

TEMA 14

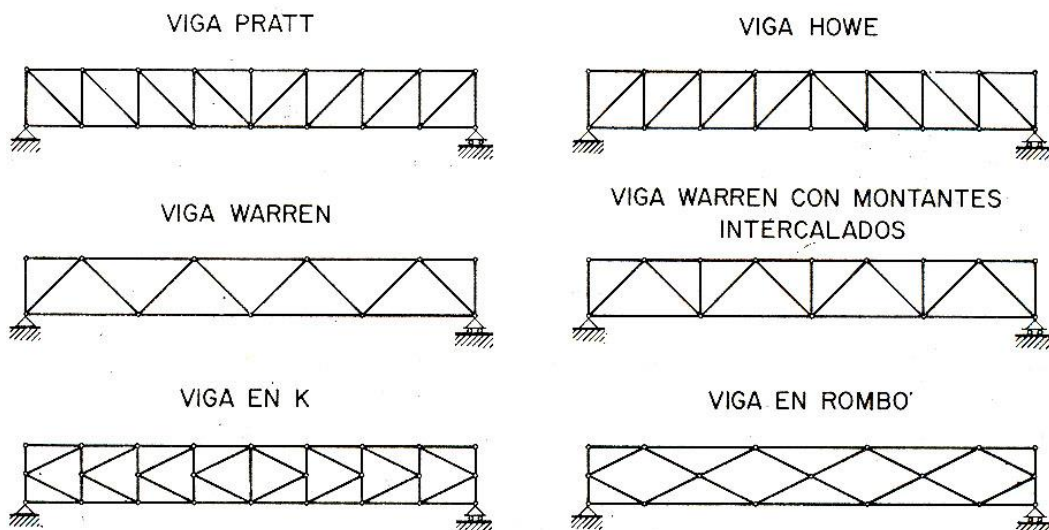
ESTRUCTURAS TRIANGULADAS

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**



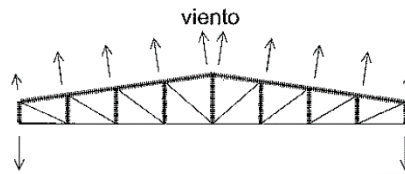
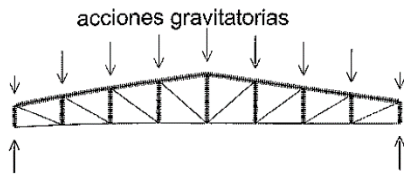
En general:

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

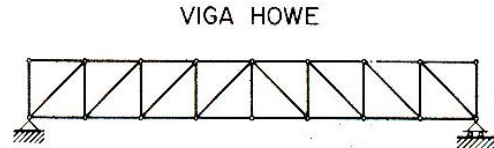
- Luces moderadas
- Diagonales traccionadas y montantes comprimidos, excepto si hay inversión de esfuerzos (por cargas parciales o viento) → Howe



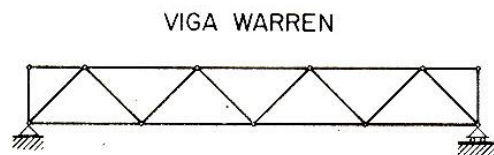
Fuente:
Arnedo A, 2009

Howe

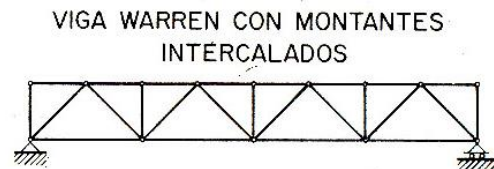
- Luces moderadas
- Diagonales comprimidas y montantes traccionados

**Warren**

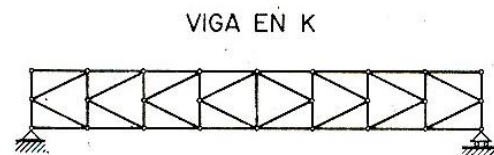
- Luces pequeñas y medianas
- Aspecto más agradable
- Triángulos de lados parecidos; ángulos 45° - 60° ; pocas barras aunque robustas ⇒ Mejor que Pratt (aunque la conveniencia de reducir las longitudes de pandeo en diagonales inclina a veces la balanza hacia Pratt)

