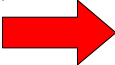
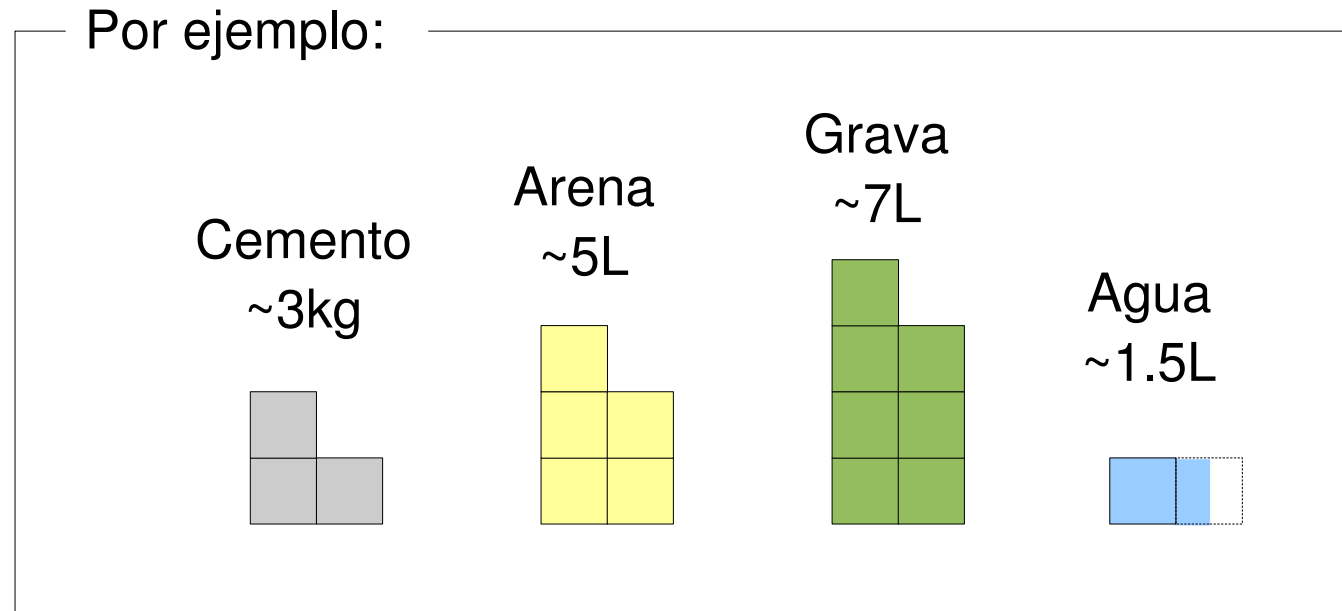


Tema 8.- Nociones sobre temas relacionados

(“cultura general”)

-  1.- El hormigón
- 2.- El terreno
- 3.- La cimentación
- 4.- Las uniones en estructura metálica
- 5.- La nave industrial

Hormigón = cemento + agua + áridos (+ posibles aditivos)

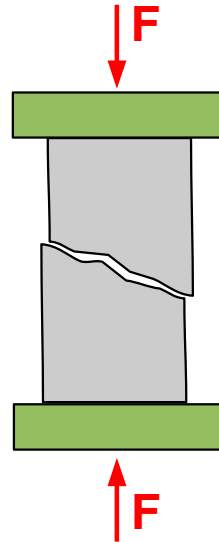
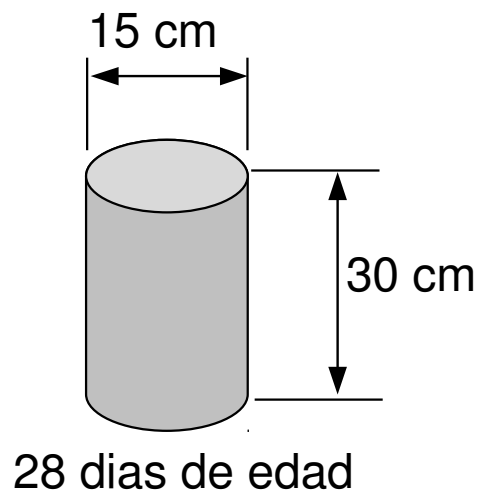


- Barato
- Resiste compresiones ~ 1/10 del acero
- Resiste poca tracción (se usa con armado de acero)
- Control de calidad necesario en obra
- Costoso de reciclar

Control de calidad (más sencillo): “cono de Abrams”

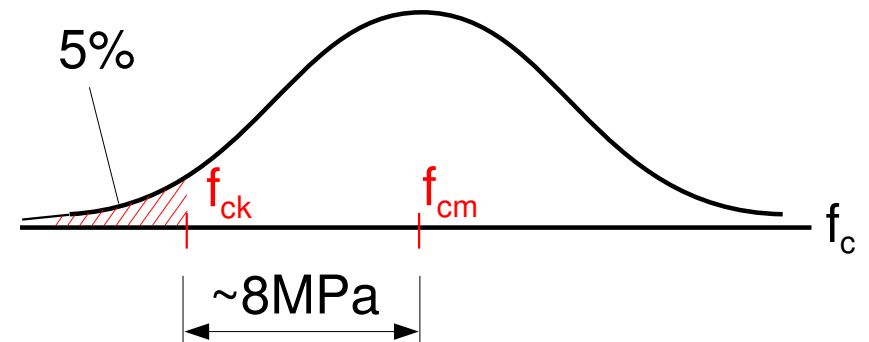


Control de calidad: Ensayo de probetas.



$$f_{ck} < \frac{F \text{ rotura}}{\text{Area sección}}$$

en el 95% de las probetas



f_{ck} = “Resistencia característica de proyecto”

f_{cm} = “Resistencia media”

Nota: la resistencia a compresión en servicio aumenta mucho si hay más hormigón circundante (“efecto confinamiento”), como es frecuente en las bases de las columnas. Puede llegarse a compresiones locales del orden de $2 f_{ck}$.

Denominación del hormigón (norma EHE):

[TIPO] - [RESISTENCIA] - [Otros...]

HM= en masa
HA= armado
HP= pretensado

Tamaño del árido...
(no vemos)

Resistencia característica f_{ck}
en MPa. Valores: 20, 25, 30,
35, 40, 45 ó 50

Por ej. diremos
HA-35, HM-25 ...

El 20 sólo
en masa

Preparación y ensayo de probetas.



El hormigón se usa en grandes cantidades

*Cimientos y sótanos
de una edificación*



*Detalle del
hormigonado de un
muro (encofrafo)*

Existen prefabricados de hormigón.



Las condiciones son más controladas, y en general se consigue mejor calidad.

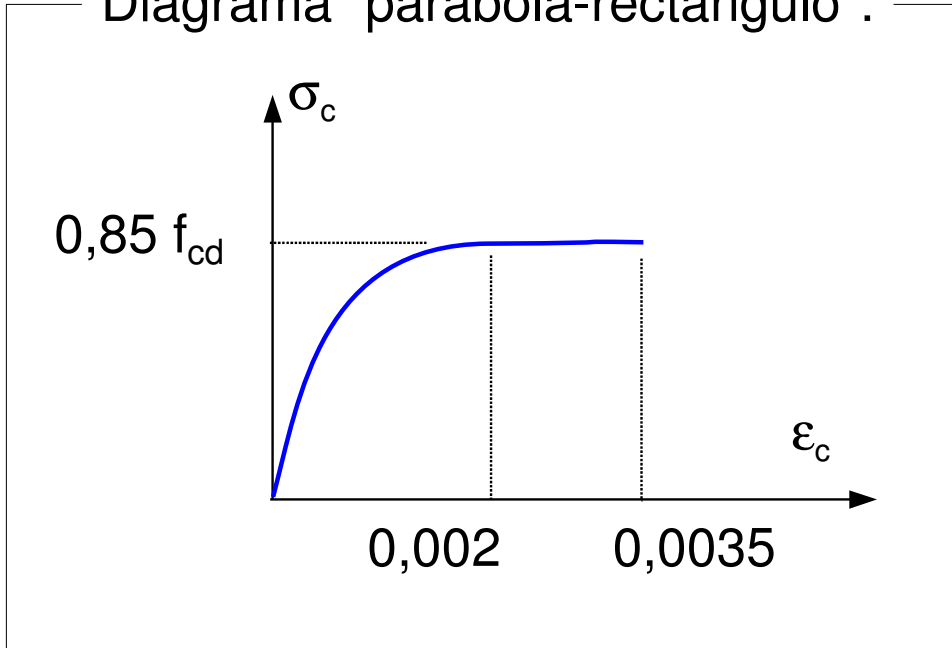
Inconveniente:
el transporte



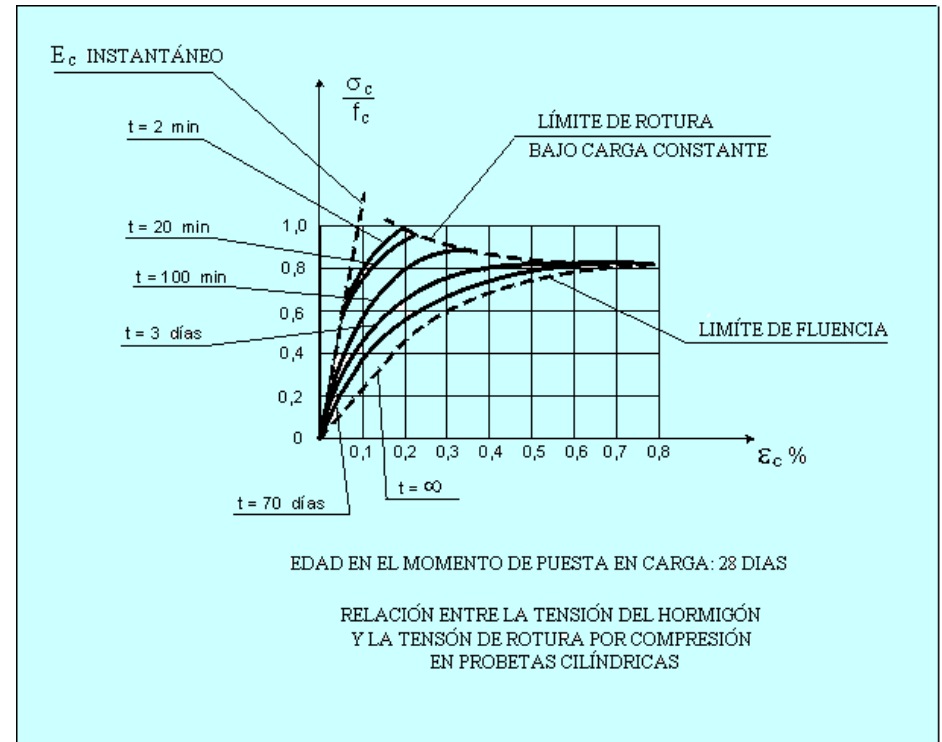
Ello posibilita la ejecución de barras de mayor esbeltez (en comparación con el hormigonado in situ).

Modelo idealizado del comportamiento del hormigón

Diagrama “parabola-rectángulo”:



En realidad hay muchas complicaciones...

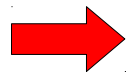


... y en el comportamiento en servicio se cuenta con su posible fisuración (no vemos).

Tema 8.- Nociones sobre temas relacionados

(“cultura general”)

1.- El hormigón



2.- El terreno

3.- La cimentación

4.- Las uniones en estructura metálica

5.- La nave industrial

El terreno es un sistema multifase complicado

Sólido
(partículas)

Son “indeformables”. Proviene de la meteorización de las rocas, con posterior transporte y sedimentación. Dejan muchos huecos (de 0.5 a varias veces su volumen).

Líquido
(agua)

Es “incompresible”, pero puede fluir y evacuarse. Complica notablemente el modelo de comportamiento del terreno.

Gas
(aire)

No tiene efecto resistente. No interfiere en la reorganización (asentamiento, compactación) de las partículas sólidas.

→ La frecuente inhomogeneidad, tanto a gran escala como a pequeña escala, complican adicionalmente la predicción del comportamiento del terreno.

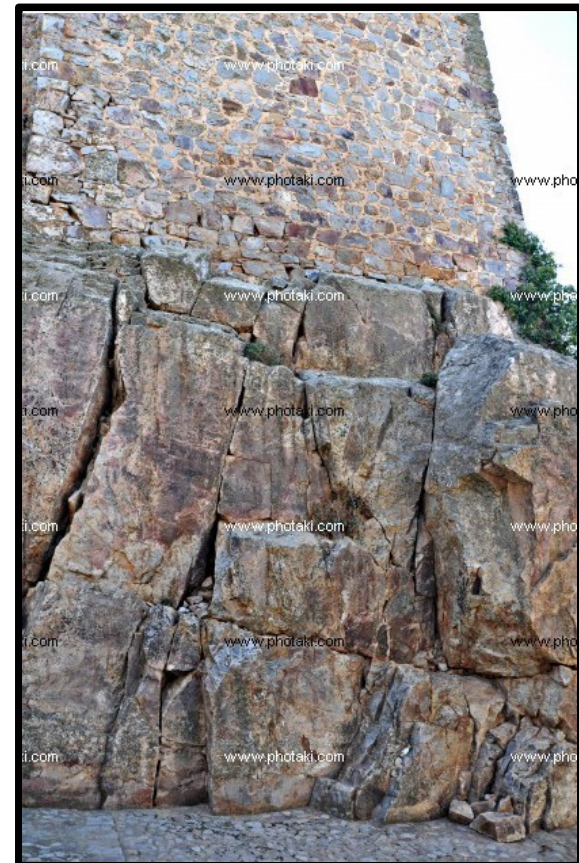
Tipos de terreno:

- Rocoso (rocas)
- Cohesivo (arcillas)
- No cohesivo (arenas, gravas)
- No apropiado (orgánicos, yesos)

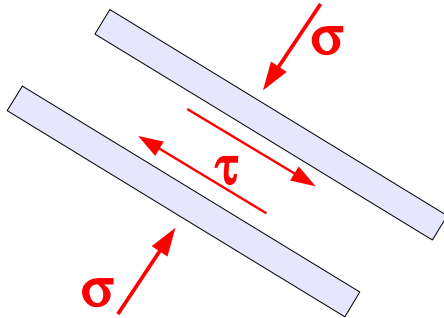
A suficiente profundidad,
esperamos encontrar
terreno apropiado.



