

## LECCIÓN 14

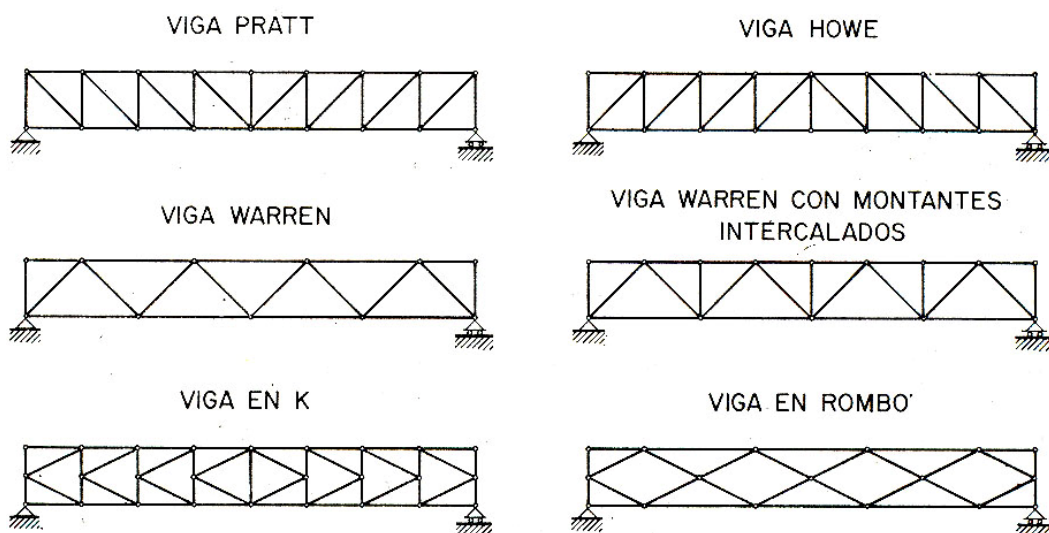
### **ESTRUCTURAS TRIANGULADAS**

1. GENERALIDADES
  
2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO
  
3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

# 1. GENERALIDADES

- Se modelizan como estructuras de nudos articulados
  - ⇒ Sólo esfuerzos axiles (esfuerzos principales)
  - Tensiones normales (tensiones principales)
- Los nudos (formados por cartelas) no son articulaciones perfectas
  - ⇒ Aparecen flexiones (esfuerzos secundarios)
  - Tensiones normales (tensiones secundarias)
- **Partes de una estructura triangulada**

Cordón superior o par, cordón inferior o tirante, barras de relleno o interiores (montantes y diagonales)
- **Tipos de triangulación**



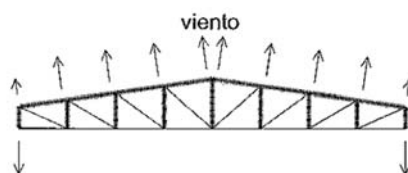
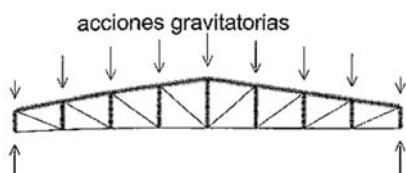
**En general:**

**Fuente:** Argüelles R, 1975

- Triangulación simple (cada triángulo, adyacente sólo al anterior y al posterior) ⇒ Triangulación isostática -si los nudos son articulados-
- Conviene que los triángulos no sean demasiado escalenos

## Pratt

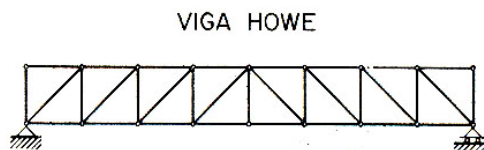
- Luces moderadas
- Diagonales traccionadas y montantes comprimidos, excepto si hay inversión de esfuerzos (por cargas parciales o viento) → Howe