**Warren con montantes**

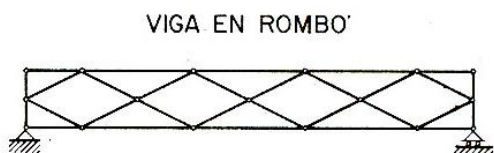
- ↓ Long. pandeo cordón comprimido

**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 ¹	●●●○○
	Representación gráfica	●●●●○
EJECUCIÓN	Material	●○○○○
	Fabricación ²	●●●●○
	Montaje	●●●○○
CARACTERÍSTICAS	Permeables al paso de instalaciones de grandes dimensiones.	
APLICACIONES	- Estructuras verticales de transmisión indirecta, con soportes apeados o suspendidos por estructuras de transferencia. - Estructuras verticales con triangulaciones entre plantas. - Estructuras horizontales con luces, disposiciones o niveles de carga singulares. - Estructuras horizontales con exigencias de integración de una red densa e indeterminada de líneas de servicios e instalaciones. - Estructuras horizontales sin limitaciones de canto estructural. - Estructuras horizontales vistas, con ciertas exigencias en su aspecto visual.	
	Luces luces y cargas elevadas -vigas primarias -vigas secundarias	9,0 - 30,0 m 7,5 - 12,0 m
	Relación luz/canto cargas elevadas cargas medias cargas reducidas	7,5 - 12,5 10,0 - 15,0 12,5 - 20,0
OBSERVACIONES	¹ Herramientas de cálculo y dimensionamiento de acceso libre basadas en los eurocódigos estructurales: www.asc.arcelor.com vigas de celosía TRUSSES v1.04 ² En la fabricación de vigas de celosía es difícil introducir herramientas y procedimientos de corte y soldadura en taller automatizados. 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.	

Nota: En la actualidad, la **representación gráfica** ya no presenta limitaciones en el proyecto gracias al uso de entornos BIM.

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

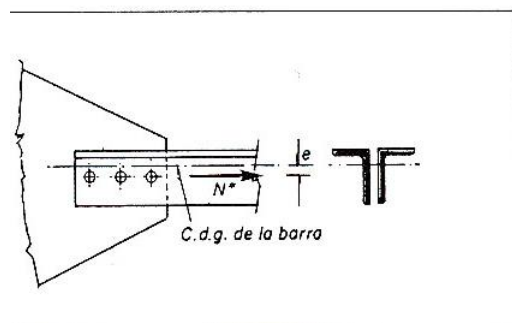
Nota: Emplear www.constructalia.com en vez de www.asc.arcelor.com

Fuente: Hurtado C et al, 2008

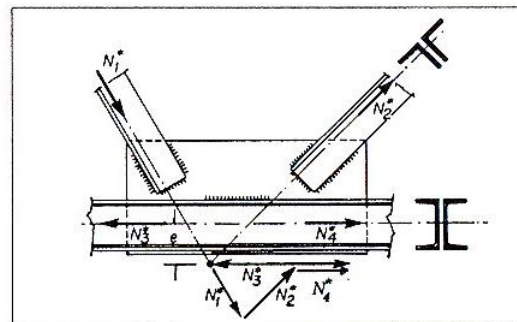
2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO

• 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

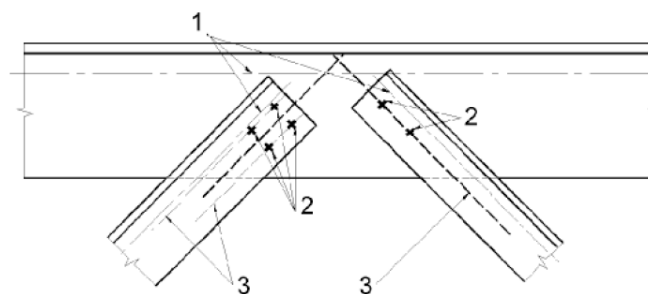


Descentramiento de la unión respecto al eje de la barra.