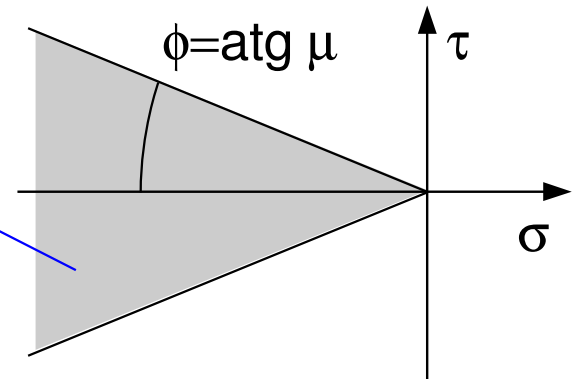
El terreno rocoso puede estar poco o muy meteorizado.



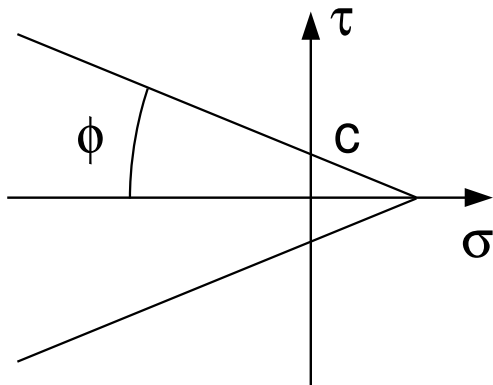
Modelo básico de fallo del terreno (Mohr-Coulomb)



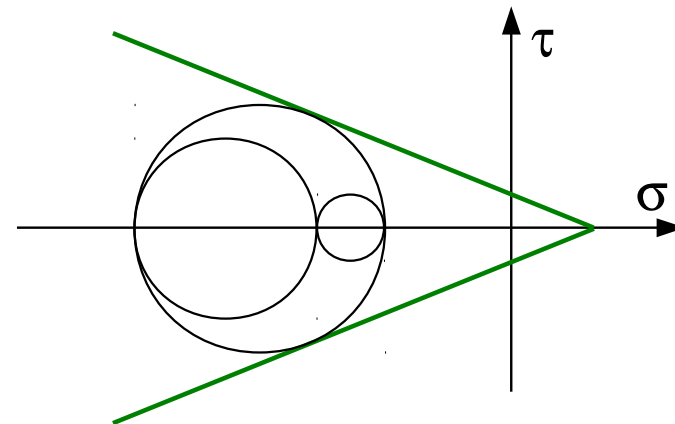
NO
deslizamiento:
 $\tau < |\sigma| \cdot \mu$



Terrenos cohesivos:

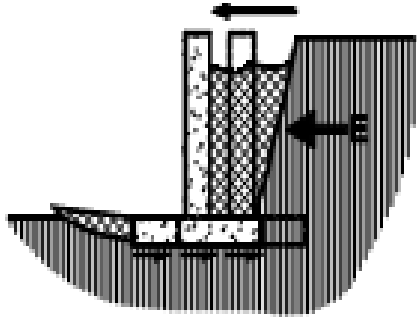


Deslizamiento inminente:

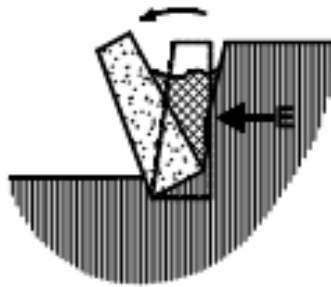


Modelos “ad hoc” de fallo del terreno:

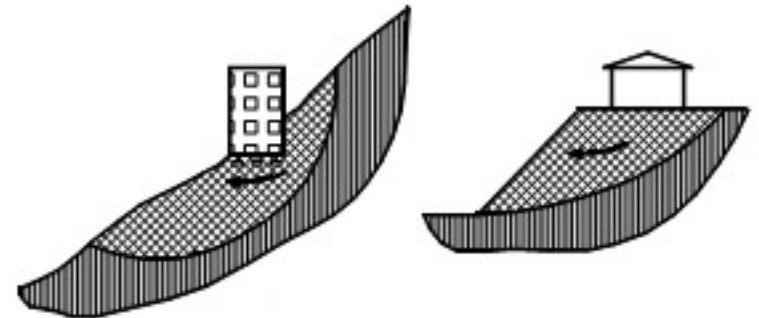
→ Deslizamiento



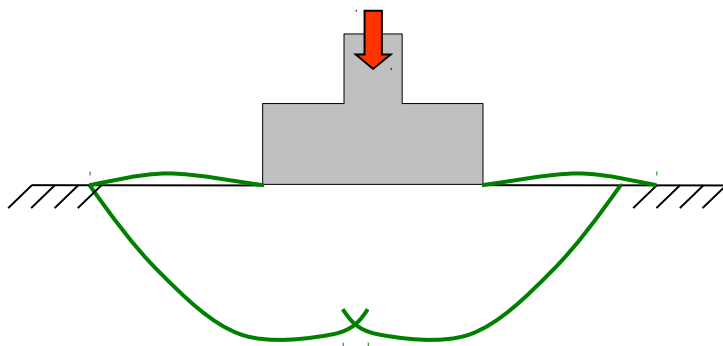
→ Vuelco



→ Inestabilidad global



→ Hundimiento



“Presión de hundimiento” q_h
o “resistencia característica del terreno”
Rocas: 1 ~ 5 MPa ; Otros: 0.1 ~ 0.5MPa

*Hay tablas de q_h
en las normas
(ver Ap. D)*

Ensayos del suelo: SPT (“standard penetration test”).

Se hinca 60 cm una barra hueca,
con golpes de un peso de 63.5 kg,
que cae desde una altura de 76 cm.

Se mide el N de golpes
desde el cm 15 al 45.

$N_{30,SPT}$ o simplemente N_{SPT}
“Resistencia a la
penetración estándar”

Si se hinca poco (50 golpes para 15cm,
o 100 golpes en total) se para el ensayo,
con resultado de “Rechazo” (R).

Además el tubo saca una
muestra del terreno que se
puede analizar...

El N_{SPT} se correlaciona con los parámetros del terreno
(ángulo de rozamiento f , etc). La correlación es empírica,
y es diferente para suelos granulares o cohesivos.



Standard Penetration Test (SPT)

Martillo del SPT

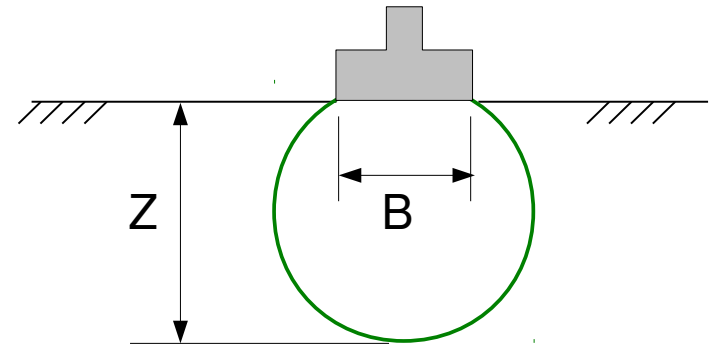


Coeficiente de balasto

Al comprimir el terreno, la relación entre presión y desplazamiento es lineal (al principio):

$$k_s = \frac{\text{presión aplicada}}{\text{desplazamiento}}$$

Concepto de “bulbo de tensiones”:
puntos con presión vertical mayor del 10% de la existente bajo la zapata



($Z \sim 2B$, para cualquier tamaño de la zona de compresión)

Se observa que el asiento es mayor cuando:

→ el bulbo es mayor, a igualdad de presión.

→ la presión es mayor, a igualdad de bulbo (claro).

Por tanto:
placa mayor \Rightarrow coef k_s menor

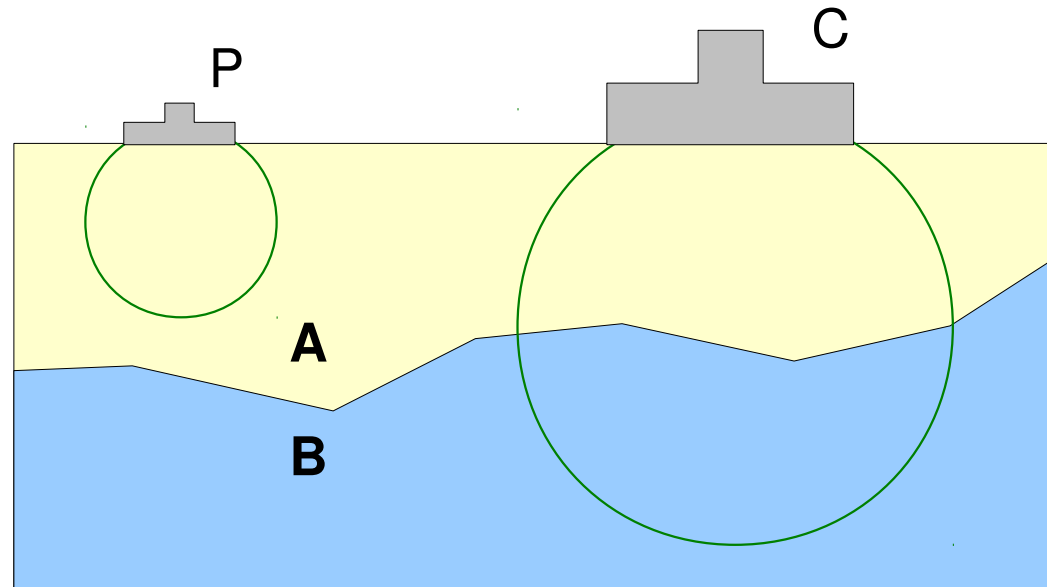
*Necesitamos
corregir para
nuestro tamaño real*

Coeficiente de balasto (sigue)

La corrección a realizar al coeficiente de balasto obtenido de ensayos con placa, para ajustarlo al tamaño real de nuestro elemento de cimentación, es empírico (normas).

→ La placa de ensayo tiene típicamente 30 cm. Una zapata suele ser mucho mayor.

Esa corrección siempre está sujeta a incertidumbres importantes:



Ensayos del suelo: placa de carga



Tema 8.- Nociones sobre temas relacionados

(“cultura general”)

1.- El hormigón

2.- El terreno

 3.- La cimentación

4.- Las uniones en estructura metálica

5.- La nave industrial

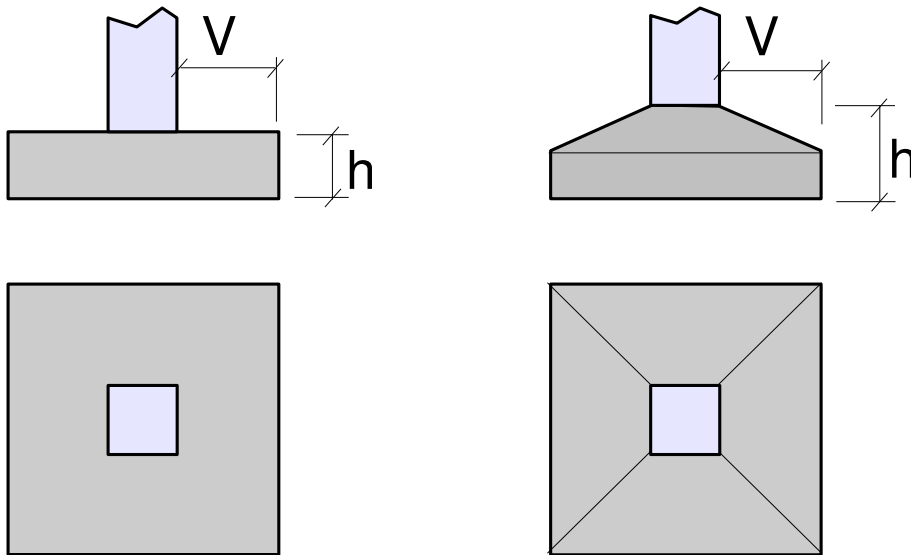
Zapatas (cimentaciones superficiales)

El terreno resiste mucho menos que el acero o el hormigón.

→ Las barras no pueden “conectarse” directamente al terreno.

Las zapatas reparten la carga en una superficie mayor del terreno.

→ Para que las tensiones en éste sean menores.



