "*affectaren la naturalesa dels materials, l'utilitatge i la maquinaria disponibles per a construir i, [...] posaren les bases per a la seva renovació tot modificant poc a poc el procés general de construcció*".

Per tant hem de veure, en aquesta època, també una modernització dels processos productius als quals ens hem referit en els apartats precedents. Els perfils, els elements d'unió, els elements auxiliars seran fabricats amb una tecnologia més nova i més eficient, especialment tractada en series de fabricació, encarregades pel propi món constructiu. Aquest fet proporcionarà l'aparició de nous manuals, i llibres científicotècnics o bé traduccions dels mateixos degudes a l'abundant bibliografia estrangera. Un d'aquests, potser el més citat al període en les guies docents i també en els fons industrials, es deu al professor Mario Rossi⁸⁴. La seva influència ja es pot entreveure en les múltiples edicions que del mateix se'n publicaren esdevenint, com dèiem, un llibre clàssic dins la tecnologia de fabricació. Els mètodes clàssics de fabricació que havíem vist en els apartats precedents, queden superats o bé millorats, pels nous sistemes que descriu el professor Rossi. En ell hi trobem abastament descrits els processos de tornejat, trepat, fresat, mandrinat, roscat, entre d'altres tot i explicitant en cada cas, amb abundants exemples i una tipografia

⁸³ Jaume Rossell. Historia de la construcción a la Catalunya Contemporánea. 2003

⁸⁴ Mario Rossi. Professor de dibuix de l'Institut Tècnic Industrial E. Conti, Milà.



gràfica molt ben aconseguida, tot el ventall de màquines eines que el tècnic podria tenir al seu abast. Per tant, la fabricació dels perfils, dels elements d'unió o fins i tot d'elements secundaris tindrà un nou enfocament, especialment en aquesta època que el treball en sèrie comença a estar a l'ordre del dia.

El vastísimo campo de la máquina herramientas adquiere cada día una mayor importancia en la producción. Nuevas máquinas se suceden y se perfeccionan con un ritmo tan intenso como para poner en serias dificultades de adaptación aun al técnico más versado.

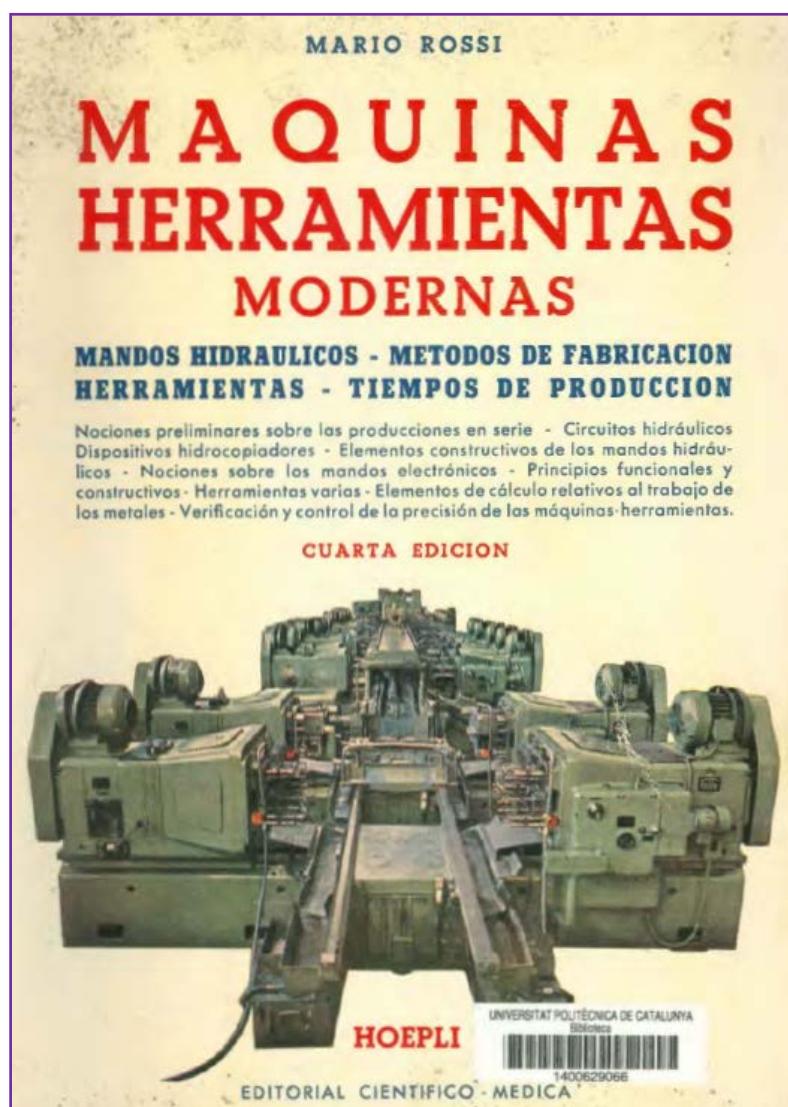
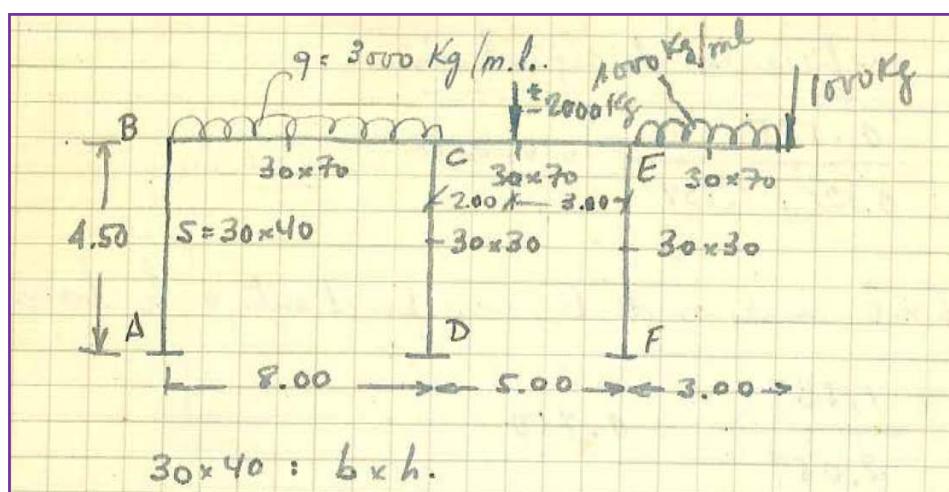


Figura 4.157 Máquina Herramientas Modernas. Profesor Mario Rossi.

