DISEÑO ESTRUCTURAL II

Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cuyo

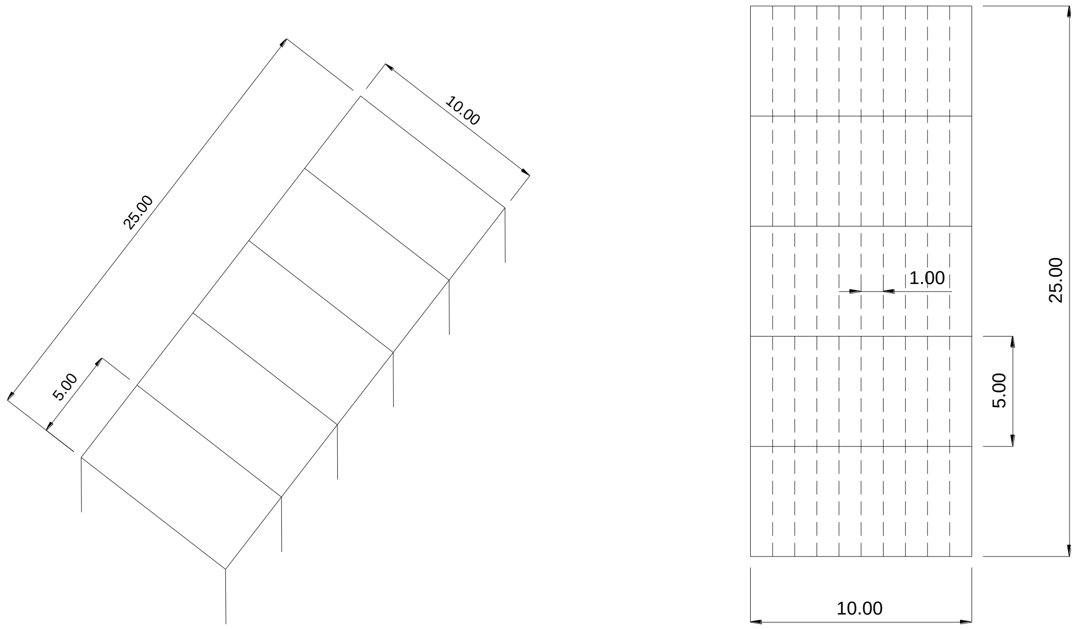
UNIDAD 4

Resolución Reticulado

Dr. Ing. Gonzalo S. Torrisi

2021

Se presenta la resolución de una estructura reticulada perteneciente a una nave industrial.



a) b)

Figura 1: Nave industrial: a)vista 3D y dimensiones globales y b) planta general

La nave consta de una ETT (estructura transversal tipo) que se repite cada 5m dando lugar a una longitud de planta de 25m y un ancho de 10m.

Cada ETT consta de un reticulado recto para soportar la cubierta que está compuesta por correas separadas s=1.00m y con una chapa.

Los datos generales son:

Carga encubierta D = 1.0 kN/m^2

Carga de nieve S = 0.3 kN/m^2

Encontramos la carga ultima en la cubierta como:

q_u=1.2D+1.6S = 1.2 x 1.0 kN/m^2 + 1.6 x 0.3 kN/m^2 = 1.68 kN/m^2

Calculamos la carga sobre cada correa como:

ya que son dos tramos de 1m que descargan en cada correa:

qc= 2(q_u s/2) = 2x1.68 kN/m^2 x 1.0 m / s = 1.68 kN/m

Las correas descargan en el reticulado, por lo que cada carga P aplicada en los nudos del reticulado es, considerando que hay 2 reacciones:

P=2(qc 5m/2) = 2x 1.68 kN/m x 5m/2= 8.4 kN

Y predimensionamos la altura del reticulado como H=L/8 = 10m/8= 1.25m

De acuerdo a las hipótesis de comportamiento de reticulados, las cargas se aplican en los nudos, por lo que se toma como separación de montantes igual a la separación de correas, o sea 1m.

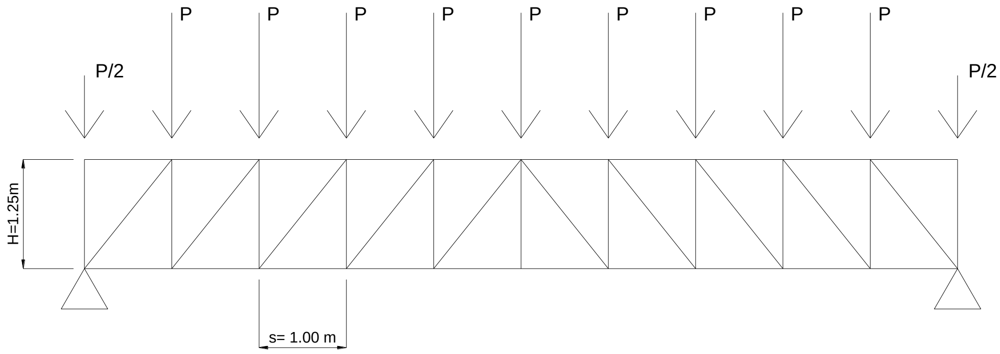


Figura 2: Reticulado y cargas.