Fuente:  
Arnedo A, 2009

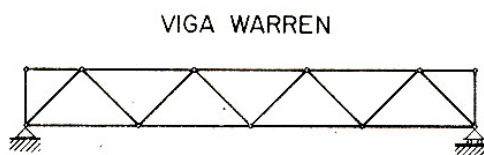
## Howe

- Luces moderadas
- Diagonales comprimidas y montantes traccionados



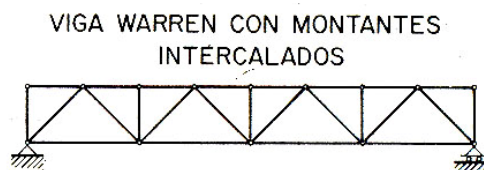
## Warren

- Luces pequeñas y medianas
- Aspecto más agradable
- Triángulos de lados parecidos; ángulos  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ; pocas barras aunque robustas  $\Rightarrow$  Mejor que Pratt (aunque la conveniencia de reducir las longitudes de pandeo en diagonales inclina a veces la balanza hacia Pratt)



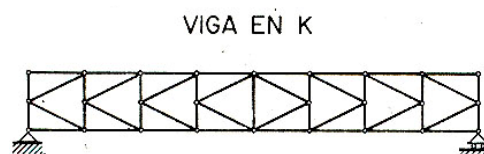
## Warren con montantes

- ↓ Long. pandeo cordón comprimido



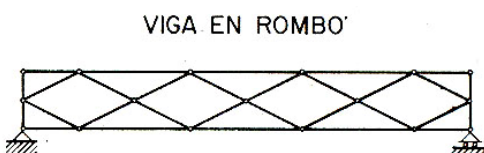
## K

- Grandes luces y alturas de celosía
- La separación entre montantes (o entre apoyos sobre el cordón comprimido) se reduce a la mitad respecto a la Warren o a la Pratt
- ↓ Long. libre de montantes y diagonales



## Rombo

- Grandes luces / Barras traccionadas



VIGAS DE CELOSÍA		
PROYECTO	Cálculo y dimensionamiento <sup>1</sup>	●●●○○
	Representación gráfica	●●●●○
EJECUCIÓN	Material	●○○○○
	Fabricación <sup>2</sup>	●●●●○
	Montaje	●●●○○
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permeables al paso de instalaciones de grandes dimensiones.</li> </ul>	
APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructuras verticales de transmisión indirecta, con soportes apeados o suspendidos por estructuras de transferencia.</li> <li>Estructuras verticales con triangulaciones entre plantas.</li> <li>Estructuras horizontales con luces, disposiciones o niveles de carga singulares.</li> <li>Estructuras horizontales con exigencias de integración de una red densa e indeterminada de líneas de servicios e instalaciones.</li> <li>Estructuras horizontales sin limitaciones de canto estructural.</li> <li>Estructuras horizontales vistas, con ciertas exigencias en su aspecto visual.</li> </ul>	
	<b>Luces</b> luces y cargas elevadas -vigas primarias -vigas secundarias	9,0 - 30,0 m 7,5 - 12,0 m
	<b>Relación luz/canto</b> cargas elevadas cargas medias cargas reducidas	7,5 - 12,5 10,0 - 15,0 12,5 - 20,0
OBSERVACIONES	<p><sup>1</sup> Herramientas de cálculo y dimensionamiento de acceso libre basadas en los eurocódigos estructurales:  <a href="http://www.asc.arcelor.com">www.asc.arcelor.com</a>            vigas de celosía TRUSSES v1.04</p> <p><sup>2</sup> En la fabricación de vigas de celosía es difícil introducir herramientas y procedimientos de corte y soldadura en taller automatizados.</p> <p>En consecuencia, su fabricación está escasamente industrializada, con gran repercusión de la mano de obra en los costes económicos. Caso aparte son las vigas de celosía ligeras, cuya fabricación está totalmente automatizada.</p>	