Zapata flexible si $V > 2h$

Zapata rígida si $V < 2h$

Armado de las zapatas.
Pueden encofrarse para hormigonar (o no)



*Nótese la distancia de
recubrimiento mínimo en el fondo*

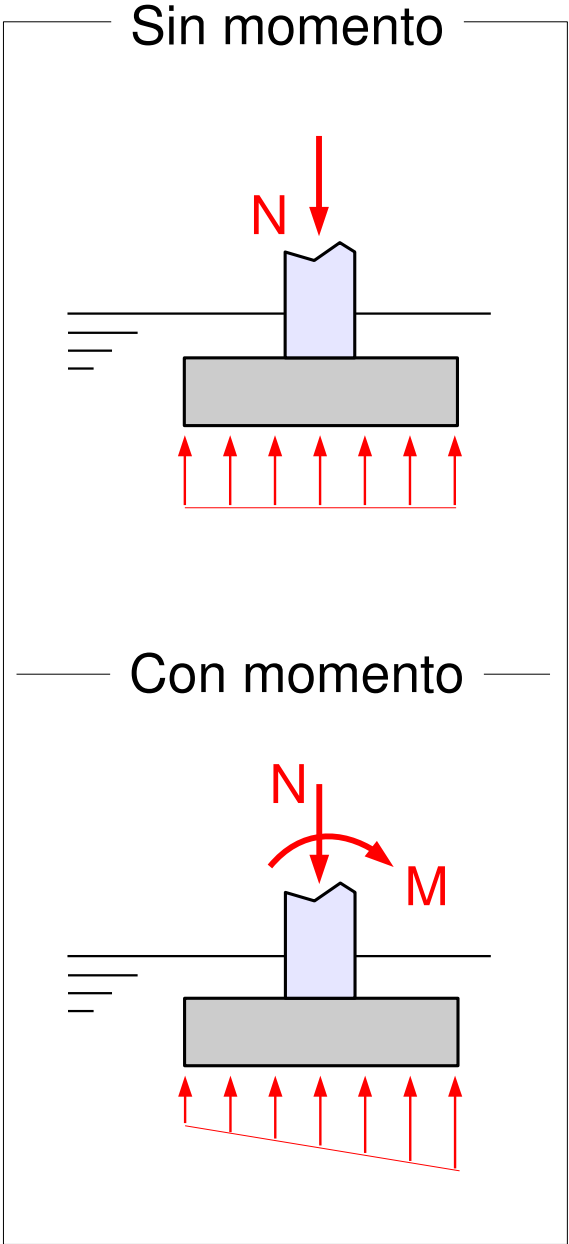
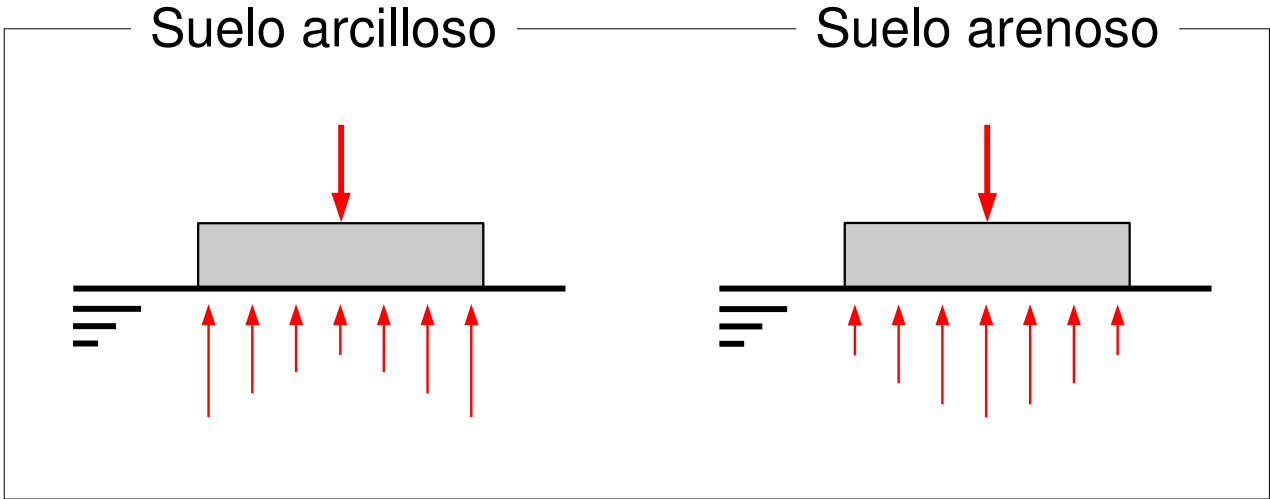
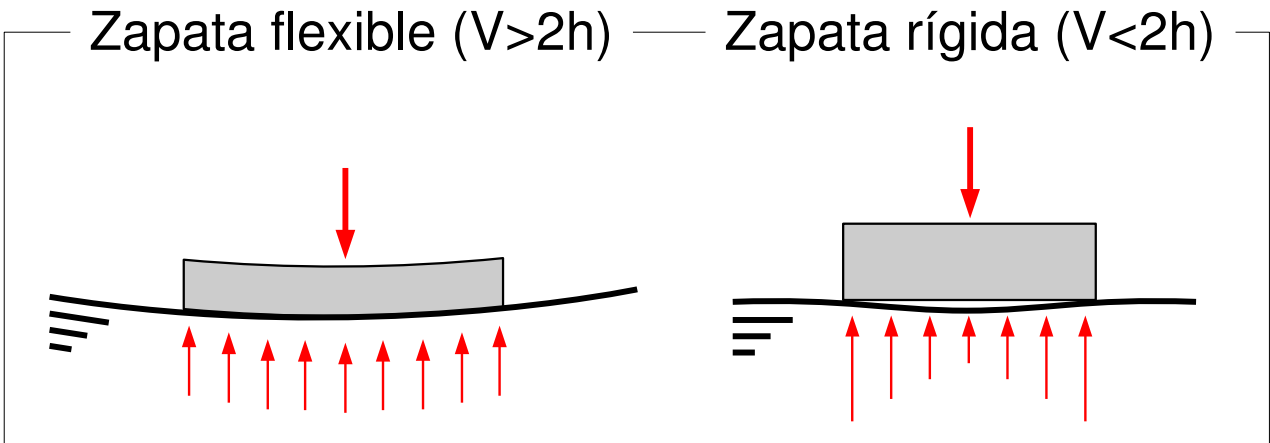


*Antes de hormigonar
(con suelo preparado)*



*Proceso de hormigonado.
Nótese la presencia de vigas
de atado / centradoras*

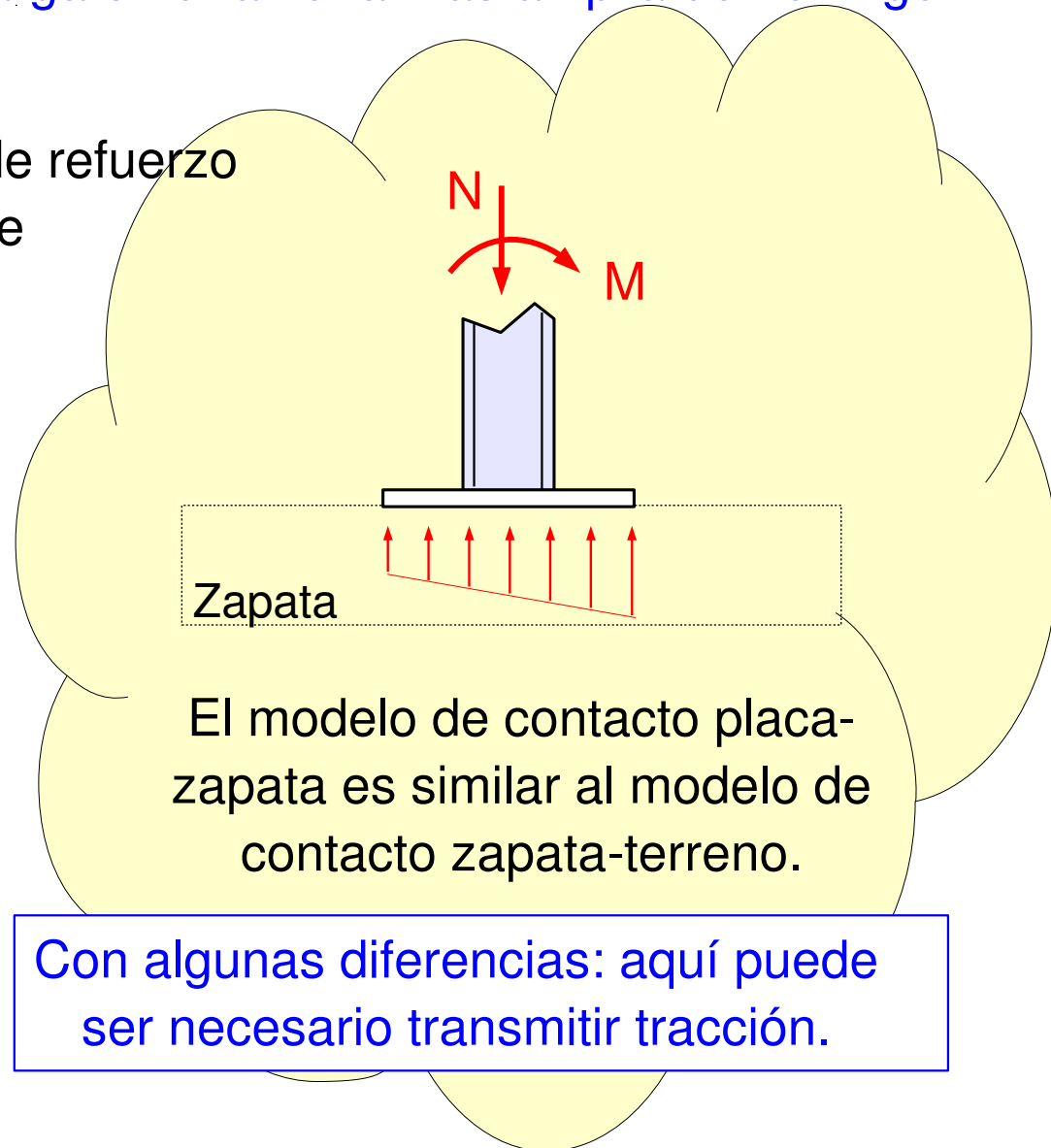
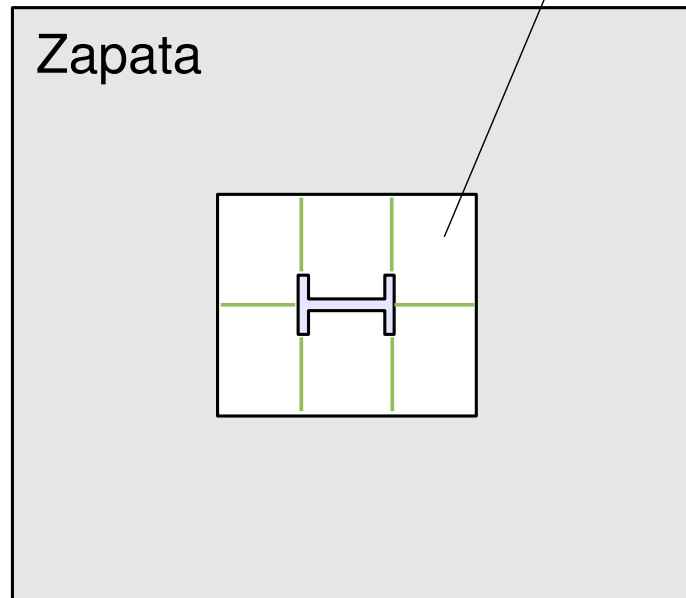
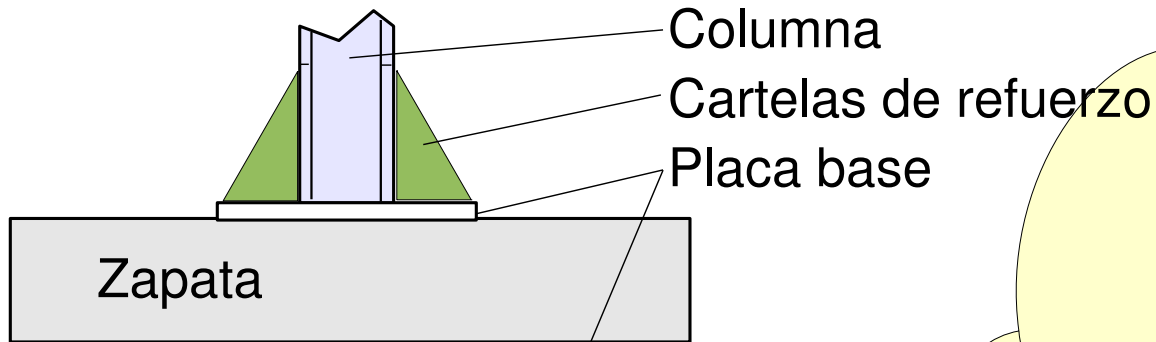
Distribución de presión bajo la zapata (tendencias cualitativas):



Conexión entre la zapata y la columna (metálica)

Similarmente, el hormigón resiste mucho menos que el acero.

→ Necesitamos repartir la carga en una zona más amplia de hormigón.