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

(L longitud de la pieza)

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

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} < 2,0$$

$i = \sqrt{I/A}$ 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 $\gamma_{M1} = 1,05$

χ coeficiente de reducción por pandeo (función de la esbeltez relativa y la curva de pandeo)

Piezas simples sometidas a tracción centrada

- Esbeltez

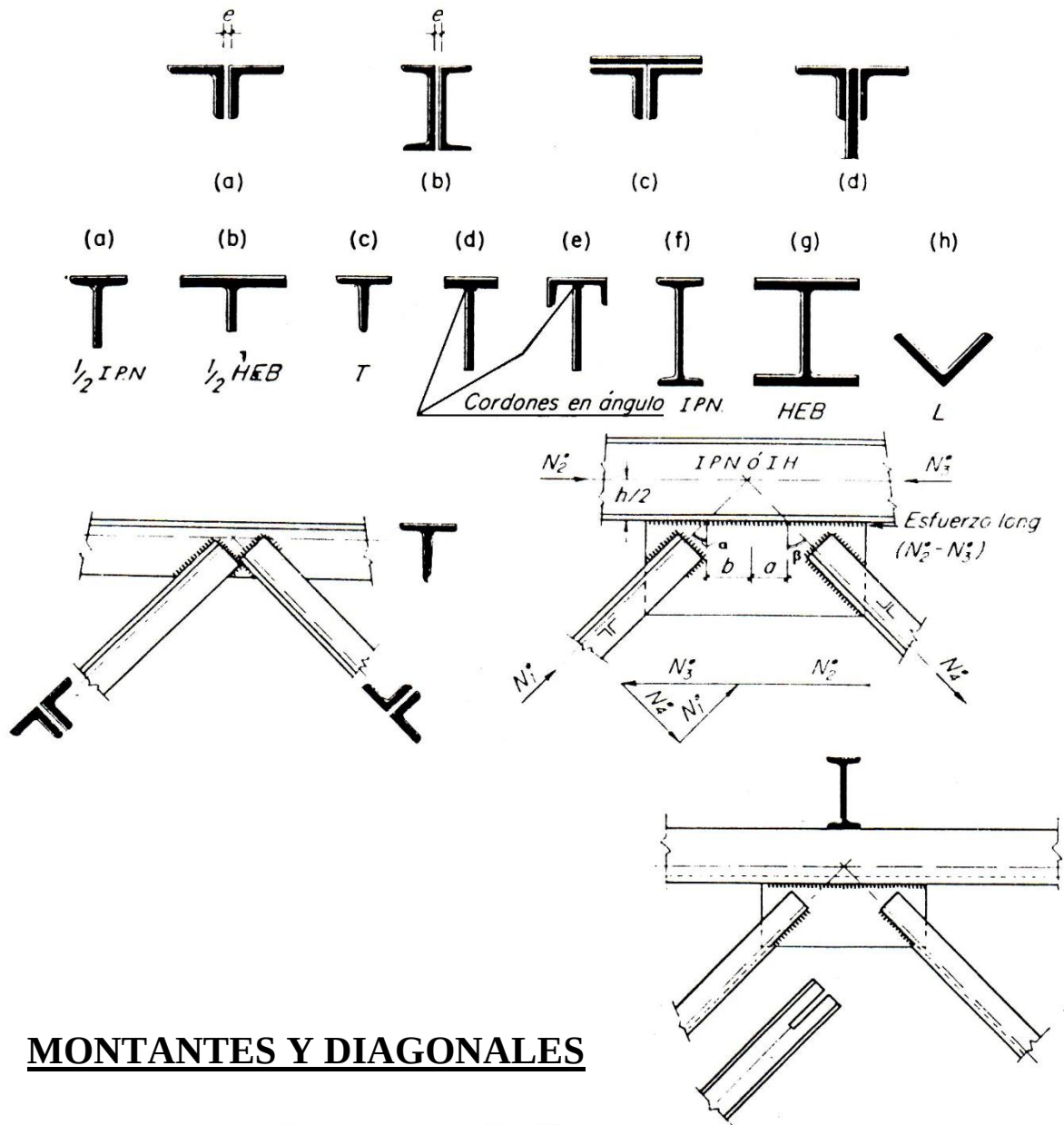
$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} < 3,0$$