Se aprecia en la figura 2 que las diagonales se han colocado para que trabajen en compresión.

Procedemos a calcular reacciones y solicitaciones máximas del reticulado.

R_A=R_B=10P/2 = 5 P =5 x 8.4 kN= 42 kN

Tomamos momento en el centro del reticulado

M_u= R_A x 5m - P/2 x 5m –P x 4m –P x 3m – P x 2m – P x 1m =105 kNm

Y el corte máximo es

V_u=R_A – P/2= 42 kN – 8.4kN/2 = 37.8 kN

<u>Nota:</u>

Cuando una viga posee una serie de cargas equidistantes de igual valor (por ejemplo más de 5 cargas), las cargas puntuales pueden transformarse en una distribuida para el cálculo de solicitaciones, de esta forma:

q_r= P/s = 8.4 kN/ 1.0m = 8.4 kN/m

O, calculamos la reacción de la cubierta sobre el reticulado directamente, entonces, y dado que son 2 tramos de cubierta que reaccionan en el reticulado,

$q_r = 2\ (q_u \times 5m/2\ ) = 2x\ 1.68\ kN/m^2 \times 5m\ /2 = \ 8.4\ kN/m$

Entonces el momento máximo es:

$M_u = q_r\ L^2/8 = 8.4\ kN/m \times (5.0m)^2\ /8 = \ 105\ kNm$

Y el corte máximo:

$V_u = q_r L/2 = 8.4\ kN/m \times 5m/2 = 42\ kN$ (similar al real obtenido anteriormente)

Evaluamos ahora las longitudes de pandeo del cordón superior del reticulado.

Por cuestiones de transferencia de esfuerzos globales (viento, sismo, etc) las cubiertas suelen rigidizarse de diversas formas, en este caso se considera la siguiente rigidización (figura 3a) , dando como resultado la longitud de pandeo fuera del plano mostrada en la figura 3b y en el plano figura 3c.