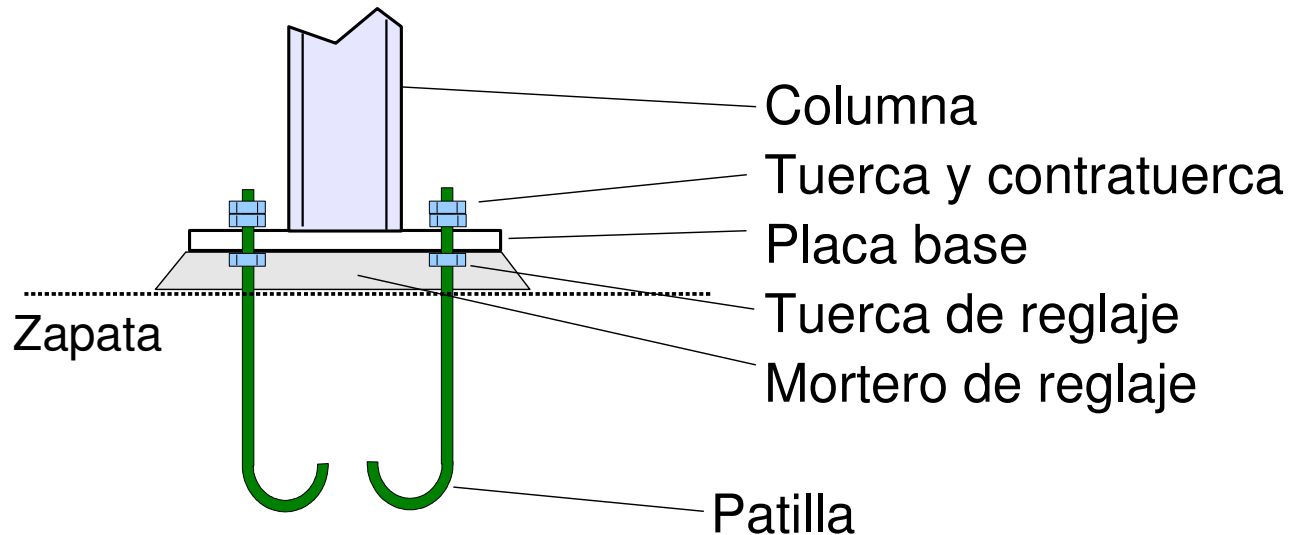


Con algunas diferencias: aquí puede ser necesario transmitir tracción.

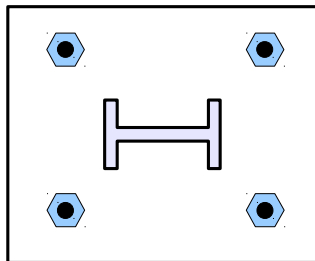
Pernos de anclaje (estructura metálica)

Se usan para sujetar la placa base a la zapata.

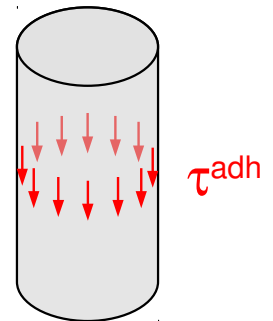
→ Resisten las tracciones, y también la cortadura, si existen.



Las compresiones son resistidas por el contacto entre placa y zapata (no se supone que los pernos trabajen a compresión).



El perno trabaja por adherencia (sólo) con el hormigón (hipótesis).
→ Tensión admisible ~ 1.5 MPa en barras lisas, y ~ 12 MPa en barras corrugadas.





Algunas placas base con sus pernos de anclaje.

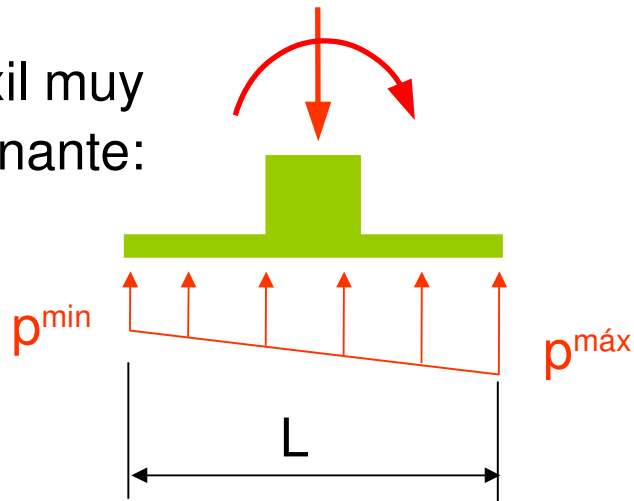
El extremo inferior (“patilla”) de los pernos de anclaje puede tener muchas formas.



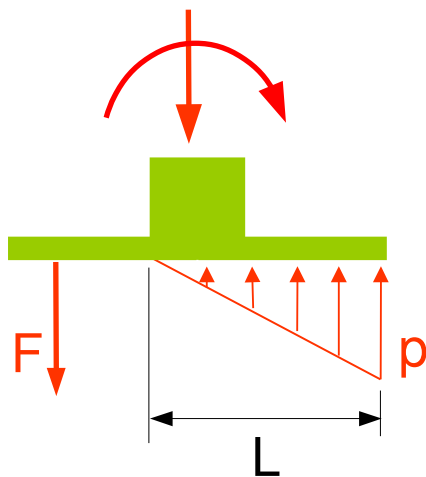
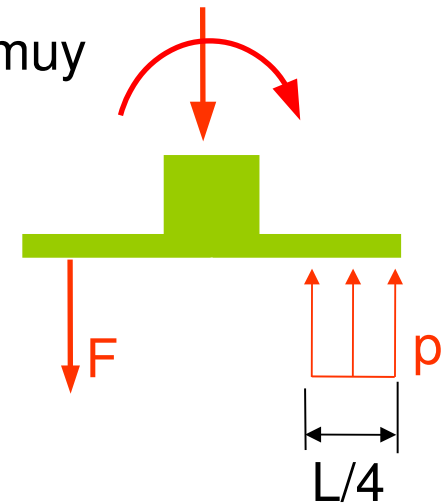
Distribución de presión bajo la placa base (estructura metálica)

→ Damos noticia de la aproximación práctica para dos casos “fáciles”

a) Axil muy dominante:



b) Flector muy dominante:



En los casos intermedios, hay 3 incógnitas (F , L , p). Es preciso plantear alguna ecuación extra, basada en deformaciones. No vemos.

Pilares con placas base y cartelas de refuerzo.



Ejemplos de conexión de la placa base a la zapata



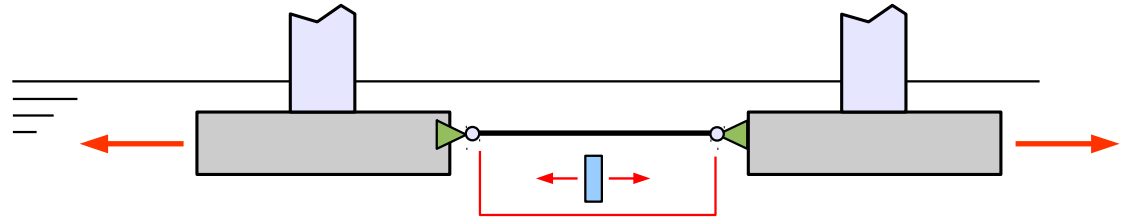
Eventualmente, la resistencia de la unión perno - hormigón puede resultar sorprendente.



Variantes de las cimentaciones directas

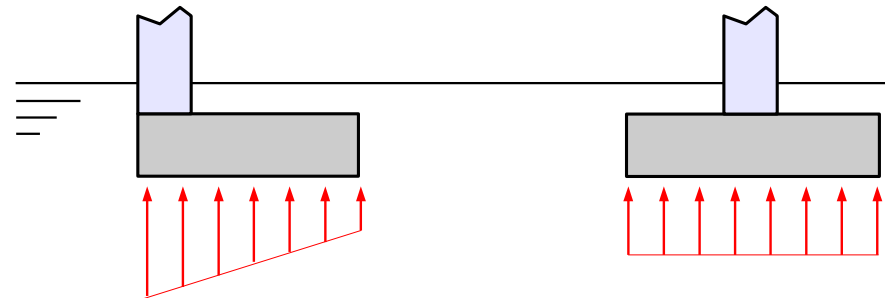
(cuando hay problema en usar zapatas aisladas)

Zapatas con “vigas de atado”:

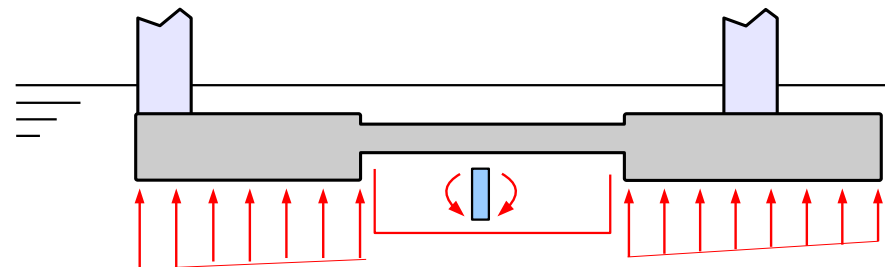


Zapatas con “vigas centradoras”:

Sin viga centradora:



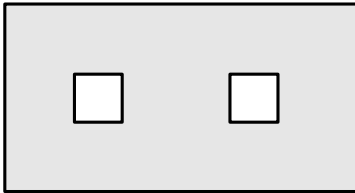
Con viga centradora:



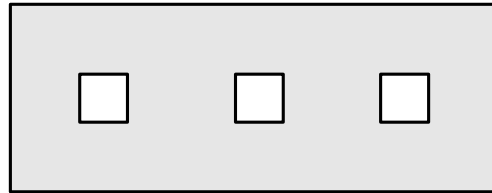
antes salió
un ejemplo
en foto

Variantes de las cimentaciones directas (sigue)

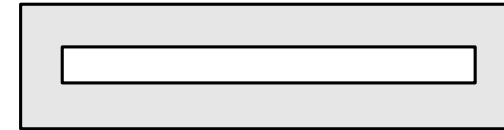
Zapata
combinada



Zapata
corrida



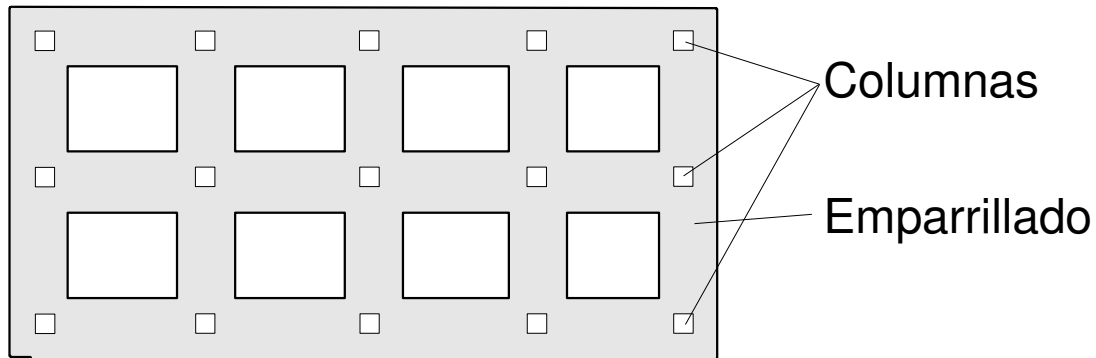
Zapata corrida
bajo muro



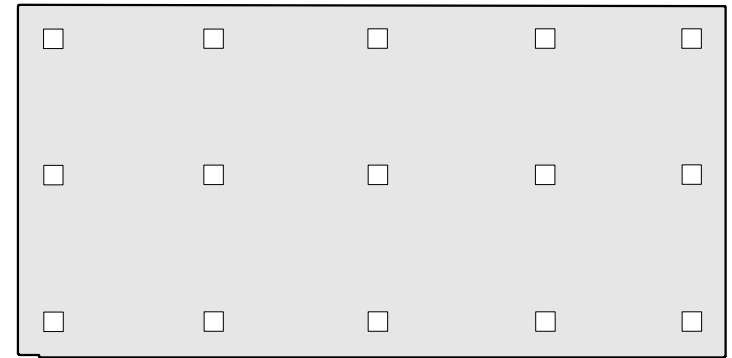
*Zapata corrida
(armado previo al
hormigonado)*

Variantes de las cimentaciones directas (sigue)

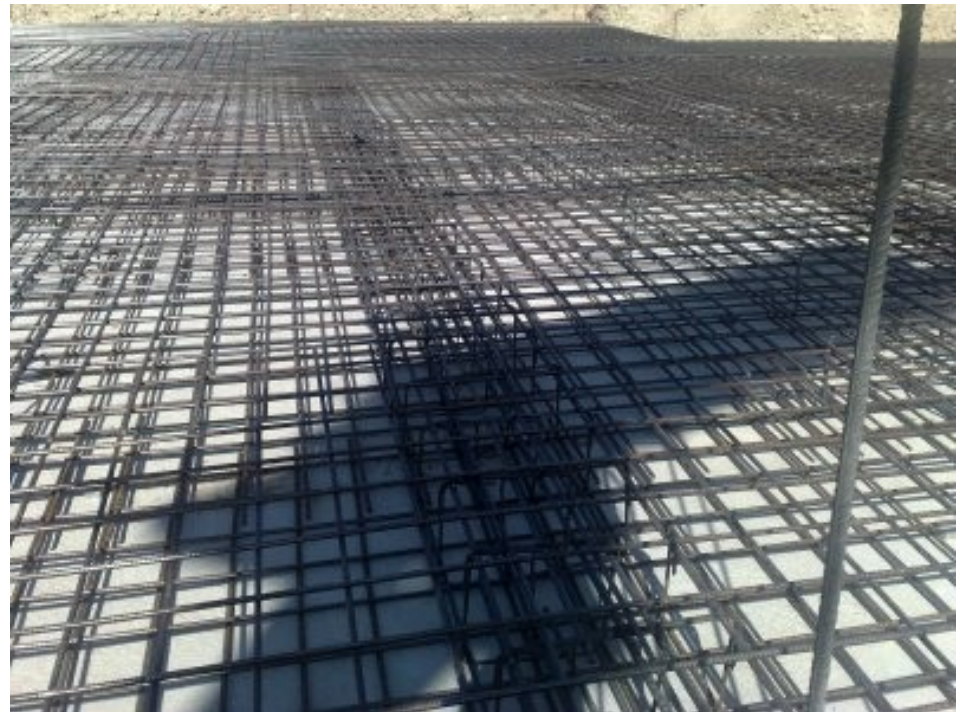
Emparrillado:



Losa de cimentación:



Losas de cimentación:



Cimentación profunda

→ Sólo se usa cuando no es suficiente con una cimentación superficial.

→ La cimentación profunda se hace con “pilotes”.

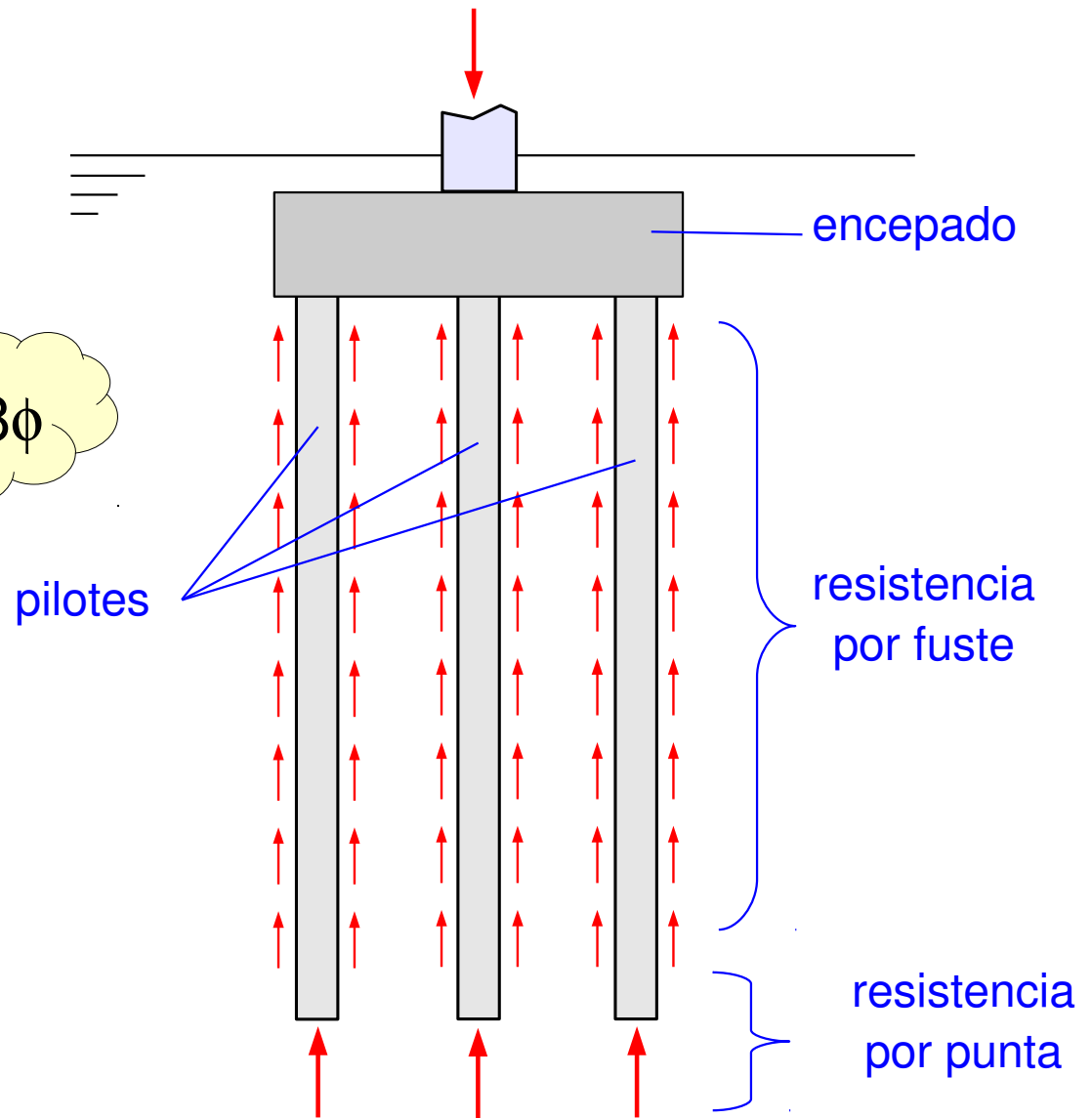
$H > 8\phi$

Pilotes prefabricados:

Se hincan en el terreno mediante vibración o golpes, sin excavación previa.

Pilotes hormigonados *in situ*:

Se perfora el terreno, y se vierte el hormigón fresco.



*Perforación para pilotes
hormigonados in situ.*



*Armadura de un
pilote de hormigón.*



Perforadora para
pilotes "pequeños".



*Los pilotes (de hormigón)
tienen al menos ϕ 0.5m.*

*Es difícil decir un límite
superior, tanto en diámetro
como en profundidad.*

*$\phi < 3m, H < 70m$?
(por dar una
orientación)*

Tema 8.- Nociones sobre temas relacionados

(“cultura general”)

1.- El hormigón

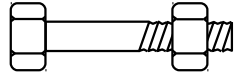
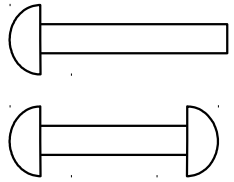
2.- El terreno

3.- La cimentación

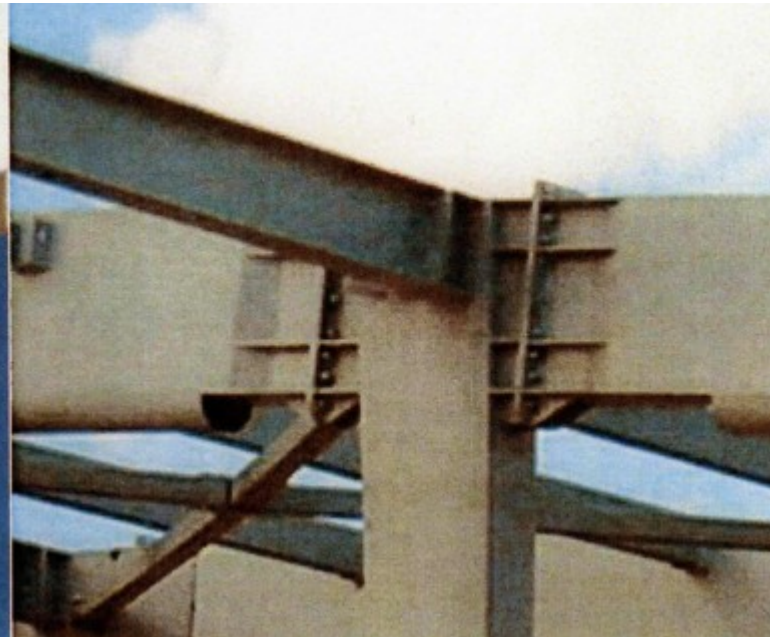
 4.- Las uniones en estructura metálica

5.- La nave industrial

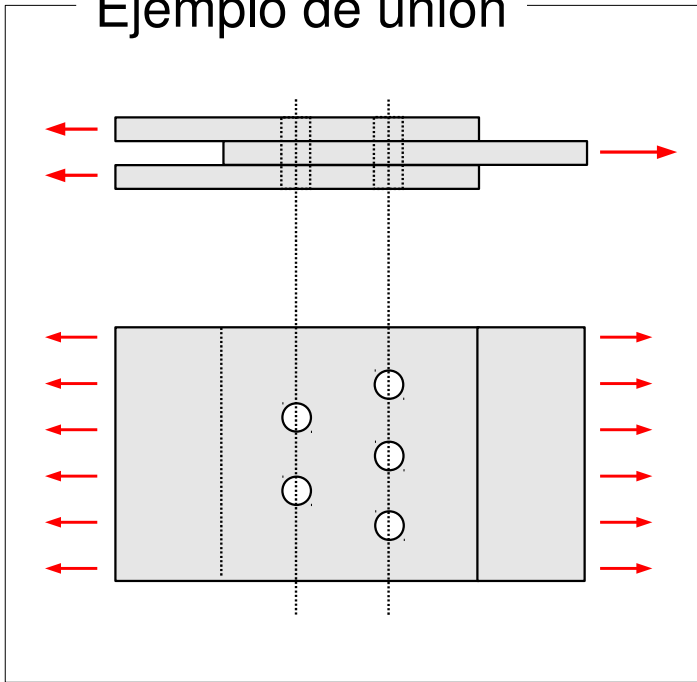
Medios de unión: remaches y tornillos



Ejemplos de uniones con tornillos en nudos de una gran estructura



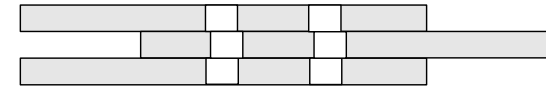
Ejemplo de unión



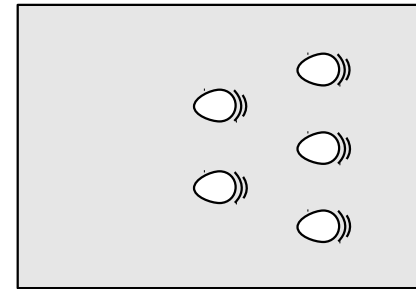
Algunos posibles problemas:

Todo ello se comprueba en los cálculos. Generalmente usando aproximaciones (norma).

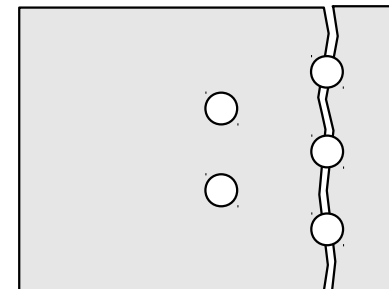
→ Cortadura de los tornillos



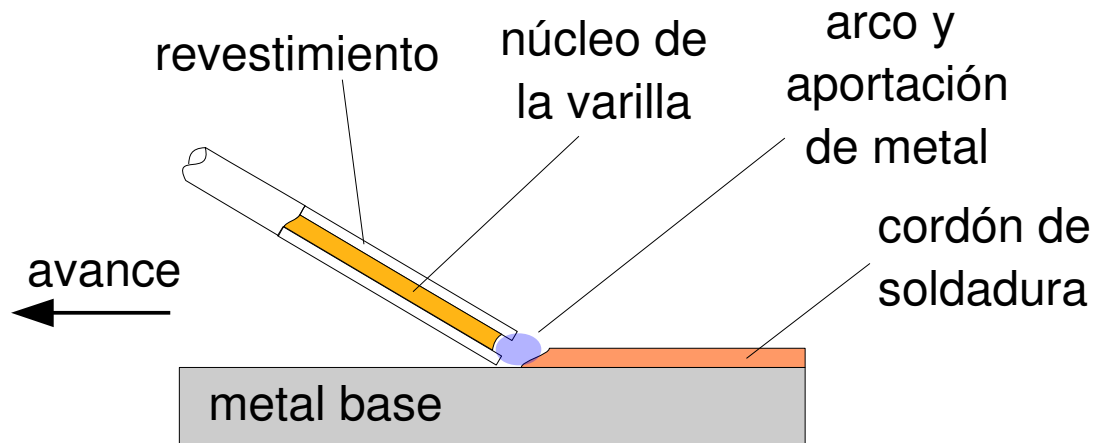
→ Aplastamiento de la chapa (desgarro de los agujeros)



→ Rotura de la chapa por disminución de la sección útil

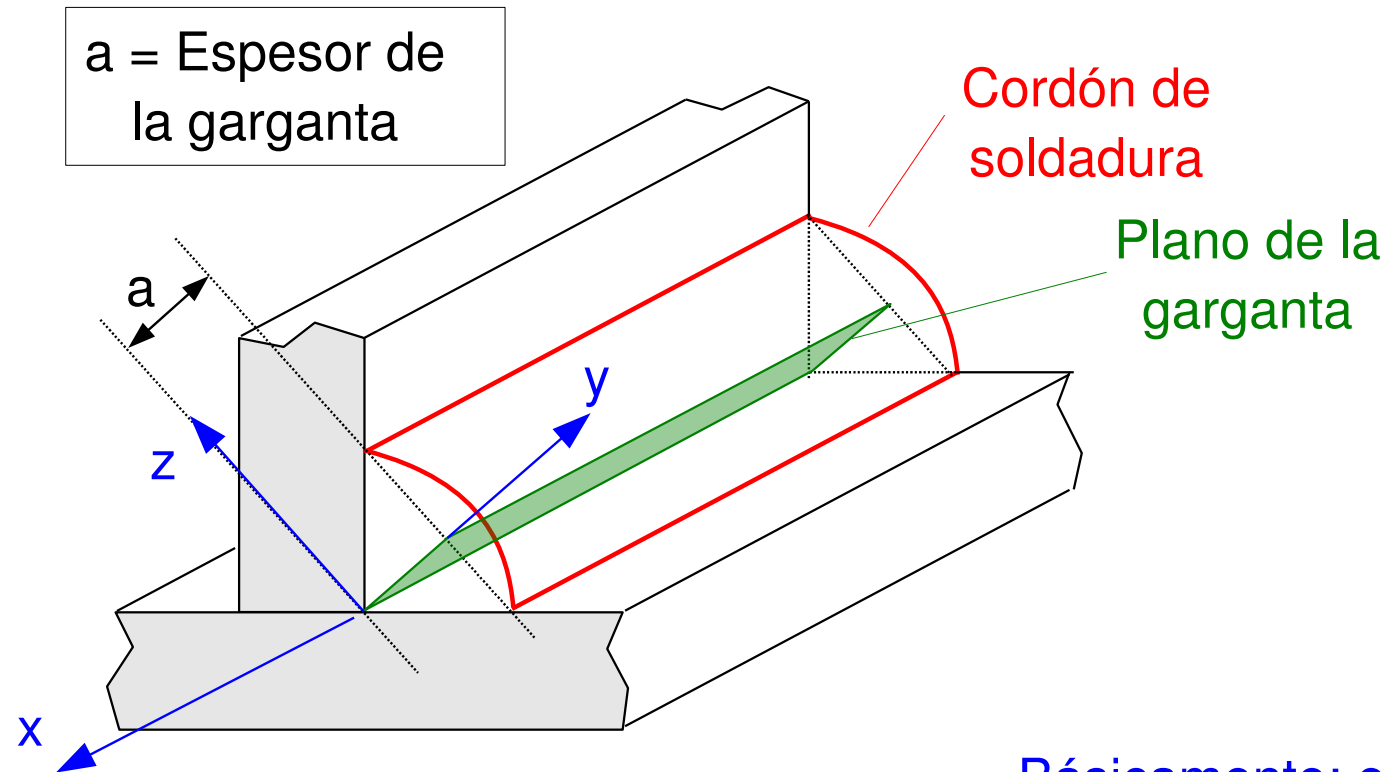


Medios de unión: soldadura



*Cordón de difícil ejecución por ser muy grueso (~2cm).
Muchas pasadas.*

Cálculo de la soldadura: “garganta del cordón”