ANNEX-1

Exemple resolts amb el Mètode de Cross.

Es presenta la resolució d'un cas general obtingut de l'assignatura *Estructuras* impartida al curs 1963-64 a l'Escola Tècnica Industrial de Barcelona a la qual ens hem referit prèviament. En aquest cas es buscava **el desplaçament del pòrtic** sotmès a l'estat de càrregues indicat.



235

Figura 4.158 Exemple del mètode de Cross.

Incluirem en paral·lel la resolució del mateix tal i com la plantejaríem actualment a la docència, tot i observant que pràcticament no hi ha divergència en la seva explicació (es manté, però, el sistema d'unitats que no correspon a l'actual S.I.).

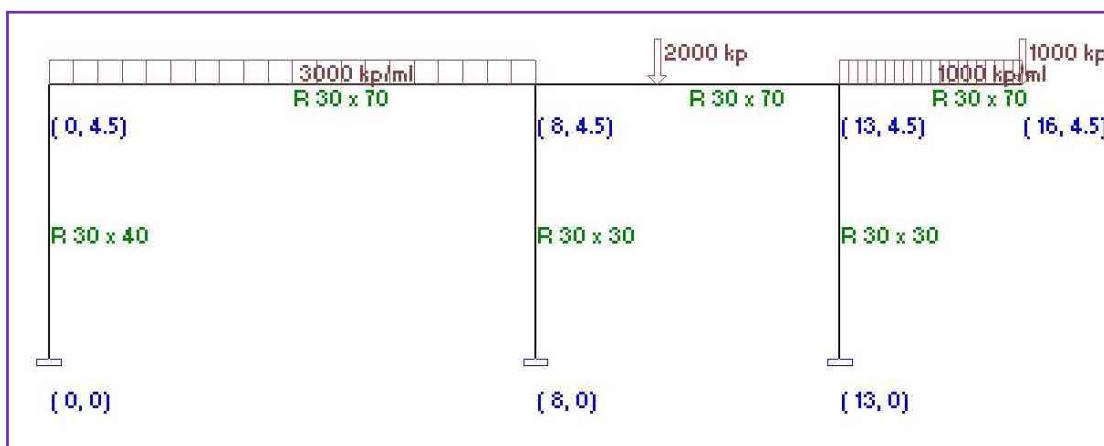


Figura 4.159 Exemple del mètode de Cross.

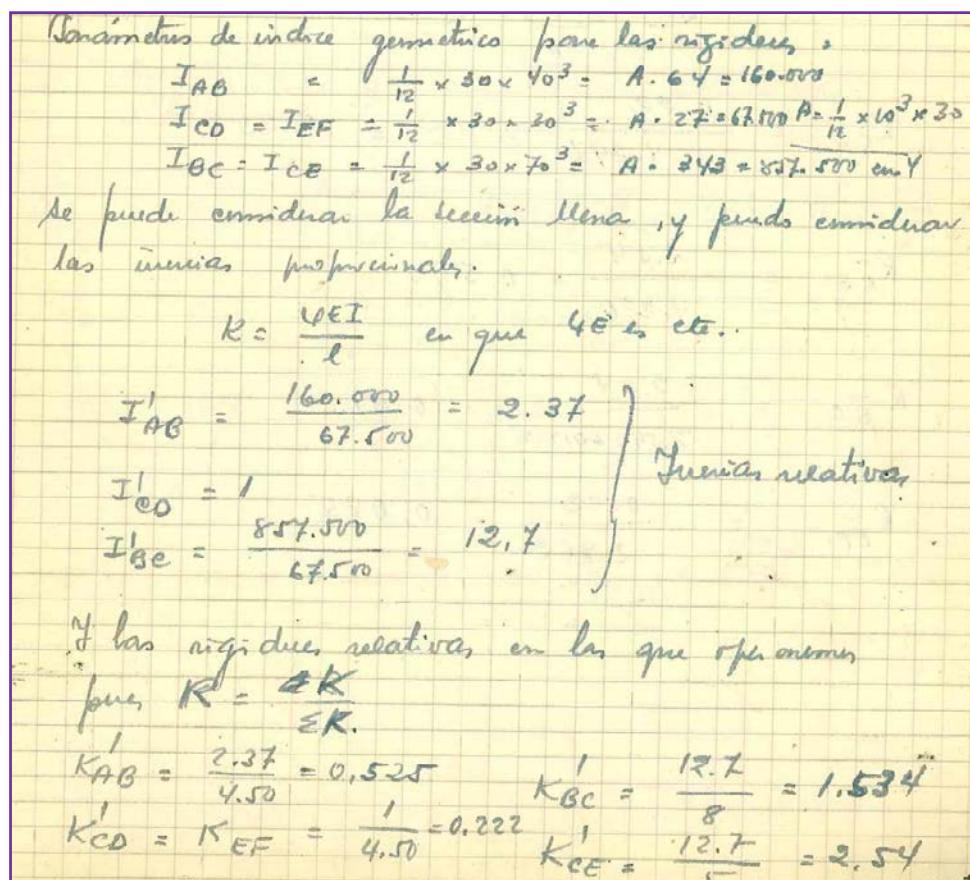


Figura 4.160 Exemple del mètode de Cross.