●○○○○ + EFICIENCIA  
 ●●○○○ - COSTE  
 ●●●○○  
 ●●●●○ - EFICIENCIA  
 ●●●●● +COSTE

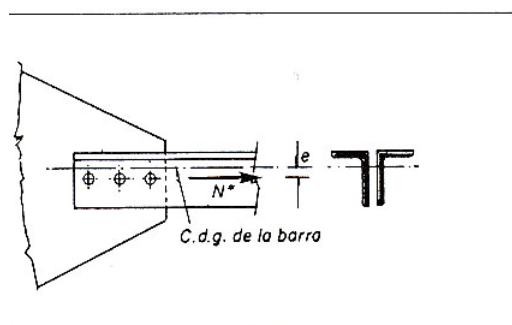
Nota: Emplear [www.constructalia.com](http://www.constructalia.com) en vez de [www.asc.arcelor.com](http://www.asc.arcelor.com)

Fuente: Hurtado C et al, 2008

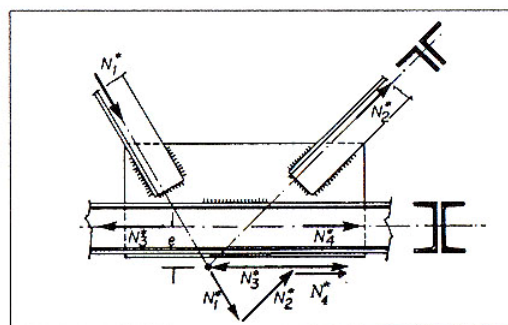
## 2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO

### • Hipótesis

- Articulación sin rozamiento  $\Rightarrow$  Tensiones secundarias despreciables
- Se tendrá en cuenta los momentos flectores en las barras si:
  - 1) Excentricidad de los ejes baricéntricos de las barras en la unión

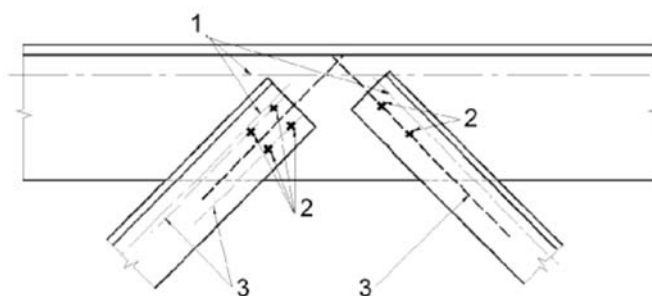


*Descentramiento de la unión respecto al eje de la barra.*



*No coincidencia de ejes de todas las barras.*

Fuente: Argüelles R, 2001



- 1 Ejes baricéntricos.
- 2 Elementos de fijación.
- 3 Líneas de tornillos.

Fuente: CE, Fig. A26.2.1, 2021

- 2) Cargas exteriores actuantes sobre las barras
- 3) Flexión debida al peso propio de la barra  $\Rightarrow L \geq 6 \text{ m}$
- 4) En general, esfuerzos secundarios  $> 20\text{-}30 \%$  de los principales:
  - Retículas irregulares con pequeños ángulos entre barras (si hay distintas  $\varepsilon$  entre barras  $\Rightarrow \uparrow \gamma \Rightarrow \uparrow$  esfuerzos secundarios)
  - Excesivo número de barras (el hiperestatismo hace comprimir algunas barras innecesarias para el equilibrio, pudiendo pandear y perjudicando a las uniones y al trabajo del resto de piezas)
  - Barras de gran rigidez
  - Ancho/Longitud  $> 0,1$  (ancho del elemento en el plano de la estructura)

## • Dimensionamiento

### Piezas simples sometidas a compresión centrada

- Long. Pandeo:  $L_{cr} = \beta L$  ( $\beta$  CTE DB SE-A, apdo. 6.3.2.4)

( $L$  longitud de la pieza)

- Esbeltez relativa en un plano  $\perp$  un eje de inercia

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} < \begin{cases} 2,0 & \text{(elementos principales)} \\ 2,7 & \text{(elementos arriostramiento)} \end{cases}$$

$i = \sqrt{I/A}$  radio de giro de la sección respecto al eje de inercia

- Comprobación a pandeo

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

$A$  área sección transversal (Clase 1, 2, 3) o área eficaz (Clase 4)

$f_{yd}$  resistencia de cálculo del acero,  $f_{yd} = f_y/\gamma_{M1}$  con  $\gamma_{M1} = 1,05$