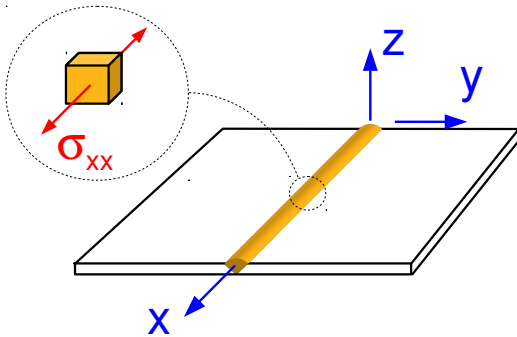


Básicamente: en el cálculo se utilizan las tensiones promedio en el plano de la garganta (que suelen ser fáciles de calcular). Se realiza alguna hipótesis simplificada, a la que se aplica el criterio de Von Mises.

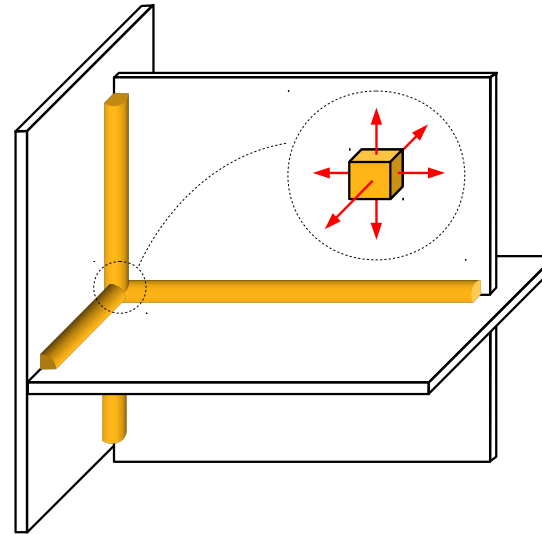
Una situación problemática particular (soldadura):

Retracción del cordón

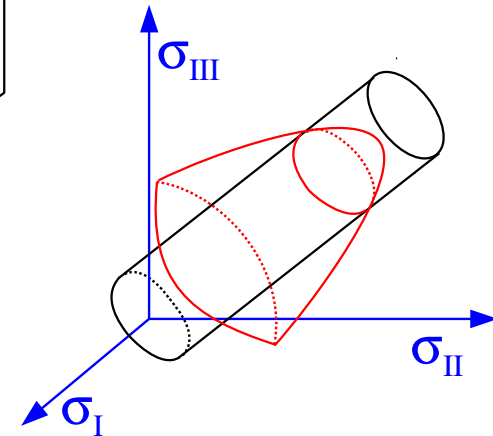
→ σ_{xx} de tracción:



La ejecución de tres cordones concurrentes provocará tracción triple:

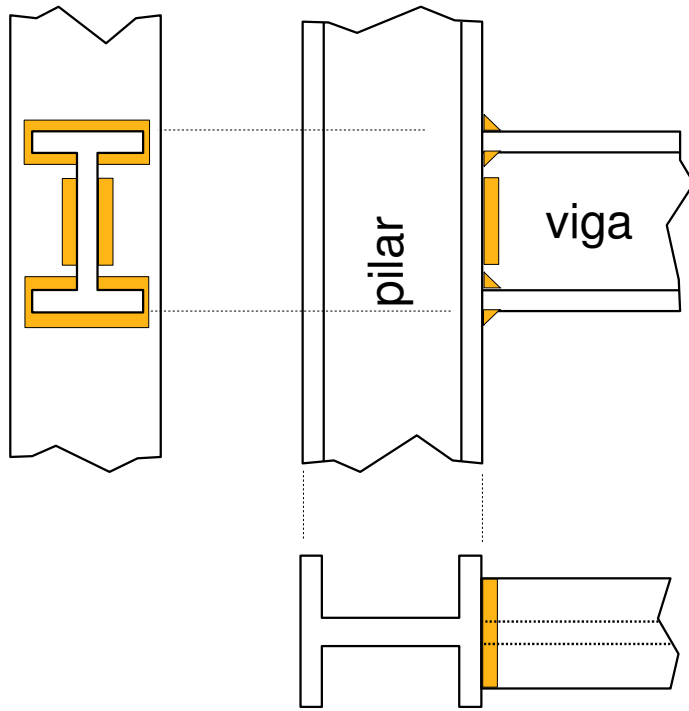


→ Es una situación a evitar en el diseño.

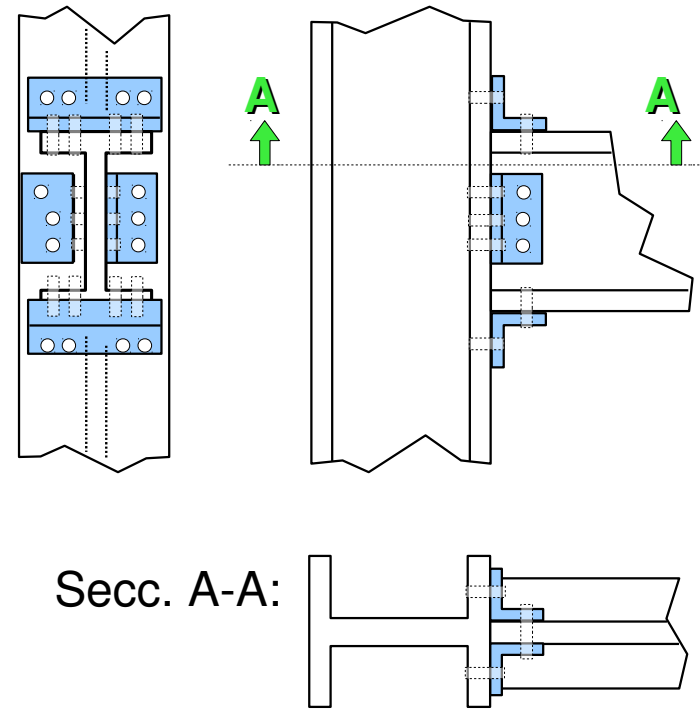


Nudos en estructura metálica

Con soldaduras



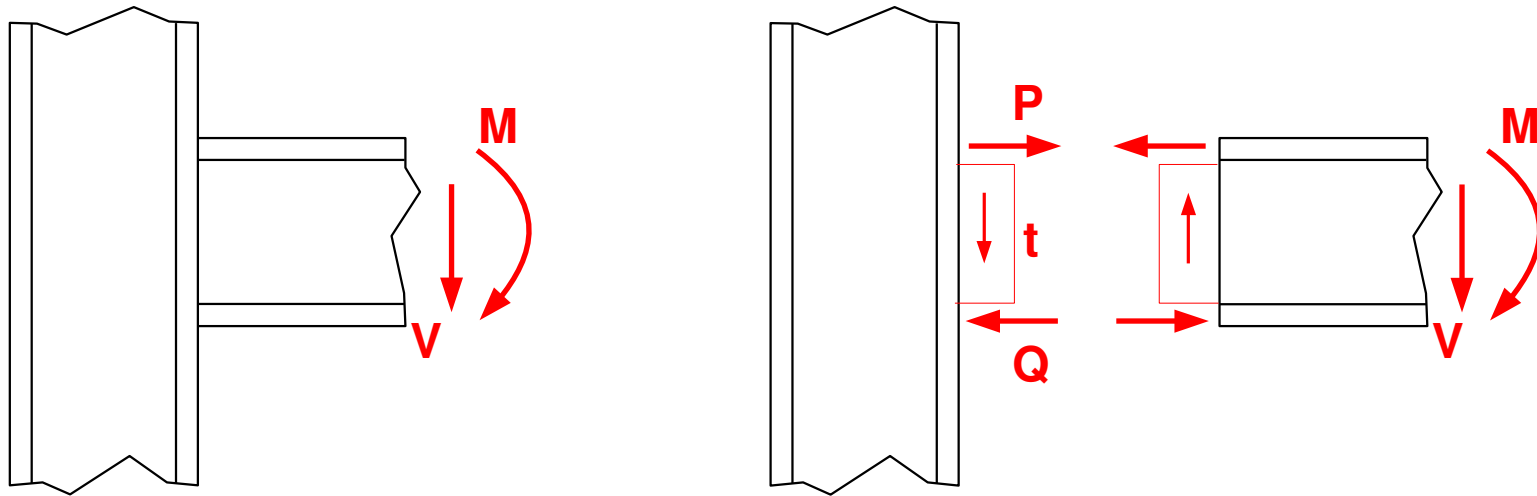
Con tornillos



Objetivos de diseño: { Resistencia del nudo (resistencia completa, resistencia parcial)
Rigidez del nudo (articulado, rígido, semirrígido)

A efectos de cálculo se suele considerar que:

- El flector es transmitido por las alas (par de fuerzas)
- El cortante es transmitido por el alma

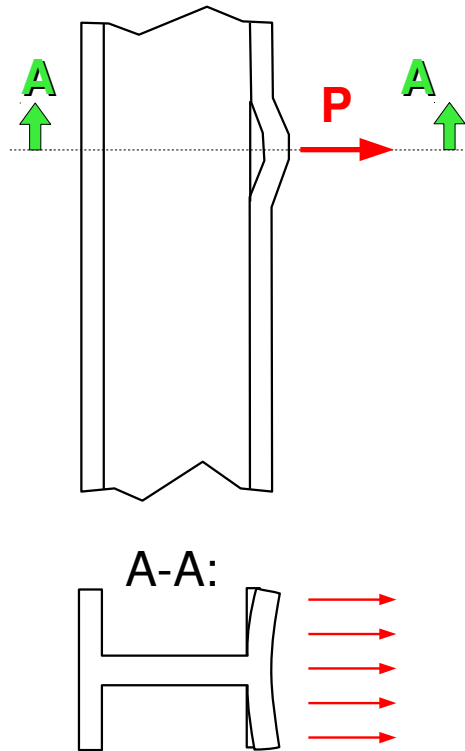


Las soldaduras (o tornillos) se calculan para que puedan transmitir esas fuerzas.

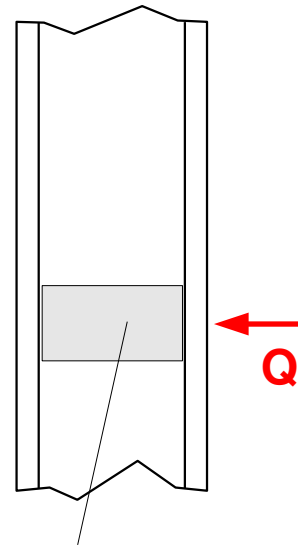
- También hay que comprobar varios aspectos adicionales, que afectan a la resistencia o a la rigidez... (ejemplos a continuación).