Etapes I i II

- Càlcul de les inèrcies de les barres

$$I_{AB} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 40^3 = 160000$$

$$I_{DC} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 30^3 = 67500$$

$$I_{FE} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 30^3 = 67500$$

$$I_{BC} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 70^3 = 857500$$

$$I_{CE} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 70^3 = 857500$$

$$I_{EG} = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}30 \times 70^3 = 857500$$



- Càlcul de les rigideses de les barres

Pilars:

$$K_{AB} = \frac{4EI}{L} = 142222.22$$

$$K_{DC} = \frac{4EI}{L} = 60000 \quad K_{FE} = \frac{4EI}{L} = 60000$$

Jàsseres:

$$K_{BC} = \frac{4EI}{L} = 428750$$

$$K_{CE} = \frac{4EI}{L} = 686000$$

$$K_{EG} = 0$$

Càlculs de los coeficients de repartició

$R_{BA}^- = \frac{0.525}{0.525 + 1.534} = 0.250$

↑

coef. de repart. en el nœud B, corresponent a la barra A.

$R_{BC}^- = \frac{1.534}{2.059} = 0.750$

$R_{CB}^- = \frac{1.534}{1.534 + 0.250 + 2.540} = 0.358$

$R_{CD}^- = \frac{0.25}{4.296} = 0.059$

$R_{CE}^- = \frac{2.54}{4.296} = 0.590$

$R_{EC}^- = \frac{2.54}{2.540 + 0.25} = 0.915$

$R_{EF}^- = \frac{0.25}{2.762} = 0.085$

Figura 4.161 Exemple del mètode de Cross.



- Coeficients de repartiment;

Nus B

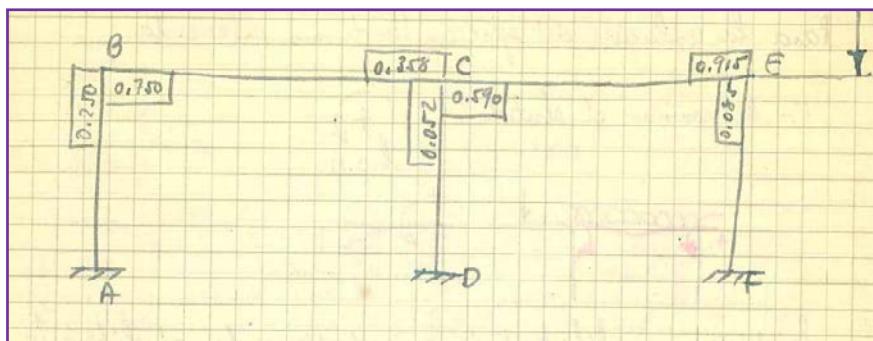
$$r_1 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.25 \quad r_2 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.75$$

Nus C

$$r_1 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.36 \quad r_2 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.051 \quad r_3 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.583$$

Nus E

$$r_1 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.919 \quad r_2 = \frac{K_n}{\sum K} = 0.080$$



238

Figura 4.162 Exemple del mètode de Cross.

$$(M_{BC})_{\text{teufotram}} = M_{OB} = \frac{1}{12} q l^2 = \frac{1}{12} \times 3000 \times 8^2 = 16.000 \text{ mkg.}$$

$$(M_{BC})_{\text{estatària}} = M_{BC} = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{3000 \times 8^2}{8} = 24.000 \text{ mkg.}$$

$$M_{CE} = 2000 \cdot \frac{200 \cdot 3.00^2}{5.00^2} = 1440 \text{ mkg.} \quad M_{CE} = \frac{Pah}{l} = 2000 \times \frac{1 \times 3}{4} = 1500 \text{ mkg.}$$

$$M_{EC} = 2000 \cdot \frac{2.00^2 \cdot 3.00}{5.00^2} = 960 \text{ mkg.} \quad = 2400 \text{ mkg.}$$

$$\frac{Pah^2}{l^2} + \frac{Pah^2}{l^2} = \frac{Pah(2 \times h)}{l^2} = \frac{Pah}{l}$$

$$M_{E, \text{val}} = \frac{1000 \times 3^2}{2} + 1000 \times 3 = 4.500 + 3000 = 7.500 \text{ mkg.}$$

Figura 4.163 Exemple del mètode de Cross.



• Parells d'encastament perfecte

$$|M_{BC}| = \frac{q \times L^2}{12} = 16000 \text{ mKg} \quad |M_{Voladís}| = \frac{q \times L^2}{2} + F \times L = 7500 \text{ mKg}$$

$$|M_C| = \frac{P \times a \times b^2}{L^2} = 1440 \text{ mKg} \quad |M_E| = \frac{P \times a^2 \times b}{L^2} = 960 \text{ mKg}$$

Para la resolución del ejercicio tenímos en cuenta:

1º.- Determinar el sentido:

Si dejamos en libertad de giro el 1er nudo, al liberarlo aportará un par antagonista, que deberá equilibrar el primitivo = -16.000, que debemos repartir entre las dos bandas:

$$-16.000 \times 0.750 = -12.000$$

$$-16.000 \times 0.250 = -4.000$$

El par que se transmite debido al coeficiente de homogeneidad = 0.5, en la misma banda, origina un par en BC = -6.000 y en BA = -2.000.

La regla del coef. de homogeneidad:

$$-m \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{2}{3} l + M \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{3} l = 0$$

$$m = \frac{M}{2}$$

Libres el 1º → -16.000 { -12.000
-4.000.