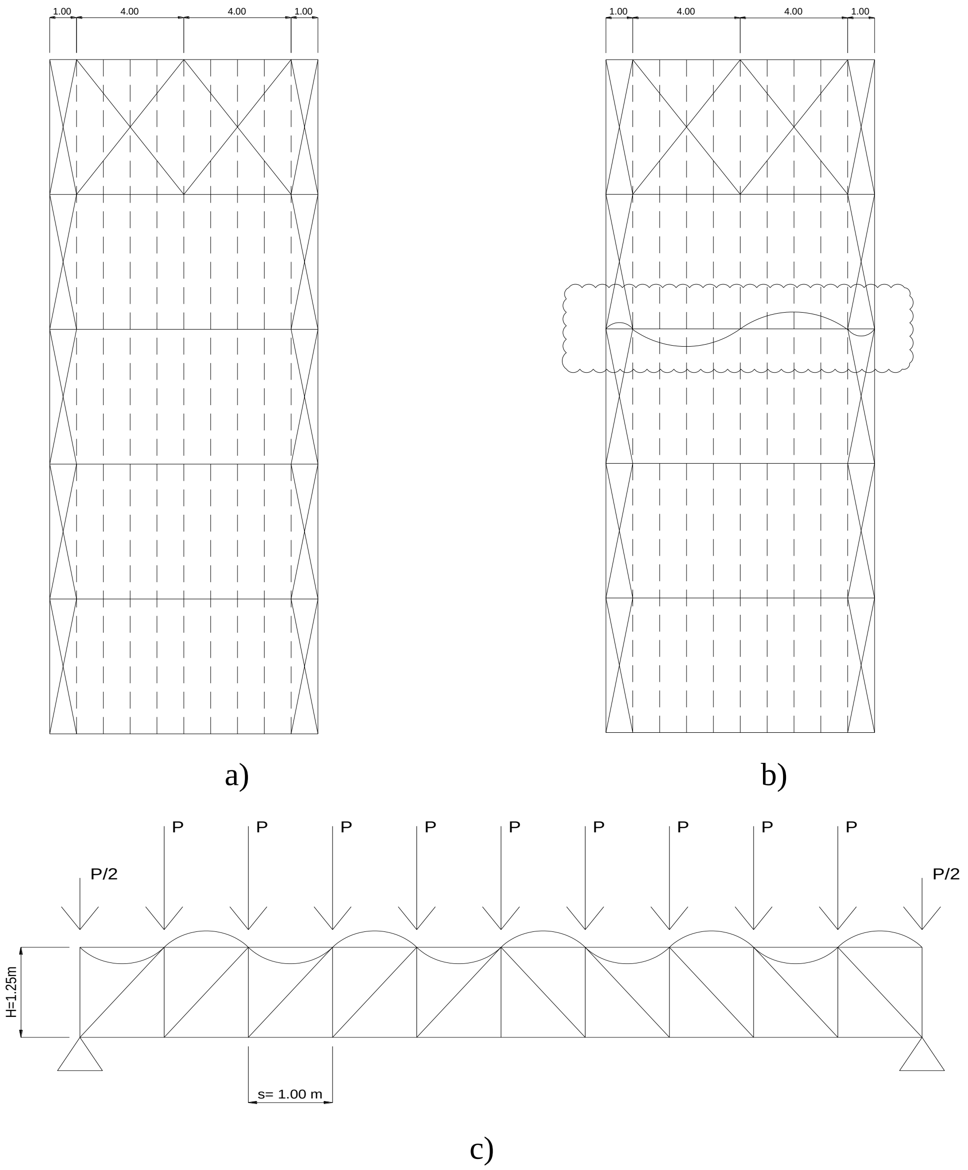


Figura 3: a) Rigidización de cubierta, b) Longitud de pandeo fuera del plano, c) Longitud de pandeo en el plano.

Se observa que la longitud de pandeo fuera del plano tiene como “nodos” los vértices de la triangulación de cubierta, que funciona como una viga horizontal.

Procedemos a Diseñar los cordones y diagonales.

<u>*Cordón superior:*</u>

El esfuerzo de compresión máximo depende del momento flector máximo y la cupla que se genera entre la compresión y la tracción de los cordones superior e inferior. Estos valores de compresión y tracción se generan en los baricentros de las secciones de los cordones, dado que se desconoce a priori las dimensiones de los cordones se puede realizar una sección transversal con los perfiles adoptados y calcular de esta forma la distancia “z” que separa las resultantes.

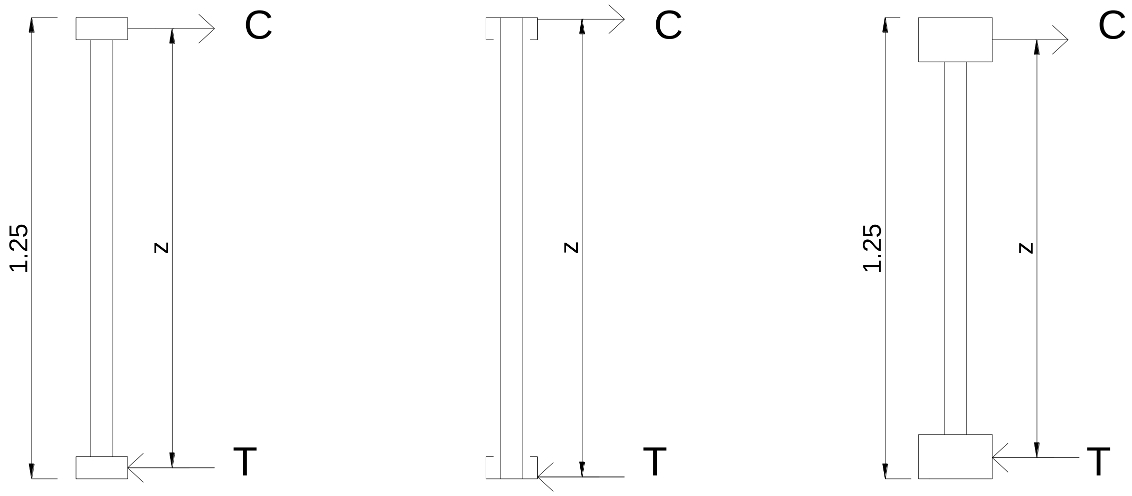


Figura 4: distancias “z” para distintas configuraciones de cordones

En este caso, elegimos una sección transversal similar a la primera, conformada por tubos rectangulares y adoptamos un valor de z=0.9H = 0.9 x1.25m = 1.125m

Por lo tanto, la carga $C = T = M_u/z$ = 105 kNm/ 1.125m = 93.9 kN

Las longitudes de pandeo en el plano y fuera del plano son:

L_{pp}= 1.0 m

L_{pfp}=4.0 m

Se diseña a compresión el cordón superior.