Algunos posibles problemas de la unión:

Flexión del ala del pilar

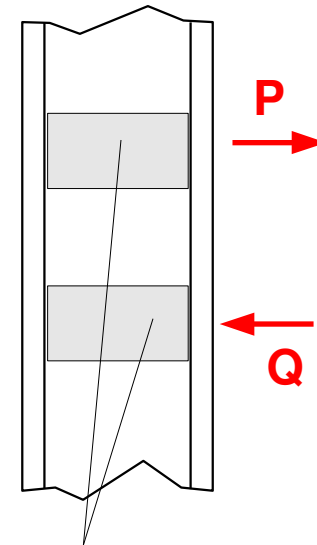


Abolladura del alma del pilar



Zona de posible abolladura

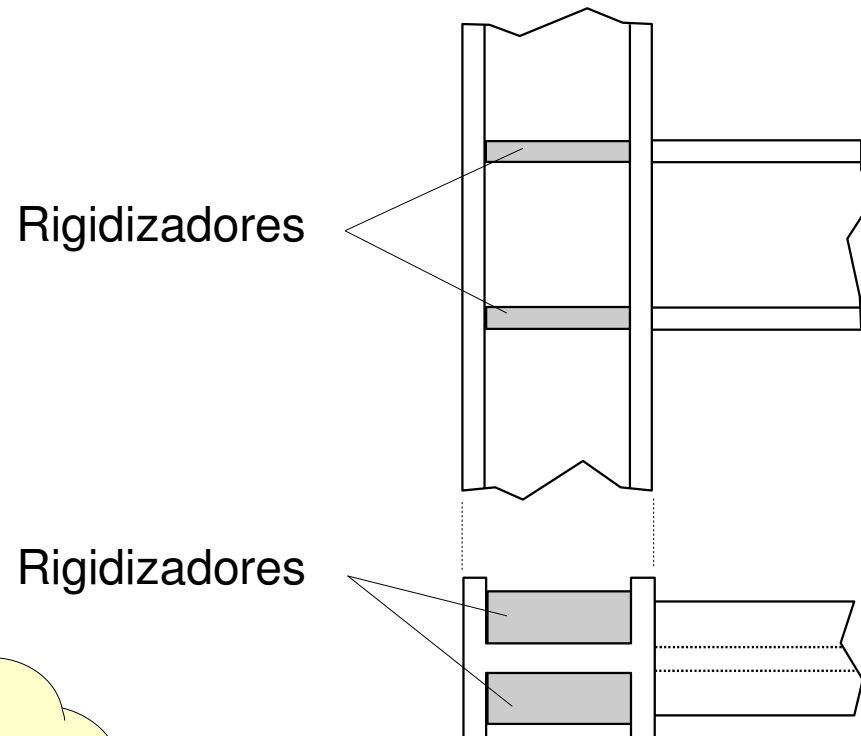
Plastificación del alma del pilar



Zonas de posible plastificación

Más preocupante si hay vigas a ambos lados

En concreto, los tres problemas anteriores admiten una solución común, mediante rigidizadores en la columna:



Hay otros problemas posibles, con otras soluciones.



Abolladura del alma de la columna por aplastamiento entre las vigas

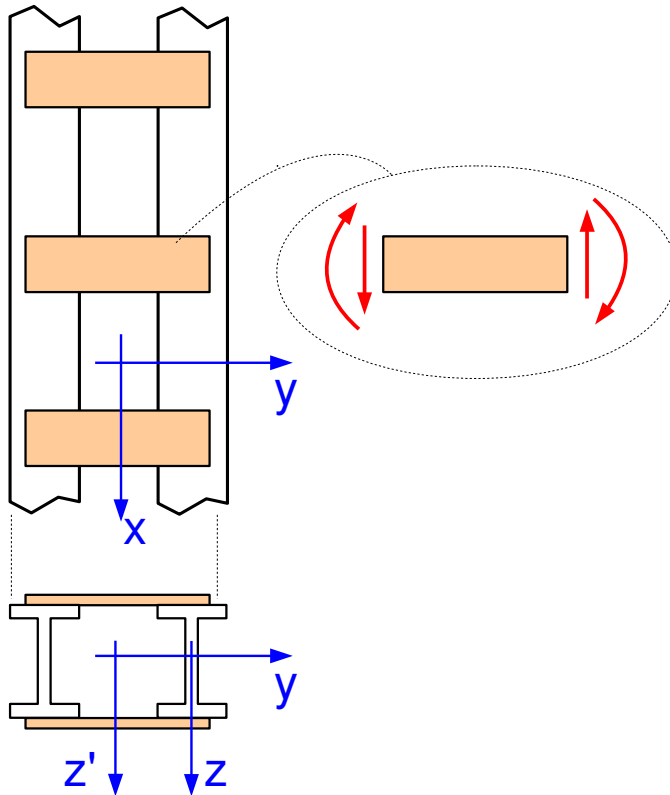
Alma de la columna reforzada. Fallo del ala de la viga.



Perfiles compuestos

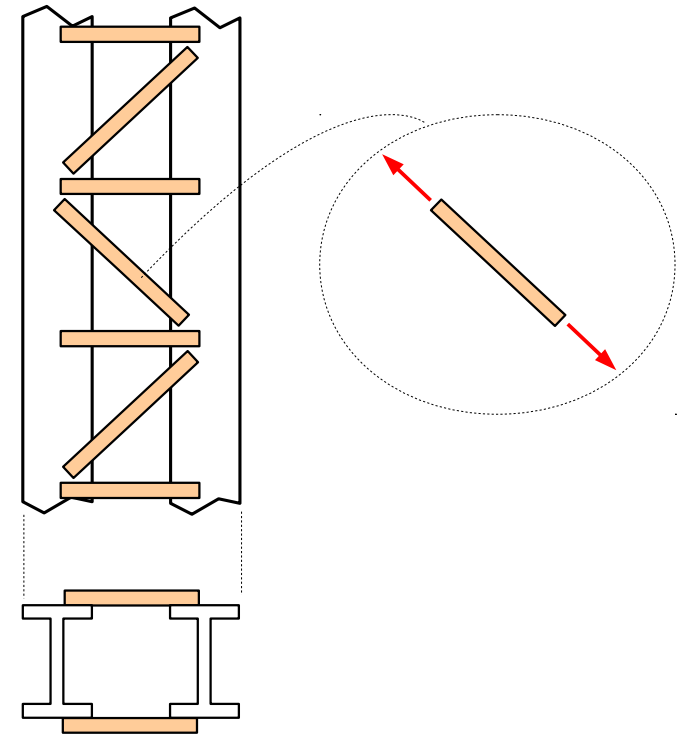
→ Unión de varios perfiles comerciales, para conseguir mayor Mto. Inercia.

Unión con “presillas”



Cada presilla trabaja como una viga (muy corta) a flexión simple.

Unión con celosía



Cada barra de la celosía trabaja a tracción (compresión).



*Columna para tendido eléctrico que tiene perfil compuesto de cuatro "C".
Unión con presillas en un plano, y con celosía en el otro.*

Tema 8.- Nociones sobre temas relacionados

(“cultura general”)

1.- El hormigón

2.- El terreno

3.- La cimentación

4.- Las uniones en estructura metálica

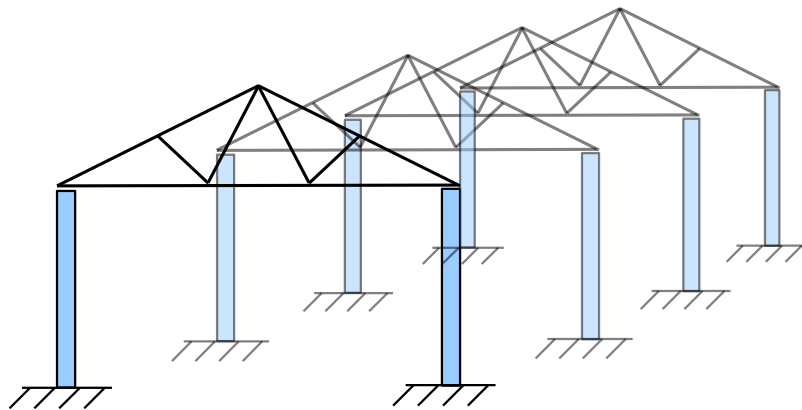
 5.- La nave industrial



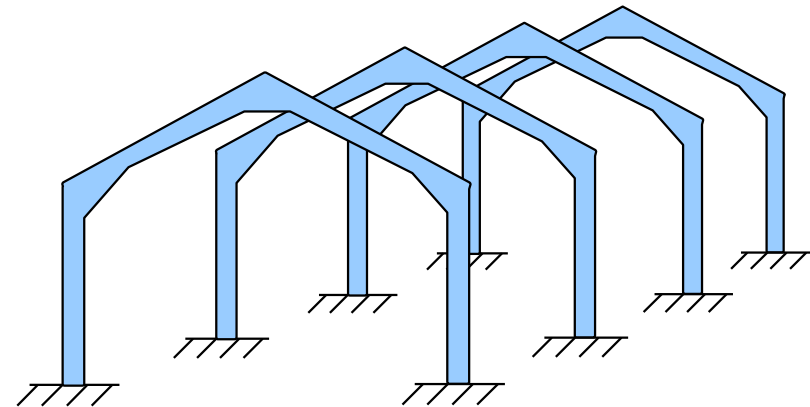
Cerchas y/o pórticos

La nave constará de unas cuantas estructuras planas que sirven como soporte de todo lo demás.

Nave con cerchas:



Nave con pórticos:



- Más ligeras
- Acciones térmicas sobre los pilares despreciables
- Aptas para muy grandes luces

- Más altura útil (gálibo)
- Mejor estética
- Tienen alguna resistencia fuera del plano

Notas sobre las cerchas:

No resisten ninguna acción fuera de su plano

Hay que cargarlas en los nudos (en principio)



*Nave con cerchas;
puede apreciarse la
cuestión estética, y la
gran luz de la nave.*

Es habitual el montaje parcial previo y la posterior elevación con grúa (hay que tener en cuenta las condiciones de carga durante esta operación).



*¿Os suena ésta cercha?
→ Aulario :-)*

Notas sobre los pórticos:

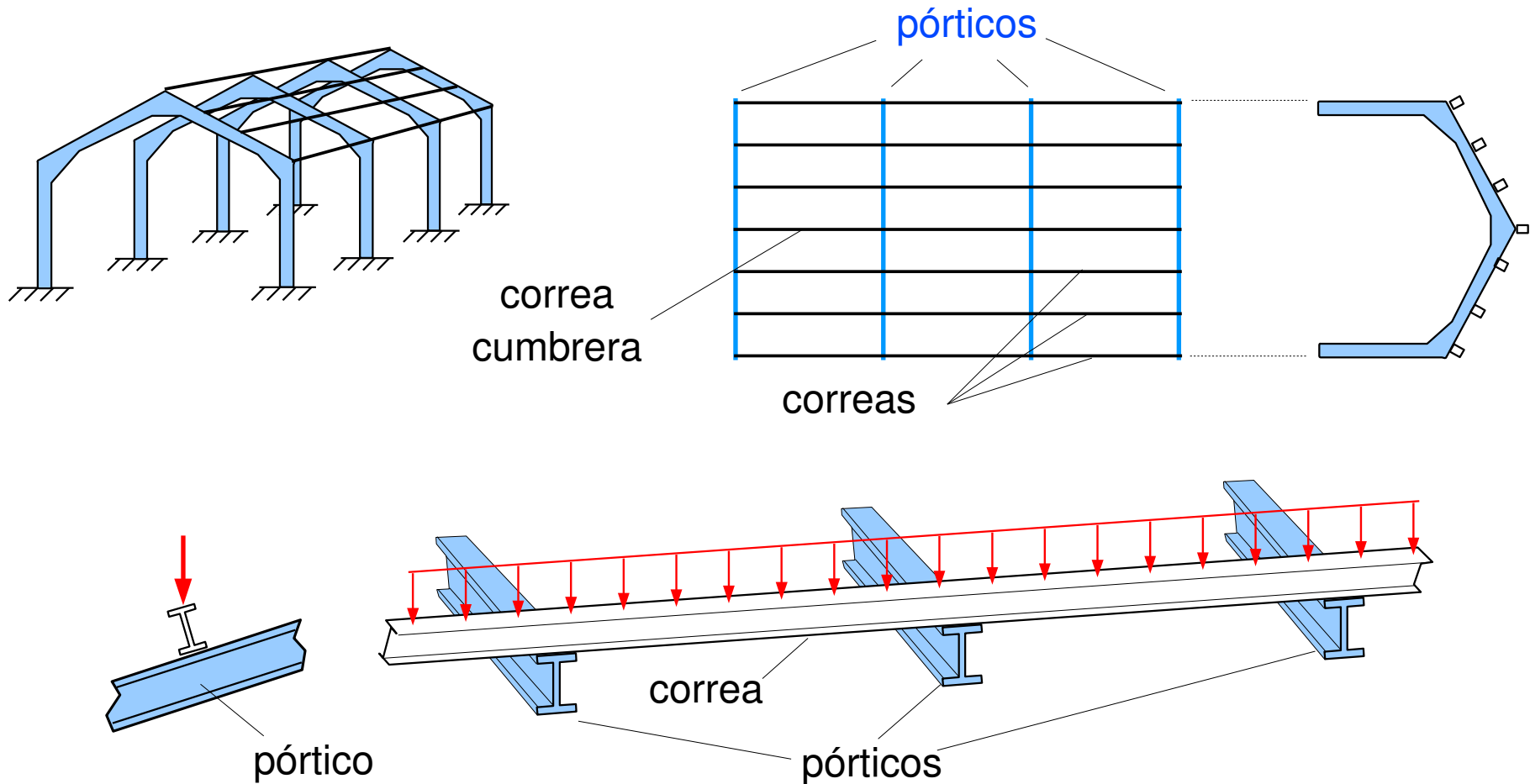
- Se diseñan para trabajar fundamentalmente en su plano
→ el eje fuerte se pone \perp al plano del pórtico.
- Los nudos suelen ser rígidos → barras a flexión, bajo cualquier carga.
- El vértice superior (clave) y los laterales (nudos de esquina) suelen tener los mayores momentos → se refuerzan (aumentando la sección).



Detalle de un nudo de esquina de un pórtico.

La cubierta

- “Correas”:
- Son barras (de sección IPN, rectangular hueca, etc).
 - Apoyan sobre los pórticos, o las cerchas.
 - Trabajan normalmente en flexión esviada.
 - Soportan el peso de los elementos superiores de la cubierta.



Puede haber otras barras sobre las correas, debajo del cerramiento
→ más bien en desuso (“cabios” y “listones”, para colocar teja, etc).

El cerramiento puede ir directamente sobre las correas
→ modernamente suele ser así (paneles sandwich etc).