$\chi$  coeficiente de reducción por pandeo (función de la esbeltez relativa y la curva de pandeo)

### Piezas simples sometidas a tracción centrada

- Esbeltez

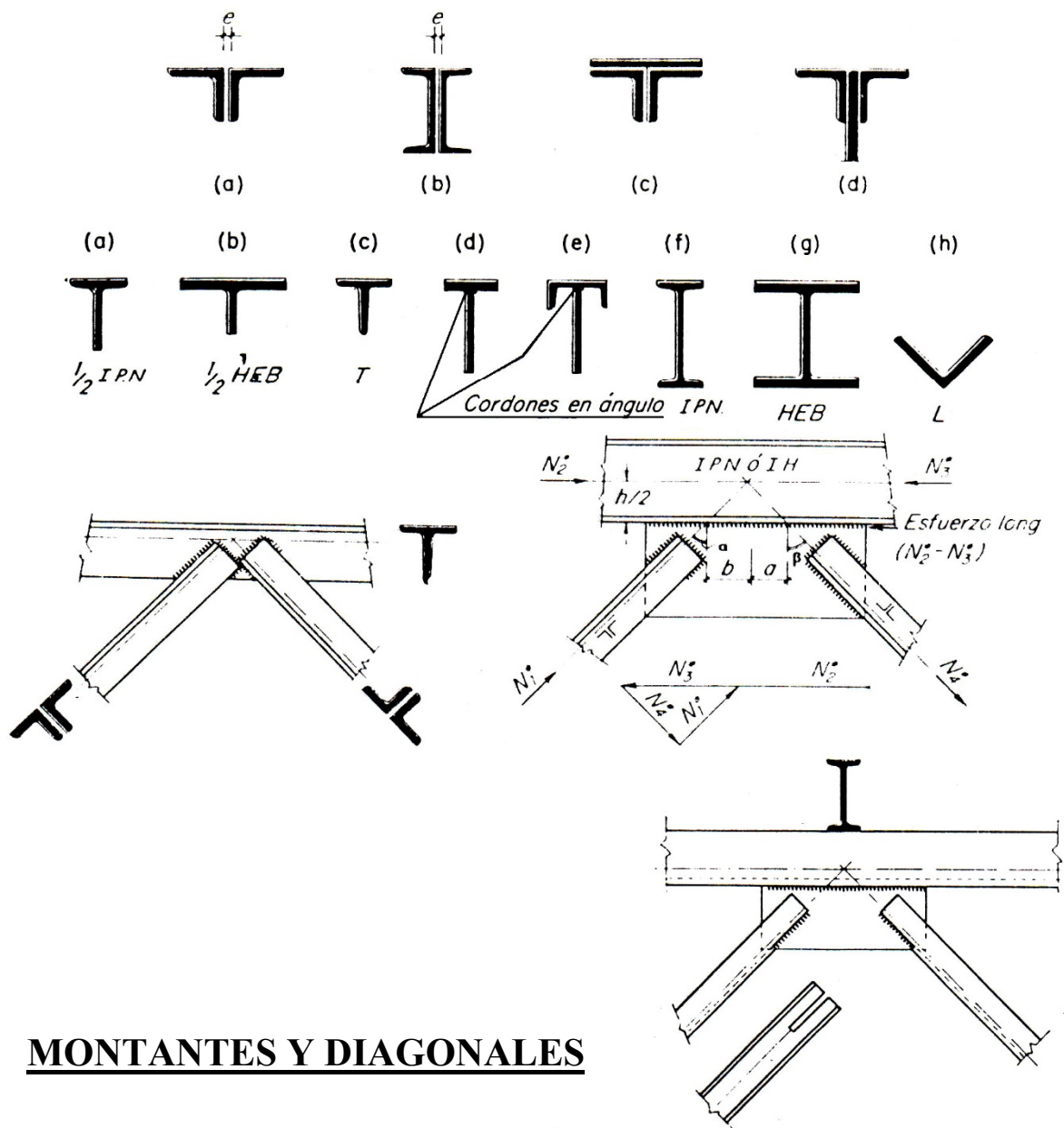
$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} < \begin{cases} 3 & \text{(elementos principales)} \\ 4 & \text{(elementos arriostramiento)} \end{cases}$$