- Comprobación a tracción

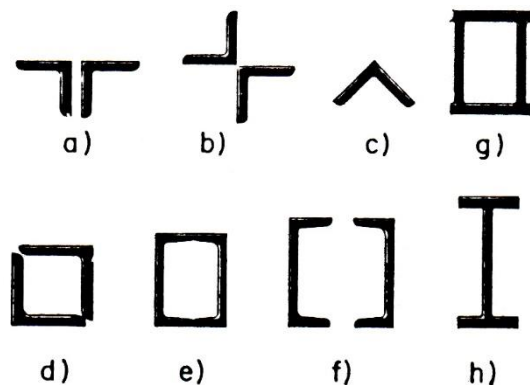
$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd} = \begin{cases} N_{pl,Rd} = A f_{yd} \\ N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_{ud} \end{cases}$$

3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

• CORDONES

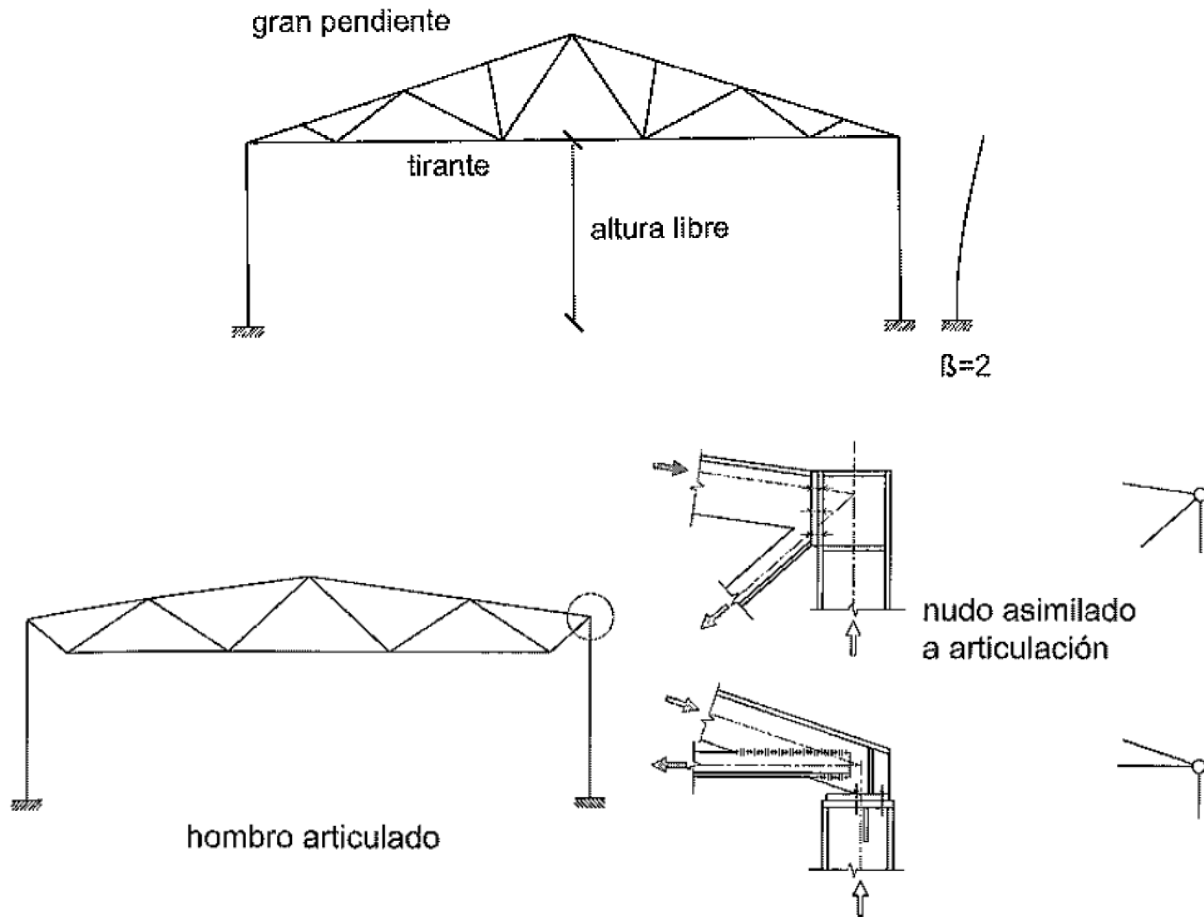


• MONTANTES Y DIAGONALES

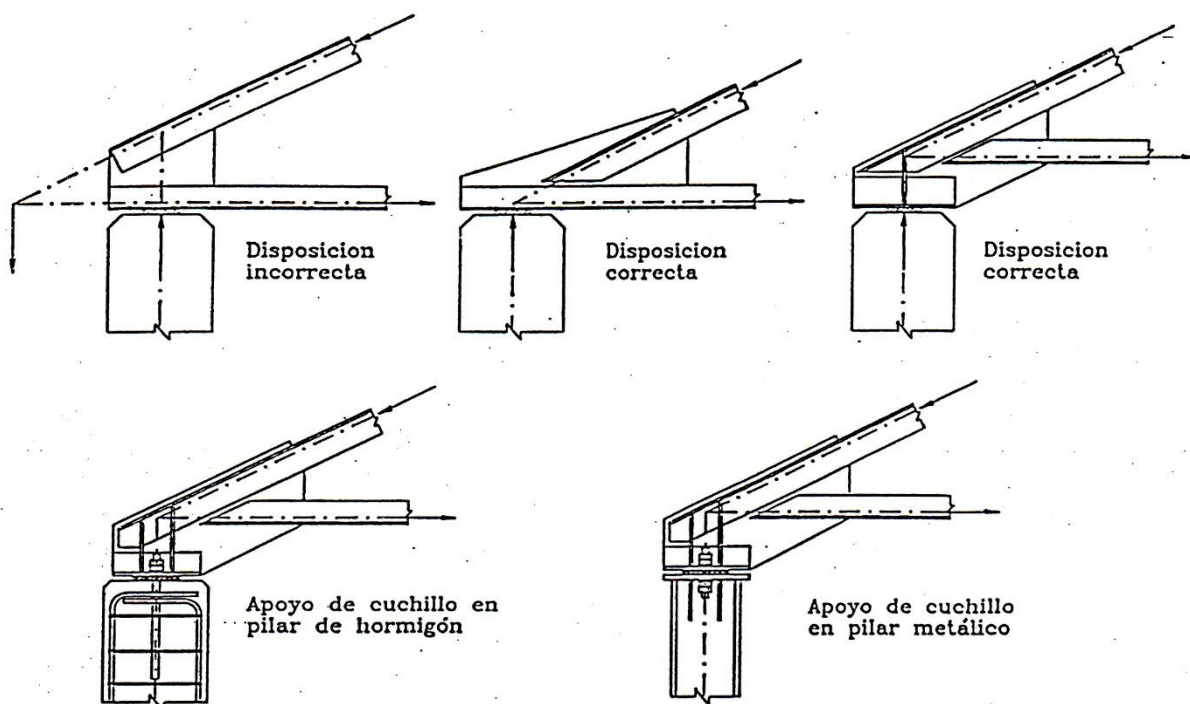


Fuente: Argüelles R, 1975

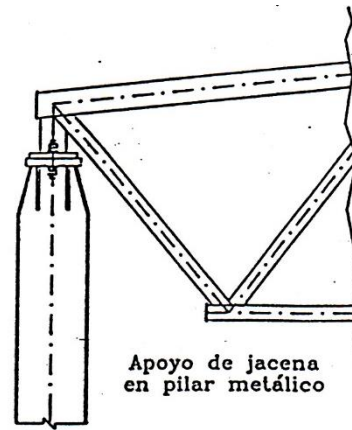
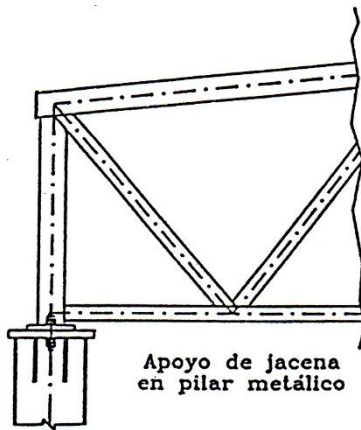
• DETALLES DE UNIONES ARTICULADAS A LOS PILARES



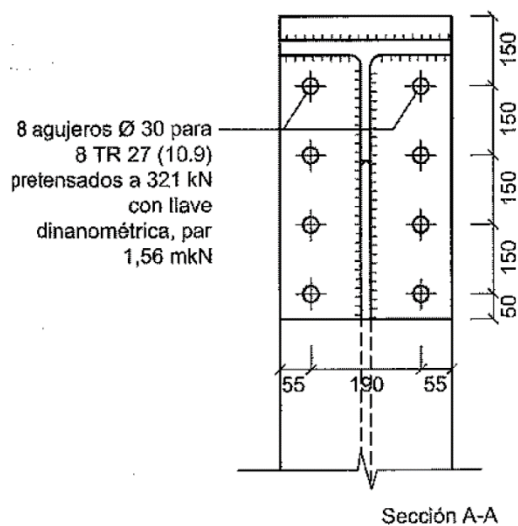