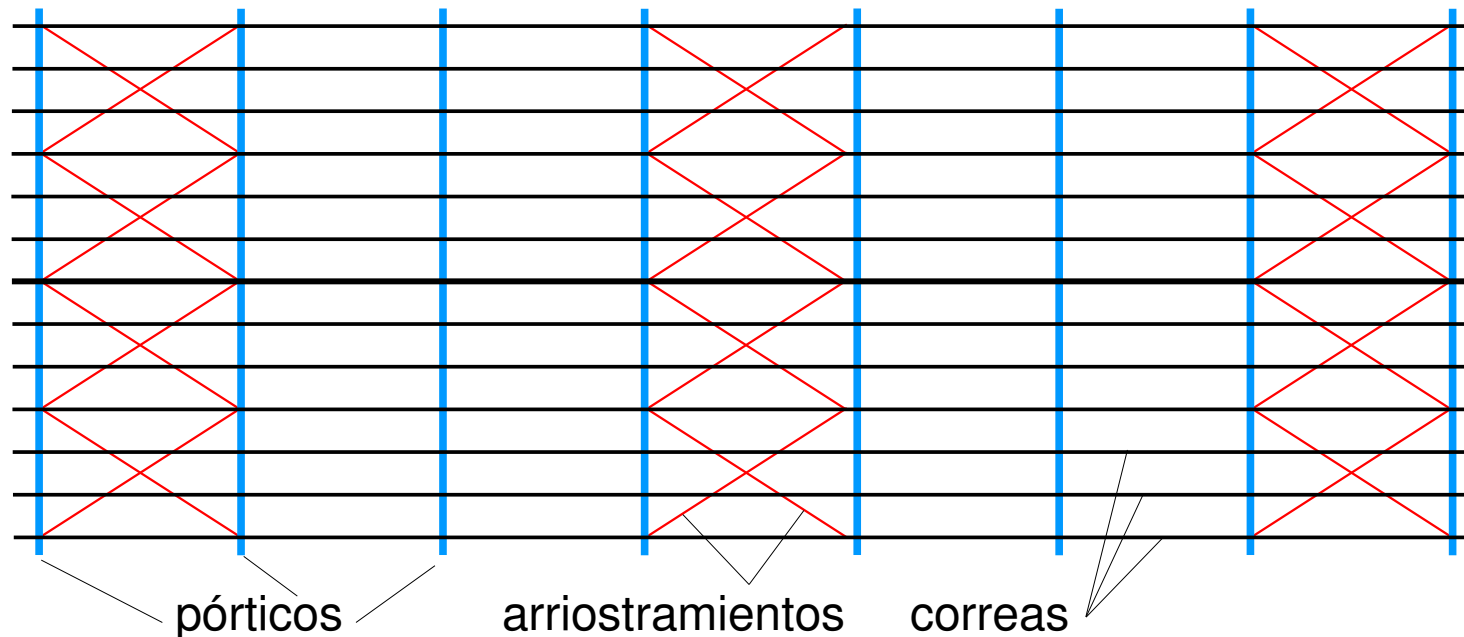
La cubierta (sigue)

Arriostramientos en los planos de los faldones

Problema: la (poca) rigidez de los pórticos o cerchas fuera de su plano es insuficiente para limitar la deformación de los faldones.

→ problemas de goteras por desajuste de los cerramientos, etc.

Solución: arriostramiento con “Cruces de San Andrés”:





Arriostramiento en los planos de los faldones (“cruces de San Andrés”)



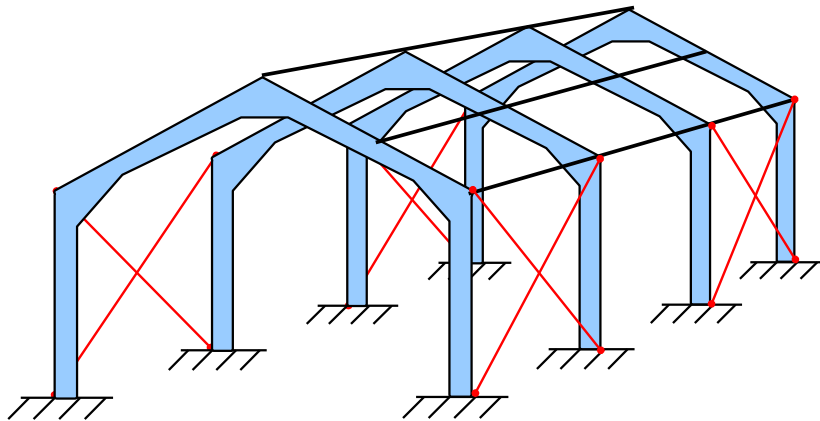
Las disposiciones de la cubierta pueden ser muy diversas. Las barras de los pórticos y las propias correas pueden estar ejecutadas en celosía, etc.



Los entramados laterales y la viga contraviento

Hemos conseguido que la cubierta no se deforme. pero no hemos resuelto la falta de rigidez longitudinal de la nave.

→ arriostramientos laterales
(en las paredes)

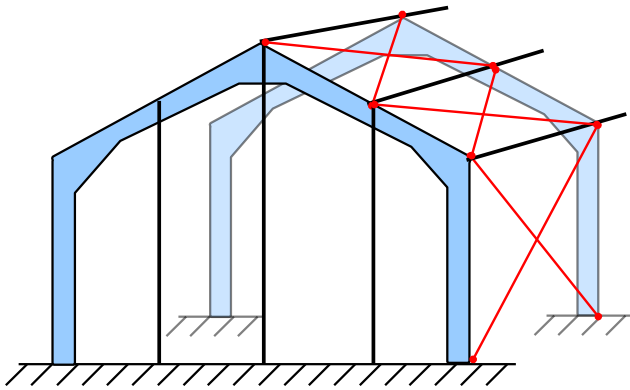


La acción del viento frontal es transmitida por vigas verticales.

→ apoyan en la cimentación y en el pórtico.

→ no queremos que sea la barra del pórtico la que lo soporte.

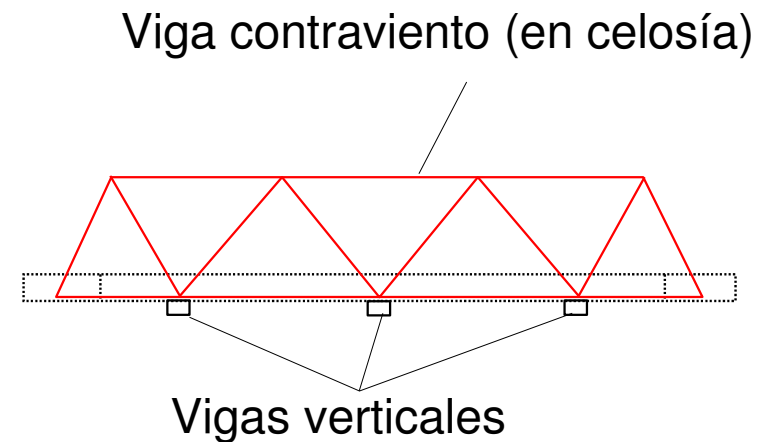
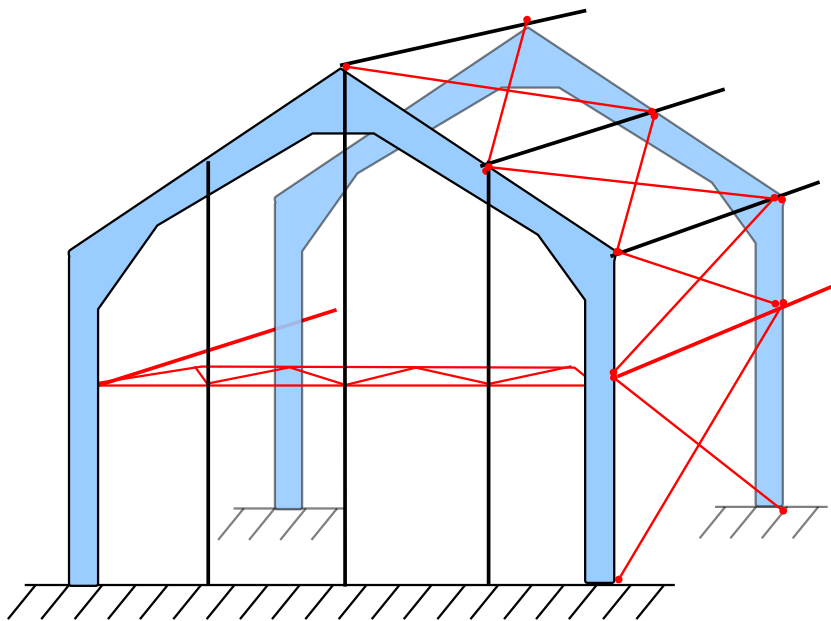
→ las apoyamos en nudos de las “cruces de San Andrés”



El arriostramiento en el plano del faldón hace en este caso la función de “viga contraviento”.



No obstante, la forma más típica de la viga contraviento, especialmente en naves de gran altura, es la siguiente:



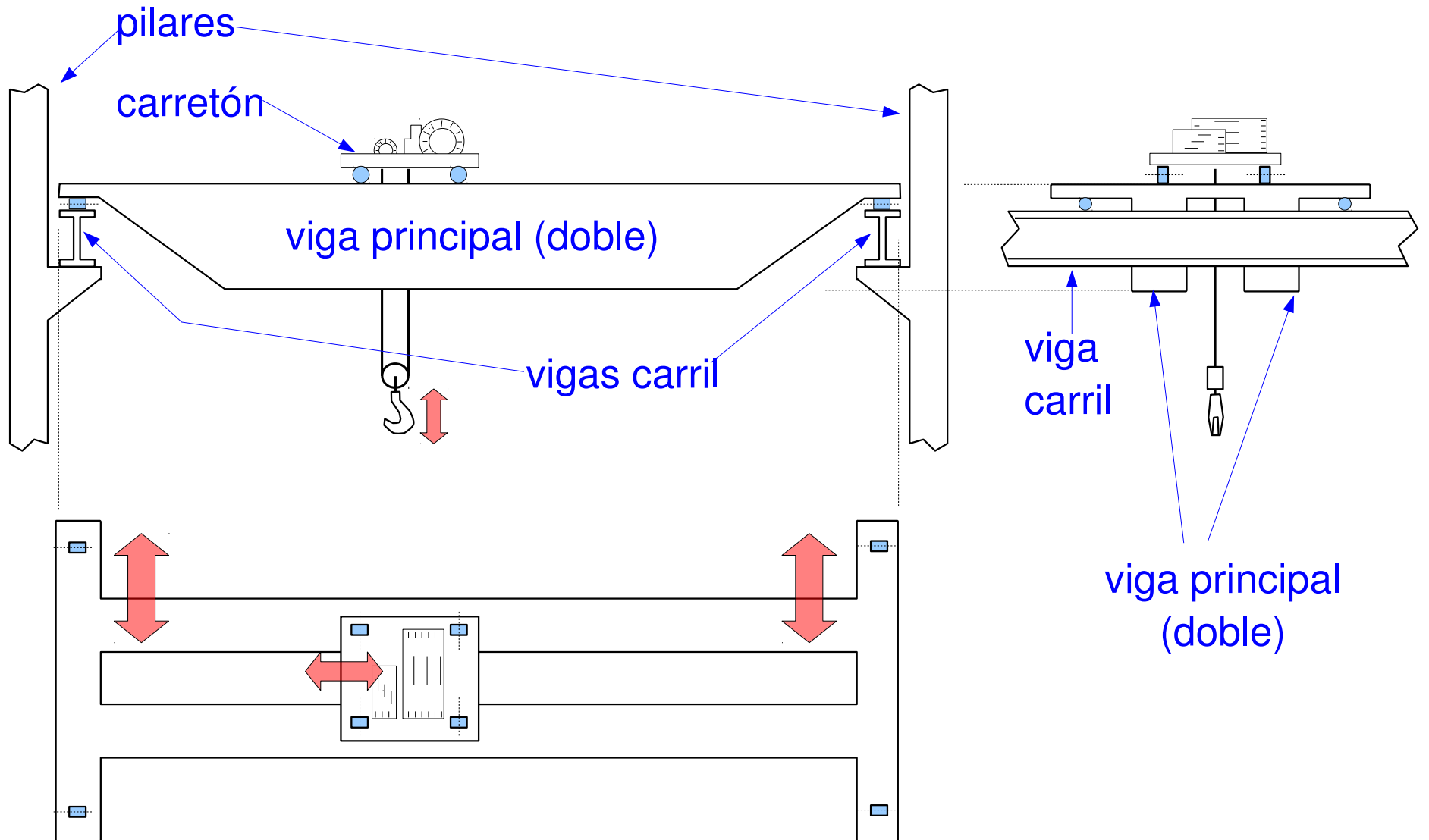
Las vigas verticales tienen en este caso dos apoyos: uno en cada "viga contraviento" (una es la del plano del faldón, y otra la que hay a media altura)



Viga contraviento, que realiza también la función de arriostramiento en el “plano del faldon” (en este caso la cubierta es horizontal).

El puente grúa

Aparato que sirve para transportar cargas pesadas dentro de la nave.





*Puente grúa de 5T (más bien pequeño).
Apréciase la viga carril soportada por columnas
intermedias de la nave, y el detalle de un
arriostramiento lateral de tipo especial en la misma.*



Nave con dos puentes grúa, cada uno de ellos de viga doble.



Detalle de la viga carril, y del sistema óptico de control de posición y velocidad (para frenada automática cuando el puente grúa se aproxima a final de carrera).



Existen puentes grúa que no apoyan en los pórticos, sino directamente en carriles sobre la cimentación. Ellos mismos son como grandes pórticos móviles. Se usan generalmente para cargas muy pesadas.



Detalle de uno de los carriles de rodadura sobre el suelo.

F I N