- Comprobación a tracción

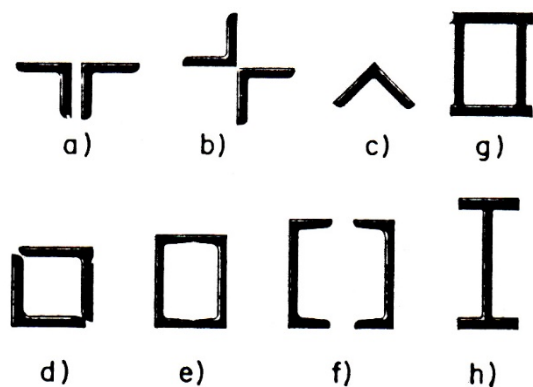
$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd} = \begin{cases} N_{pl,Rd} = A f_{yd} \\ N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_{ud} \end{cases}$$

### 3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

#### • CORDONES

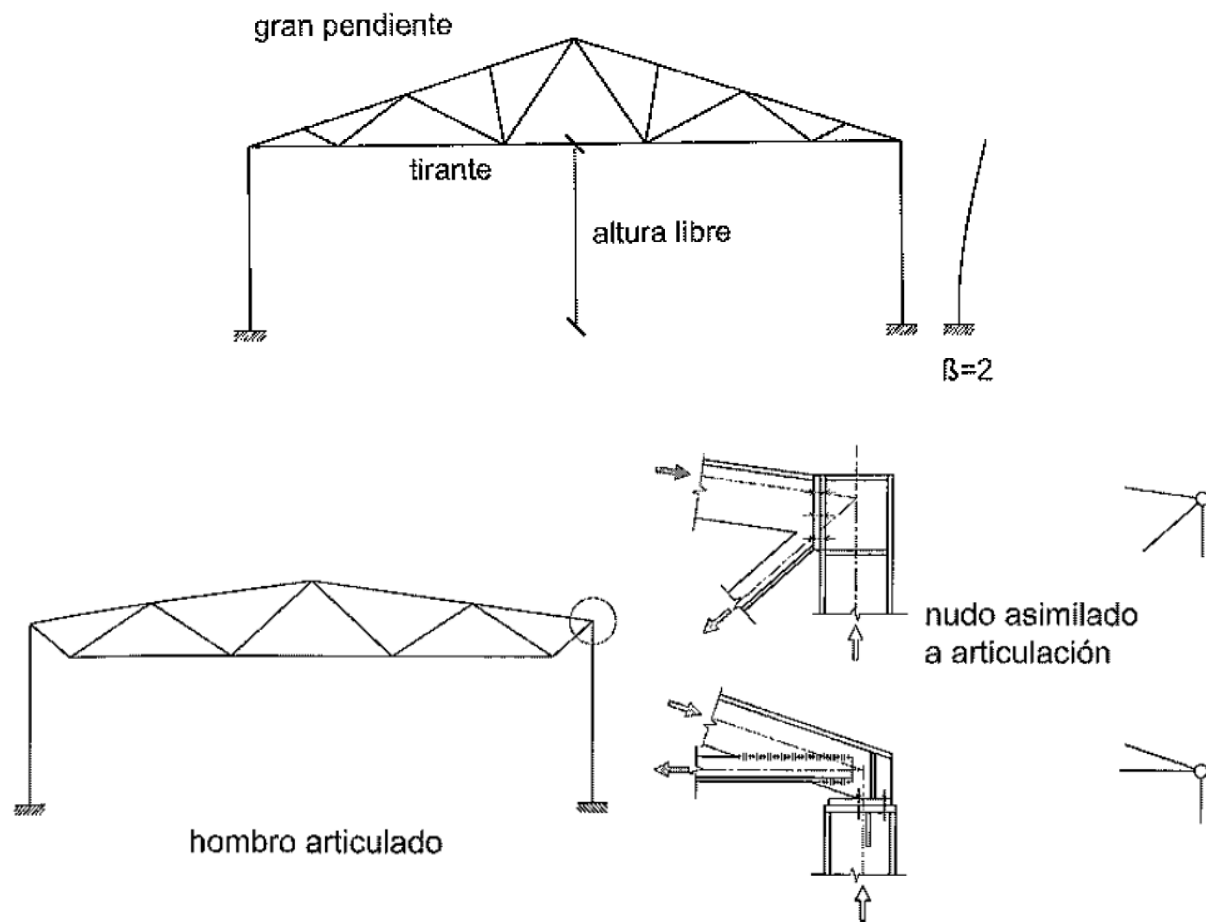


#### • MONTANTES Y DIAGONALES

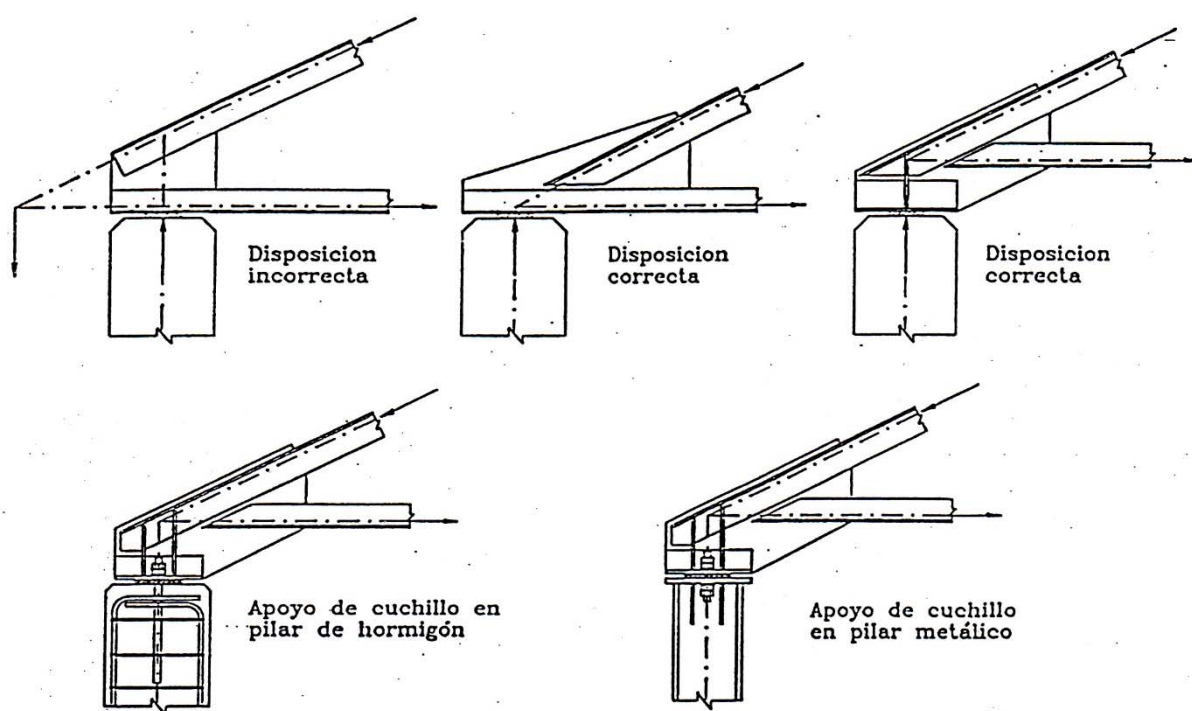


Fuente: Argüelles R, 1975

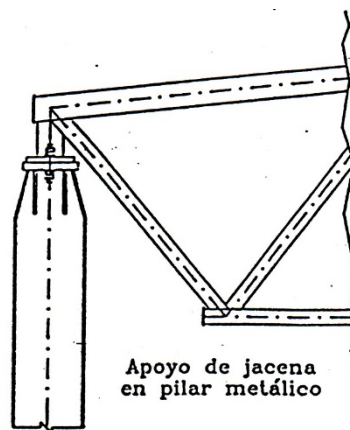
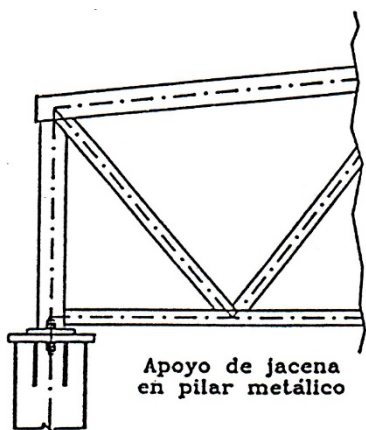
## • DETALLES DE UNIONES ARTICULADAS A LOS PILARES