Fijo el 1º nudo y libres el 2º

$$\begin{aligned} & -16.000 \\ & -6.000 \\ & +1440 \\ & -20.560 \rightarrow \text{par. antagonista: } 20.560. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 20.560 \times 0.358 &= 7.360 \\ 20.560 \times 0.570 &= 12.130 \\ 20.560 \times 0.052 &= 1.070 \end{aligned}$$

239

Figura 4.164 Exemple del mètode de Cross.

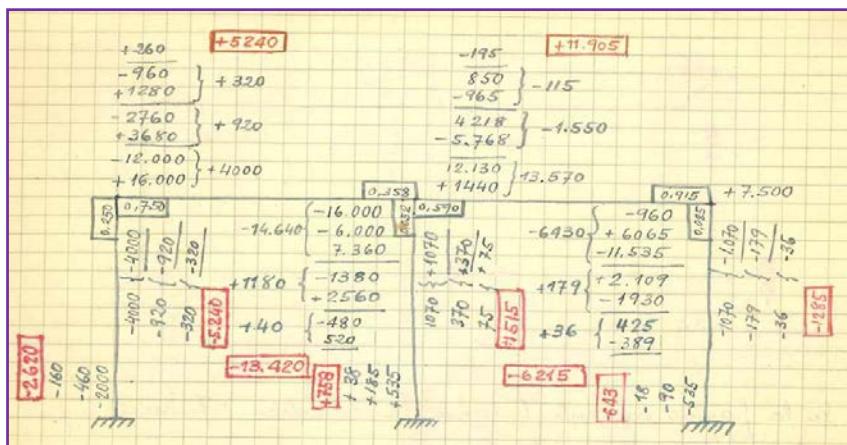


Figura 4.165 Exemple del mètode de Cross.

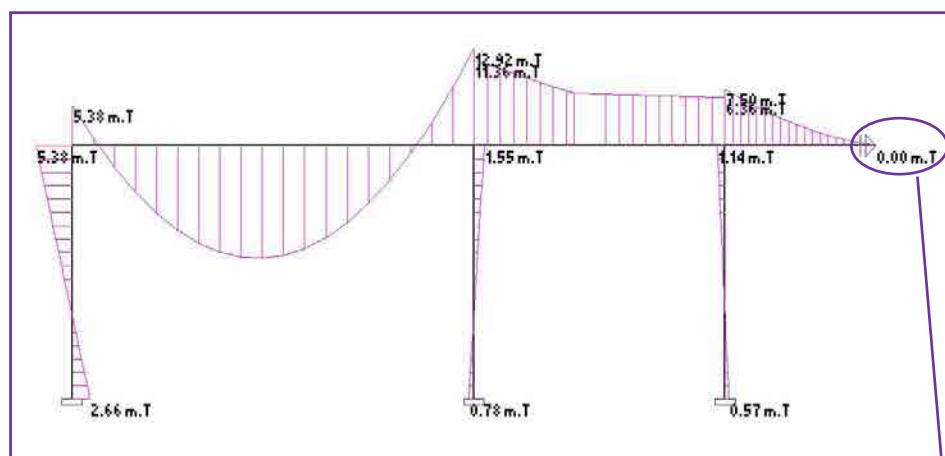


Figura 4.166 Exemple del mètode de Cross.

Forcem que sigui
intranslacional

5-XII-63.-

¿Está equilibrada la estructura en rotación eje de resultante horizontal y vertical?

Figura 4.167 Exemple del mètode de Cross.

Un cop s'ha realitzat l'etapa fonamental l'autor **comprova si hi ha equilibri**,
o bé, en haver-hi estats paramètrics cal continuar amb les etapes III i IV.