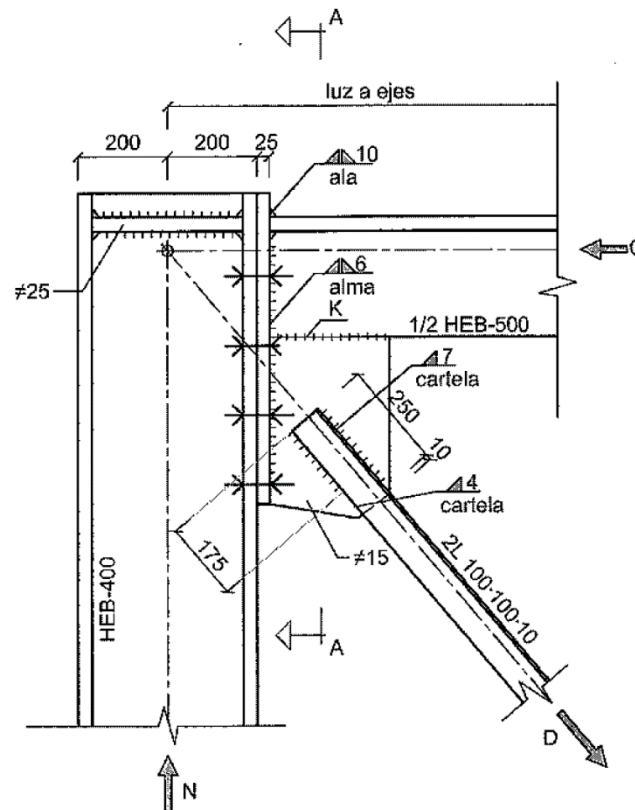
Fuente: Arnedo A, 2009



Fuente: Atienza JR, 1995

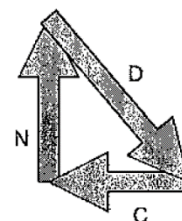
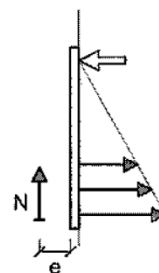


Fuente: Atienza JR, 1995



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 μ m de silicato alcalino de zinc. (clase de tratamiento B, $\mu=0,5$)