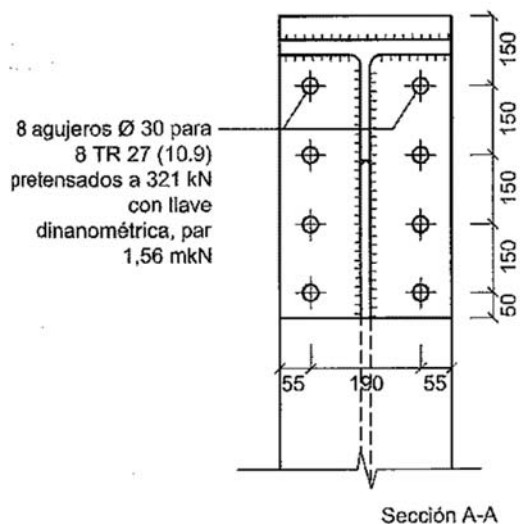
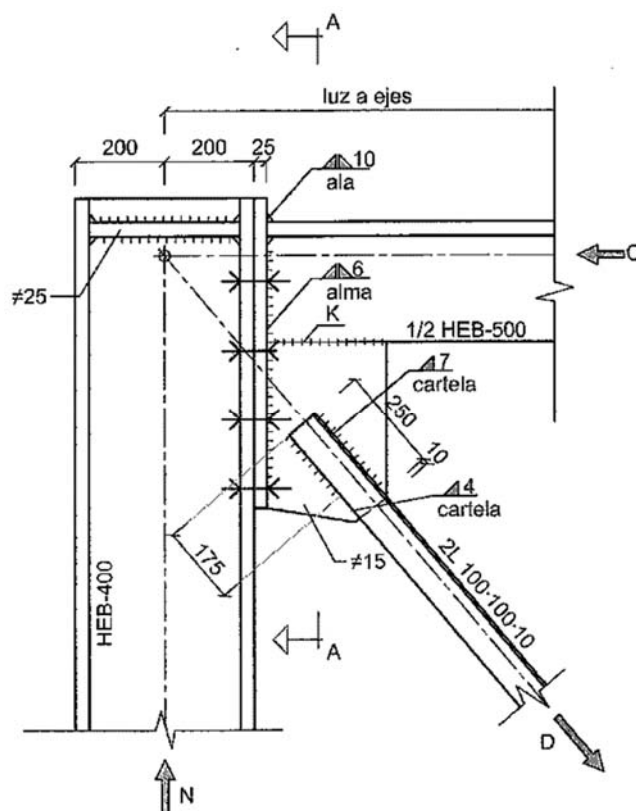
Fuente: Arnedo A, 2009



Fuente: Atienza JR, 1995

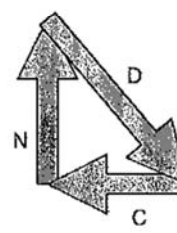
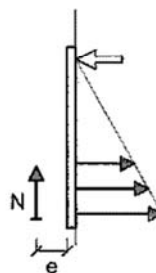


Fuente: Atienza JR, 1995



Placa de testa  $\# 650 \cdot 300 \cdot 25$ . Superficie dorsal granallada hasta Sa 2 1/2 (ISO 8501-1) y solamente con pintura de imprimación 55 $\mu$ m de silicato alcalino de zinc. (clase de tratamiento B,  $\mu=0,5$ )