240

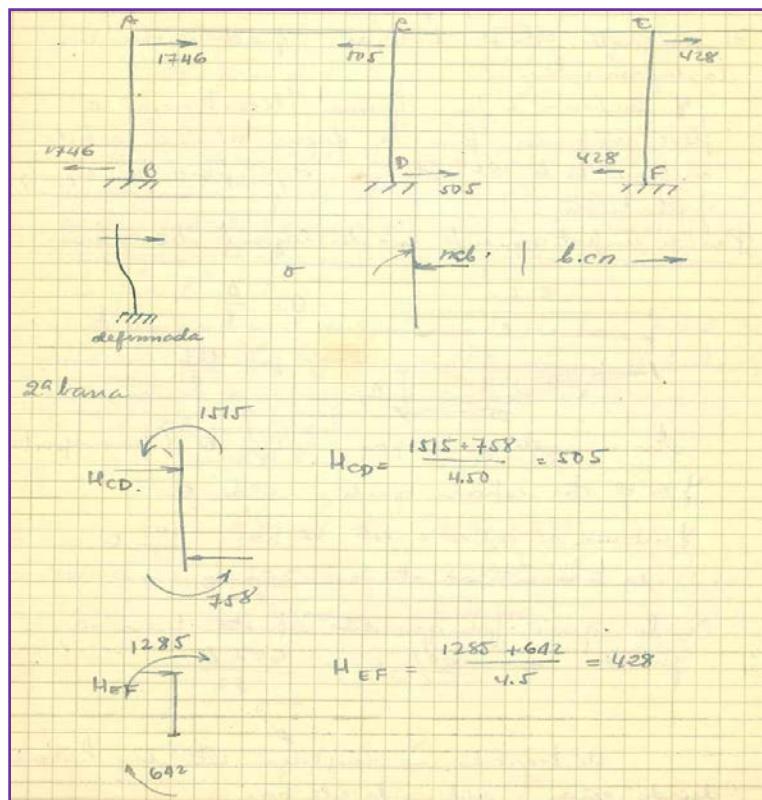
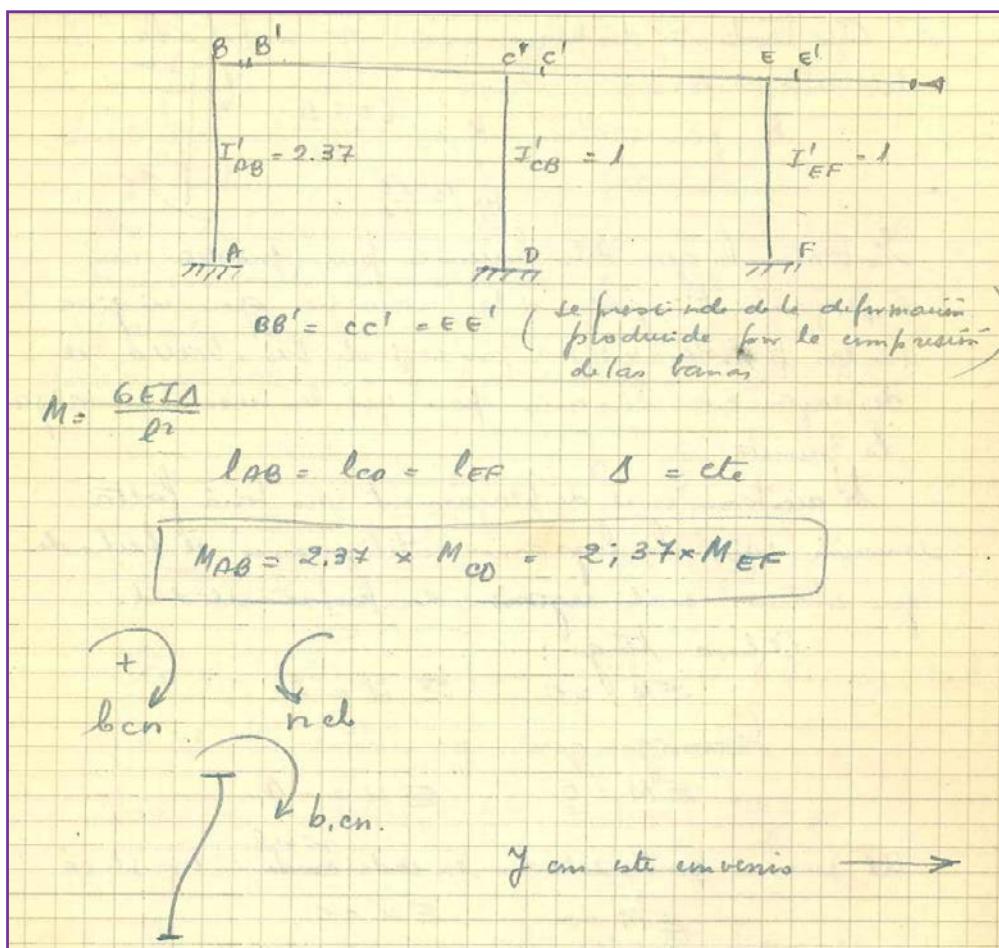


Figura 4.168 Exemple del mètode de Cross.



La estructura se desplazará hasta tener un equilibrio de montantes sobre el travesaño, produciéndose un desplazamiento.

Aquest fet demostra que **no existeix equilibri**, és a dir, que no podem donar per acabat el problema. Haurem de plantejar l'etapa paramètrica.



241

Figura 4.169 Exemple del mètode de Cross.

Etapes III i IV

- Parells locals

$$\mu_{DC} = \frac{6EI\Delta}{L^2} \Leftrightarrow 1000\alpha$$

$$\mu_{FE} = \frac{6EI\Delta}{L^2} \Leftrightarrow 1000\alpha$$

$$\mu_{AB} = \frac{6EI'\Delta}{L^2} \Leftrightarrow 2370\alpha$$



Handwritten notes including:
 - Handwritten addition and subtraction equations:

$$\begin{array}{r} +16 \\ -59 \\ +78 \\ \hline +119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -12 \\ 53 \\ -59 \\ \hline -6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +15 \\ -20 \\ \hline -5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +258 \\ -444 \\ \hline -186 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -66 \\ \hline -66 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -1778 \\ \hline -1778 \end{array}$$

 - A large grid of numbers with handwritten annotations and circled groups:

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline & 0.750 & 0.398 & 0.415 & & \\ \hline 0.570 & | & | & | & & \\ \hline & 2370 & 572 & 920 & 920 & 920 \\ \hline & -572 & \times 19 & -889 & -887 & -887 \\ \hline & +2370 & 19 & -40 & -40 & -40 \\ \hline & 1778 & 19 & +163 & +129 & +129 \\ \hline & -19 & -19 & +7 & +11 & +11 \\ \hline & 1778 & 19 & +156 & -118 & -118 \\ \hline & -19 & -19 & -30 & +26 & +26 \\ \hline & 1778 & 19 & +32 & -24 & -24 \\ \hline & 1778 & 19 & 1000 & 1000 & 1000 \\ \hline & 1778 & 19 & 1000 & 1000 & 1000 \\ \hline \end{array}$$

 - A vertical column of handwritten additions:

$$\begin{array}{r} -9 \\ \times 2 \\ -296 \\ +2370 \\ \hline \end{array}$$

 - A small diagram of a trapezoid labeled 2067.

Figura 4.170 Exemple del mètode de Cross.