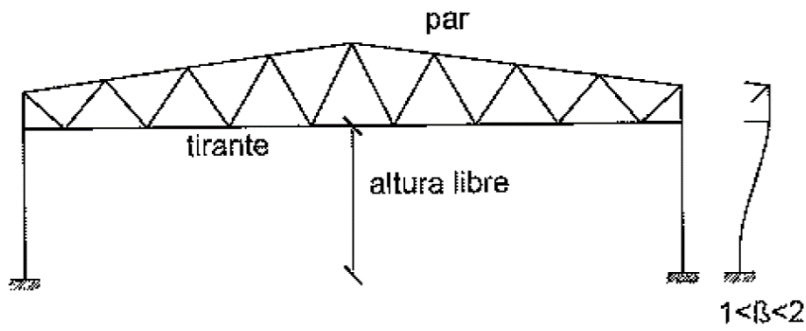
Unión de clase de ejecución 2
Nivel de calidad de soldaduras C
Material: S 275 JR



Fuente: Arnedo A, 2009

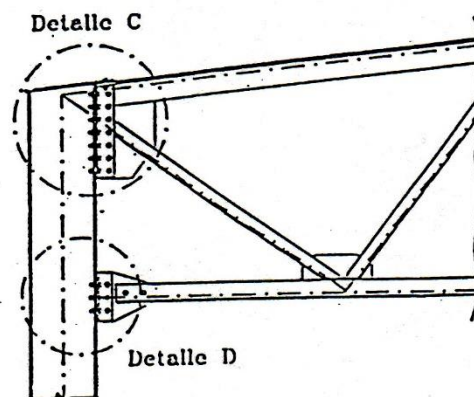
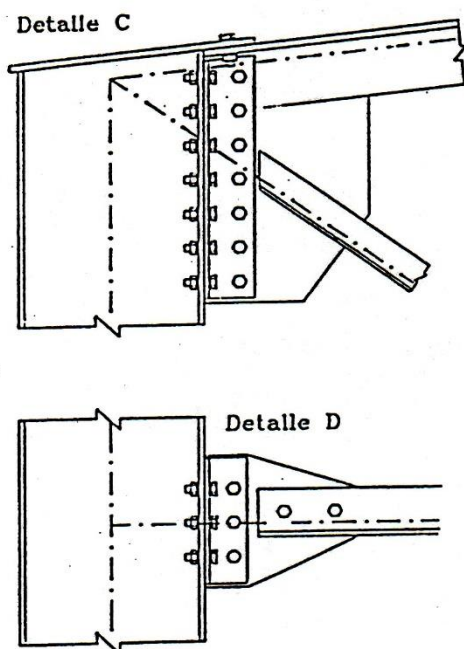
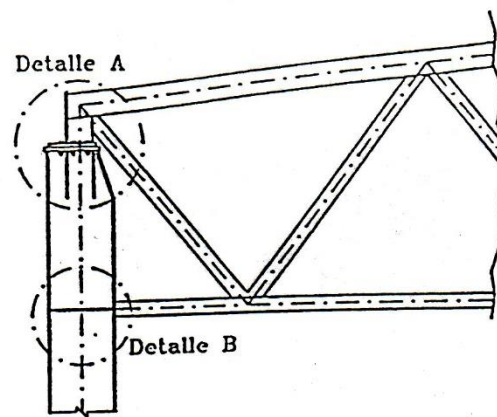
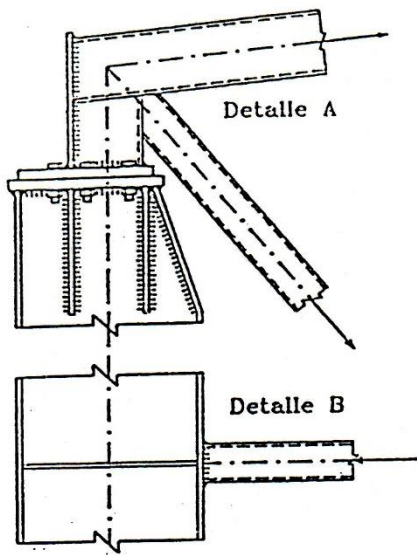
• DETALLES DE UNIONES RIGIDAS A LOS PILARES

pendiente reducida



Unión recomendable, y obligatoria si la base no es empotrada

Fuente: Arnedo A, 2009



Fuente: Atienza JR, 1995