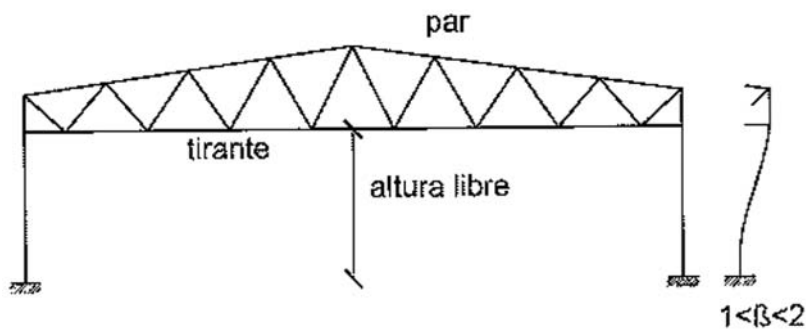
Unión de clase de ejecución 2  
Nivel de calidad de soldaduras C  
Material: S 275 JR



Fuente: Arnedo A, 2009

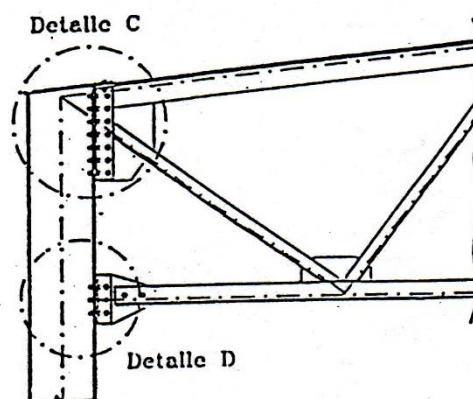
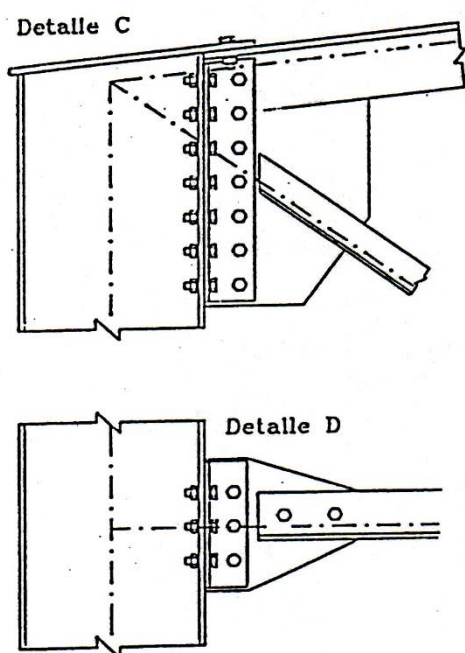
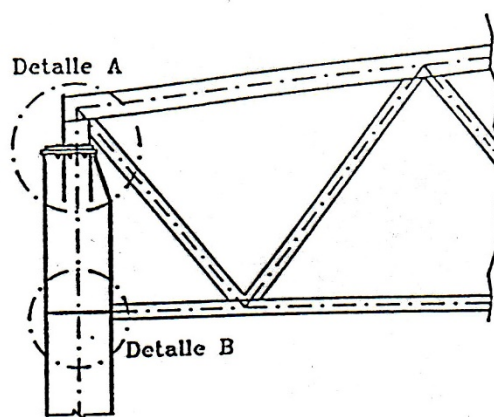
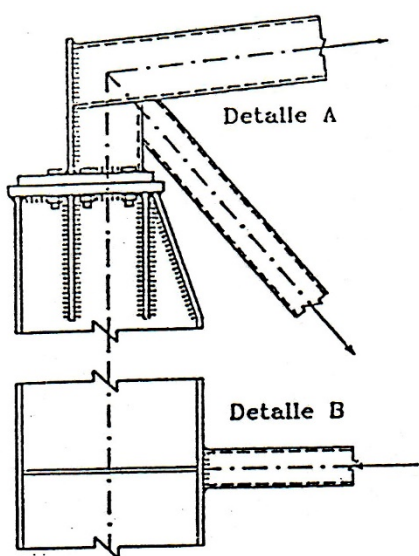
## • DETALLES DE UNIONES RIGIDAS A LOS PILARES

pendiente reducida



Unión recomendable, y obligatoria si la base no es empotrada

Fuente: Arnedo A, 2009



Fuente: Atienza JR, 1995