Diagram of a trapezoidal dam section with vertices labeled:
 - Top: 1764, 1022, 907
 - Bottom: 2067, 1011, 954.
 - Vertices: A (top-left), B (top-right), C (bottom-right), D (bottom-left), E (bottom-right), F (bottom-left).
 Calculations:

$$H = \left\{ \begin{array}{l} H_{AB} = \frac{2067 + 1764}{4.50} = 850 \\ H_{CD} = \frac{1022 + 1011}{4.50} = 453 \\ H_{EF} = \frac{907 + 954}{4.50} = 414 \end{array} \right\}$$

242

Figura 4.171 Exemple del mètode de Cross.

$$\alpha = \frac{1746 - 505 + 428}{850 + 453 + 414} = \frac{1669}{1717} = 0.97$$

Teoria en desequilibris :

1746
428
<hr/>
2174
505
<hr/>
1669

$\alpha = \frac{1669}{1717}$

Figura 4.172 Càlcul paràmetre α



I per tant obtenim el següent diagrama de moments;

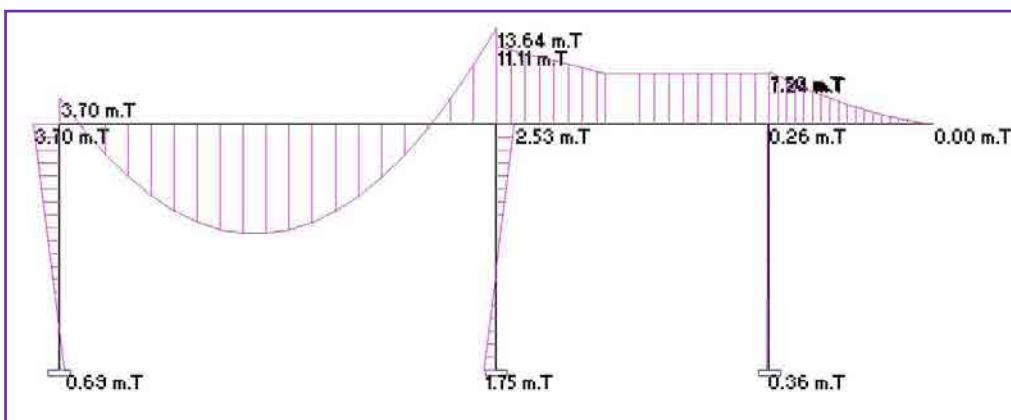
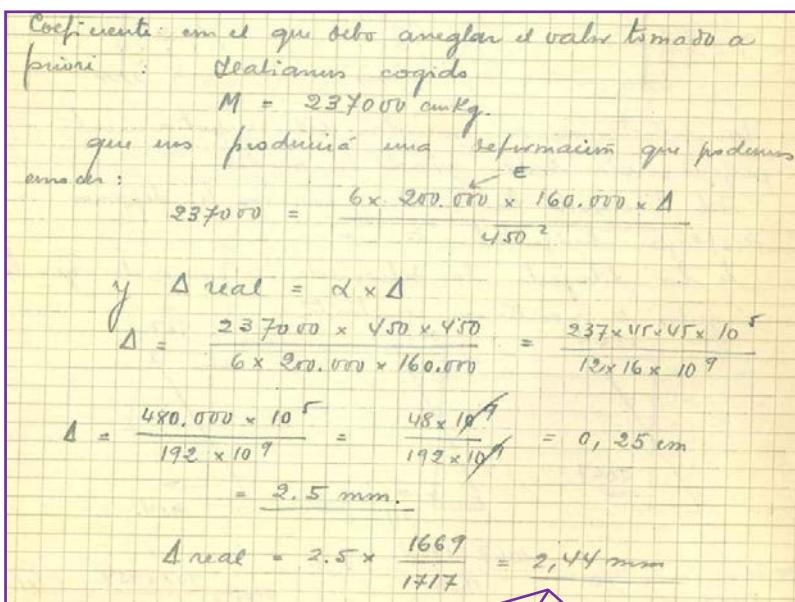


Figura 4.173 Exemple del mètode de Cross.



243

Figura 4.174 Exemple del mètode de Cross

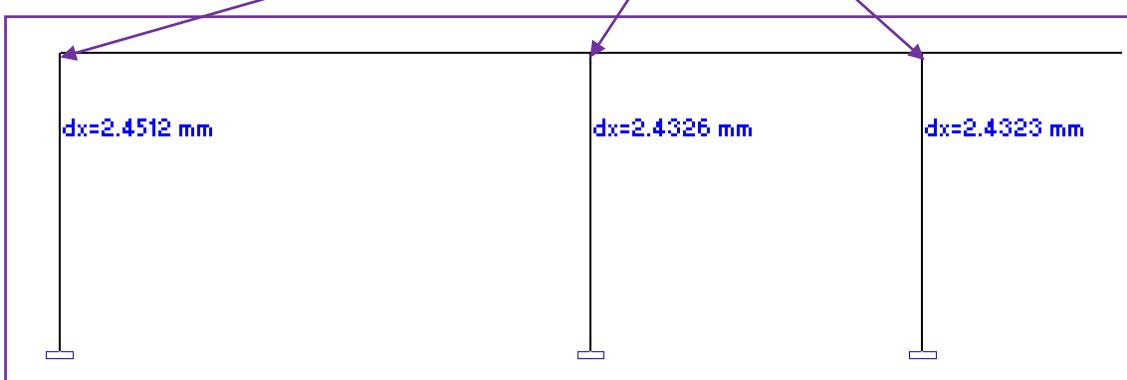


Figura 4.175 Exemple del mètode de Cross.



Figura 4.1 Decreto - Ley de ordenación económica.....	7
Figura 4.2 Evolució del PIB i de la renda per càpita. Font: Història econòmica	8
Figura 4.3 Increments demogràfics. Font: http://www.ine.es	9
Figura 4.4 Bellvitge als anys 60. Autor: Paco Elvira.....	9
Figura 4.5 Edifici SEAT.....	10
Figura 4.6 Arribada del metro als barris populars. Font: Ajuntament de Barcelona.....	11
Figura 4.7 Referèndum de la Constitució segons es recollia als mitjans de l'època.....	11
Figura 4.8 Restabliment provisional de la Generalitat de Catalunya.....	12
Figura 4.9 Tarradellas retorna a Catalunya. Font la Vanguardia 25 d'octubre de 1977.....	13
Figura 4.10 Facultat de Dret Font: La Vanguardia 15 de juny de 1943.....	15
Figura 4.11 Vista aèria zona universitària.....	16
Figura 4.12 Mètodes d'aproximacions successives.....	17
Figura 4.13 Inici del tema dedicat al mètode de Cross. Pey Cuñat (1954).....	17
Figura 4.14 Mètodes de Càlcul. Mètodes Iteratius i altres (Mètodes plàstics).....	18
Figura 4.15 Estructura resolta en la memòria original de H. Cross: Proceeding of A.S.C.E, maig 1930.....	20
Figura 4.16 Exemple del Mètode de Cross (I). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.....	21
Figura 4.17 Exemple del Mètode de Cross(II). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.....	21
Figura 4.18 Prenzlow C. Cálculo de estructuras por el método de Cross. ..	22
Figura 4.19 Fernández Casado. Cálculo de estructuras reticulares. Nudos rígidos. 2 ^a ed.	24
Figura 4.20 Imatge típica de les portades dels llibres de Fernández Casado.	26
Figura 4.21 Teoremes de Mohr.....	28
Figura 4.22 Fernández Casado. Cálculo de estructuras reticulares. Nudos rígidos. 8 ^a ed.	34



Figura 4.23 Etapa primera. Nusos absolutament rígids.	36
Figura 4.24 Etapa segona. Alliberament d'un sol nus.	36
Figura 4.25 Resultant del parells d'encastament.	37
Figura 4.26 Compensació del moment desequilibrat i repartiment.....	37
Figura 4.27 Transmissió de moments.	38
Figura 4.28 Resultant del parells rebuts per transmissió.....	38
Figura 4.29 Exemple Mètode de Cross. Etapa Fonamental.....	40
Figura 4.30 Diagrama de moments resultant de l'exemple anterior.	40
Figura 4.31 Significació física de la hipòtesi de la no desplaçabilitat suposada a les etapes I i II.....	41
Figura 4.32 Determinació de las reacciones virtuales.....	42
Figura 4.33 Moviments locals.....	42
Figura 4.34 Descomposició del desplaçament local en tres fases.	43
Figura 4.35 Equacions dels desplaçaments.	44
Figura 4.36 Exemple estructura translacional.	46
Figura 4.37 Mètode de Cross. Bernardino Fernández Pérez.....	48
Figura 4.38 Barra $i-k$ sotmesa a un estat genèric de càrregues.....	52
Figura 4.39 L'extrem i gira un determinat angle τ_i	52
Figura 4.40 L'extrem k gira un determinat angle τ_k	53
Figura 4.41 Exemple d'aplicació de distribució de moments.	53
Figura 4.42 Pòrtic tipus amb el qual Kani explicita el seu mètode.	54
Figura 4.43 Esquema del diagrama seguit per Kani en el seu mètode.	55
Figura 4.44 Esquema de la distribució de moments seguit per Kani en el seu mètode.	56
Figura 4.45 Obtenció del diagrama de moments total del pòrtic.	57
Figura 4.46 Deformació d'una barra amb gir i desplaçament.	57
Figura 4.47 Estructura desplaçable i amb pilars d'alçada variable.....	60
Figura 4.48 Estructuras de varios pisos. Fukuhei Takabeya.....	64
Figura 4.49 Tests with clamped beams. Gábor Kazinczy.....	66
Figura 4.50 Disseny de l'assaig mostrat a <i>Periodica Polytechnica</i>	67
Figura 4.51 Charles Massonnet. Calcul plastique des constructions.	70
Figura 4.52 R. Argüelles. La estructura metálica hoy. 2 ^a ed.	71
Figura 4.53 Pòrtic hiperestàtic sotmès a l'acció de càrregues exteriors.	72



Figura 4.54 Diagrama de moments flectors del pòrtic en règim elàstic.....	73
Figura 4.55 Estructura on apareix la formació d'una ròtula plàstica.....	73
Figura 4.56 Diagrama de moments obtingut amb una nova distribució de càrregues.....	74
Figura 4.57 Estructura on apareix la formació de dues ròtules plàstiques..	74
Figura 4.58 Diagrama de moments obtingut amb una nova distribució de càrregues.....	75
Figura 4.59 Diagrama de moments i mecanisme de ruïna.....	76
Figura 4.60 Taula perfils IPN.....	77
Figura 4.61 Taula perfils IPN.....	77
Figura 4.62 Método Margabux para el cálculo de estructuras porticadas ortogonales.....	78
Figura 4.63 Construccions Metà·liques segons Gonzalo Ceballos.....	81
Figura 4.64 Taula de valors característics dels acers de la construcció.....	82
Figura 4.65 Detall apunts Professor Ceballos.....	84
Figura 4.66 Detall apunts Professor Ceballos	84
Figura 4.67 Detall apunts Professor Ceballos	84
Figura 4.68 Detall unió soldada.....	85
Figura 4.69 Detall unió soldada.....	85
Figura 4.70 Classes d'acers.....	93
Figura 4.71 Productes laminats.....	94
Figura 4.72 Classes d'acers.....	102
Figura 4.73 Productes laminats.....	103
Figura 4.74 Detall plàtol soldadura. Font: LERMA.....	114
Figura 4.75 Coeficients de ponderació.....	115
Figura 4.76 Exemple de peces simples construïdes per perfils i/o xapes juxtaposades.....	117
Figura 4.77 Exemple de peça simple constituïda per perfils i folre discontinu de xapa.....	118
Figura 4.78 Exemple de peces compostes amb platabandes d'unió.....	118
Figura 4.79 Exemple de peces en gelosia.....	119
Figura 4.80 Valors del coeficient α	125
Figura 4.81 Detall aparells de recolzament.....	126



Figura 4.82 Limitacions per als forats.....	131
Figura 4.83 Separació entre forats.....	131
Figura 4.84 Reblons de cabota esfèrica.....	142
Figura 4.85 Dimensions dels reblons de cabota esfèrica.....	142
Figura 4.86 Reblons cabota bombada.....	142
Figura 4.87 Dimensions dels reblons de cabota bombada.....	143
Figura 4.88 Reblons cabota plana.....	143
Figura 4.89 Dimensions dels reblons de cabota plana.....	143
Figura 4.90 Tipus d'acer per a reblons.....	144
Figura 4.91 Representació del reblons.....	144
Figura 4.92 Dimensions nominals de les rosques.....	147
Figura 4.93 Cargols ordinaris	148
Figura 4.94 Dimensions dels cargols ordinaris.....	148
Figura 4.95 Cargols calibrats.	149
Figura 4.96 Dimensions dels cargols calibrats.	149
Figura 4.97 Rosca	150
Figura 4.98 Dimensions de les rosques	150
Figura 4.99 Volandera negra.....	150
Figura 4.100 Volandera polida	150
Figura 4.101 Dimensions de les volanderes negres i llises.....	151
Figura 4.102 Volandera per a I.....	151
Figura 4.103 Dimensions per a les volanderes en I.....	152
Figura 4.104 Volandera per a U	152
Figura 4.105 Dimensions de les volanderes per a U	152
Figura 4.106 Tipus d'acer.....	153
Figura 4.107 Representació dels cargols.	153
Figura 4.108 Dimensions nominals de les rosques.....	156
Figura 4.109 Cargols d'alta resistència.	157
Figura 4.110 Dimensions dels cargols d'alta resistència.....	157
Figura 4.111 Longitud d'apretament.....	157
Figura 4.112 Longitud d'apretament dels cargols d'alta resistència.	158
Figura 4.113 Rosques.	158
Figura 4.114 Dimensions de les rosques.....	159



Figura 4.115 Volandera normal.....	159
Figura 4.116 Dimensions de les volanderes	159
Figura 4.117 Volandera per a I.....	160
Figura 4.118 Dimensions per a les volanderes en I.....	160
Figura 4.119 Volandera per a U	161
Figura 4.120 Dimensions per a les volanderes en U.....	161
Figura 4.121 Tipus d'acer.....	161
Figura 4.122 Representació gràfica dels cargols.	162
Figura 4.123 Característiques mecàniques de la xapa.	166
Figura 4.124 Característiques mecàniques dels perfils.....	167
Figura 4.125 Sèries de perfils buits.	167
Figura 4.126 Característiques mecàniques de l'acer.	174
Figura 4.127 Sèries de perfils conformats.....	174
Figura 4.128 Principals dimensions d'un element pla.	183
Figura 4.129 Valors màxims admesos per a la primesa d'un element	183
Figura 4.130 Abonyegament d'elements plans comprimits.	185
Figura 4.131 Fenomen del vinclament lateral.	186
Figura 4.132 Quebrada mitja de la secció virtual de la figura 4.129.....	188
Figura 4.133 Secció de peça conformada.....	188
Figura 4.134 Característiques mecàniques de l'acer dels panells.....	193
Figura 4.135 Sèries de plaques i panells.	194
Figura 4.136 Cargas y Sobrecargas. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.....	198
Figura 4.137 La Construcción Metálica. STAHLBAU	202
Figura 4.138 Altos Hornos de Vizcaya, A.H.V.....	203
Figura 4.139 Estructuras metálicas de edificios. Altos Hornos de Vizcaya.	204
Figura 4.140 Detall càlcul jàssera simplement recolzada.....	208
Figura 4.141 Detall biga contínua.....	212
Figura 4.142 Detall biga contínua.....	212
Figura 4.143 Estructura de nusos rígids.....	214
Figura 4.144 Aplicació del mètode de Cross.....	214
Figura 4.145 Detall de jàsseres contravent.	215



Figura 4.146 Façana del Col·legi d'Arquitectes	215
Figura 4.147 Prontuario de ENSIDES.....	219
Figura 4.148 Exemple de Pòrtics simples segons el Promptuari (I)	220
Figura 4.149 Exemple de Pòrtics simples segons el Promptuari (II).....	221
Figura 4.150 La Construcción Mixta. Acero. Hormigón. Julio Martínez Calzón, Jesús Ortiz Herrera	226
Figura 4.151 Imatge actual de l'edifici	228
Figura 4.152 Solució estructural adoptada.....	229
Figura 4.153 Detalls constructius.....	229
Figura 4.154 Edifici en construcció (I)	230
Figura 4.155 Edifici en construcció (II)	230
Figura 4.156 Detall constructius.....	231
Figura 4.157 Máquina Herramientas Modernas. Profesor Mario Rossi....	234
Figura 4.158 Exemple del mètode de Cross	235
Figura 4.159 Exemple del mètode de Cross	235
Figura 4.160 Exemple del mètode de Cross	236
Figura 4.161 Exemple del mètode de Cross	237
Figura 4.162 Exemple del mètode de Cross	238
Figura 4.163 Exemple del mètode de Cross	238
Figura 4.164 Exemple del mètode de Cross	239
Figura 4.165 Exemple del mètode de Cross	239
Figura 4.166 Exemple del mètode de Cross	240
Figura 4.167 Exemple del mètode de Cross	240
Figura 4.168 Exemple del mètode de Cross	240
Figura 4.169 Exemple del mètode de Cross	241
Figura 4.170 Exemple del mètode de Cross	242
Figura 4.171 Exemple del mètode de Cross	242
Figura 4.172 Càlcul paràmetre α	242
Figura 4.173 Exemple del mètode de Cross	243
Figura 4.174 Exemple del mètode de Cross	243
Figura 4.175 Exemple del mètode de Cross	243