Adopto esbeltez λ=100, para la cual de tablas para acero F24, la tensión critica es

F_{cr} = 144 MPa

Estimo los radios de giros necesarios:

Para eso, considero que la longitud de pandeo máximo va a necesitar un radio de giro mayor que la longitud mínima:

$r_{max} = L_{p\_MAX} / \lambda = 400 \text{ cm} / 100 = 4 \text{ cm}$

$r_{min} = L_{p\_MIN} / \lambda = 100 \text{ cm} / 100 = 1 \text{ cm}$

El área necesaria es : $A_{nec} = C/(\phi F_{cr}) = 93.3 \text{ kN} / (0.85 \times 14.4 \text{ kN/cm}^2) = 7.62 \text{ cm}^2$

Elijo un perfil tubo rectangular de 40 x 120 x 2.5, cuyas propiedades son:

$r_x = 4.085$ cm

$r_y = 1.71$cm

$A = 7.59 \text{ cm}^2$

Por lo que las esbelteces reales son:

$\lambda = L_{p\_MAX} / r_{max} = 400 \text{ cm} / 4.085 \text{ cm} = 98$

$\lambda = L_{p\_MIN} / r_{min} = 100\text{cm} / 1.71 \text{ cm} = 59$

La esbeltez mayor es 98, a la que corresponde una tensión critica de $F_{cr} = 147$ MPa

La carga de diseño es: $P_d = \phi F_{cr} A = 0.85 \times 14.7 \text{ kN/cm}^2 \times 7.59 \text{ cm}^2 = 94.84 \text{ kN} > C$, cumple

La eficiencia es: $Ef = P_u/P_d = 93.3 / 94.84 = 0.98 > 0.85$

NOTA:

No siempre se debe elegir un área y radios de giro mayores a los estimados como necesarios. Por ejemplo, se podría elegir un Área mayor a la necesaria y un radio de giro menor al necesario, de esta forma, la esbeltez seria mayor y por lo tanto la tensión critica menor, pero existe un Área mayor por la cual multiplicar para calcular Pd. De forma análoga, se pude elegir un Área menor a la necesaria y un radio de giro mayor al necesario, entonces la esbeltez sería menor a la estimada y la tensión crítica mayor, que al multiplicar a un Área menor puede dar un Pd correcto.

Diagonal:

El ángulo que forman las diagonales es:

$\alpha = \text{atan}(z/s) = \text{atan}(1.125\text{m}/1.0\text{m})\ 48.37°$

El seno del ángulo es $\text{sen}(\alpha) = 0.75$

El esfuerzo en la diagonal es $D = V_u/\text{sen}(\alpha) = 42 \text{ kN}/0.75 = 56 \text{ kN}$

La longitud de la diagonal es

$$L = \sqrt{z^2 + s^2} = \sqrt{1.125^2 + 1.0^2 = 1.51\,m}$$

Esta longitud, al estar biarticulada la barra, es igual a la longitud de pandeo en el plano y fuera del plano.

L_p=L

Adopto esbeltez λ=100, para la cual de tablas para acero F24, la tensión critica es

F_{cr} = 144 MPa

El radio de giro necesario es:

r= L_p/λ = 151 cm / 100 = 1.51cm

Y el área necesaria es: A_{nec}= D/(ϕF_{cr}) = 56 kN / (0.85 x 14.4 kN/cm^2) =4.59 cm^2

Adopto tubo 50x50x2.00 con propiedades r=1.945cm y A=3.737 cm^2

La esbeltez real es λ=L_p/r = 151cm/1.945cm = 77, la cual da una tensión critica

F_{cr}= 177 MPa

Por lo que P_d= ϕF_{cr} A= 0.85 x 17.7 kN/cm^2 x 3.737 cm^2 = 56.55 kN > D

Ef=D/P_d=56 / 56.22 = 100%

Notar que se eligió un perfil con menor área pero mayor radio de giro.

Cordón inferior:

El cordón inferior se encuentra traccionado por lo que se diseña a tracción simple.

A_{nec}= T/(ϕf_y) = 93.3kN / (0.9 x 24.0 kN/cm^2) = 4.32 cm^2

Se elige tubo cuadrado 60c60x2 A=4.54cm^2

Esto da T_d=0.9x24kN/cm^2 x 4.54cm^2 = 98.06 kN > 93.3 kN

Ef= 93.3 / 98.06 = 0.95 > 0.85

Sin embargo por cuestiones de proyecto se elige un perfil

40 x100x2.5 con A=6.59cm^2

Esto da T_d=0.9x24kN/cm^2 x 6.59cm^2 = 142.3 kN > 93.3 kN

Ef= 93.3 / 142.3 = 0.66 < 0.85 muy baja, pero se eligió por proyecto.

Finalmente los montantes se eligen igual a las diagonales.

La sección final es: