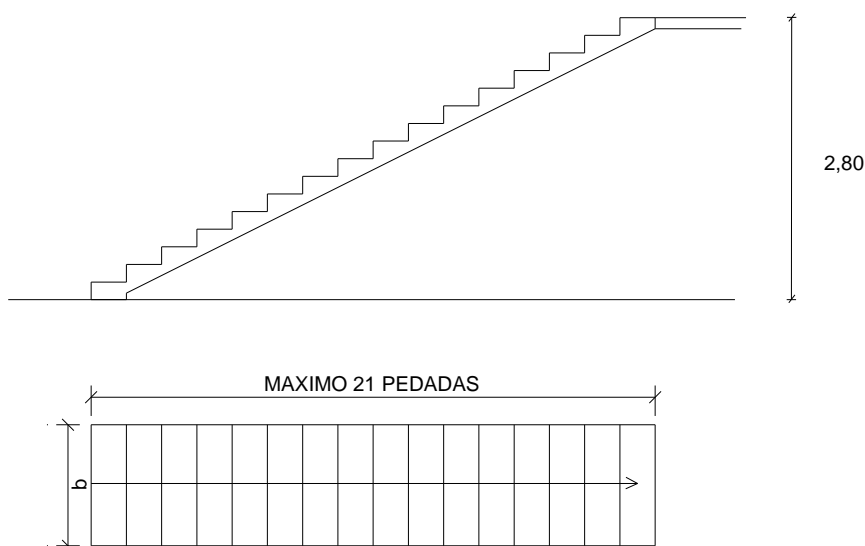


INTRODUCCION AL CÁLCULO DE ESCALERAS

Vamos a resolver algunas escaleras. Comenzaremos con una simple, de un tramo, (un solo tirón)



Suponemos un desnivel de piso de 2,80 m. Así aplicando las fórmulas usuales y poniendo la medida de la contrahuella entre 16 a 18 cm, adoptamos 17 cm para comenzar el cálculo.

La cantidad de alzadas necesarias:

$$\text{N}^\circ \text{ contra huellas: } 280 \text{ cm} / 17 \text{ cm} = 16,47 \quad \text{ponemos 16 alzadas}$$

(de acuerdo al Código de Edificación de la Ciudad de Posadas, se pueden tener hasta 21 escalones corridos, sin la necesidad de un descanso).

La alzada medirá:

$$280 \text{ cm} / 16 = 17,5 \text{ cm}$$

La huella medirá:

Con la fórmula tradicional: $(h + 2 * ch = 1 \text{ paso})$

$$63 \text{ cm} - 2 * 17,5 \text{ cm} = 28 \text{ cm}$$

Con la fórmula de la comodidad $(h + ch = 46 \text{ cm})$:

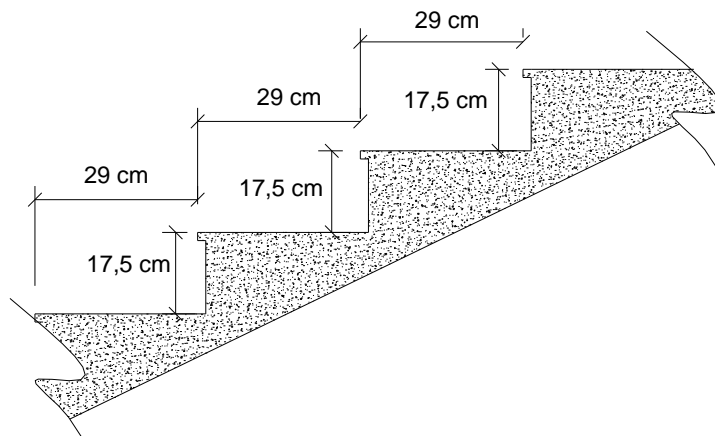
$$h = 46 \text{ cm} - 17,5 \text{ cm} = 28,5 \text{ cm}$$

Usando la fórmula de la seguridad $(h - ch = 12 \text{ cm.})$:

$$h = 17,5 \text{ cm} + 12 \text{ cm} = 29,5 \text{ cm}$$

Como se puede observar, podemos conseguir distintos valores utilizando distintos criterios de cálculo, pero en general lo más conveniente es utilizar un valor promedio entre los ya calculados:

$$(28 \text{ cm} + 28,5 \text{ cm} + 29,5 \text{ cm}) / 3 = 28,67 \text{ cm} \quad \text{redondeando 29 cm}$$



Nuestra escalera puede construirse con los peldaños de Hormigón pobre (hormigonados a posteriori). Para el espesor de la losa, respetaremos la altura mínima por flecha. Por lo tanto debemos calcular la luz “l” en [proyección horizontal](#).

Para la luz podemos poner: la cantidad de huellas igual a la de contrahuellas (o tal vez una menos).

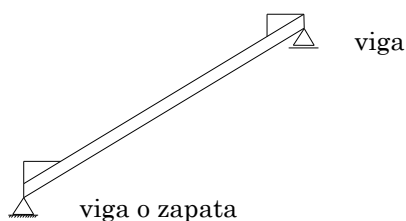
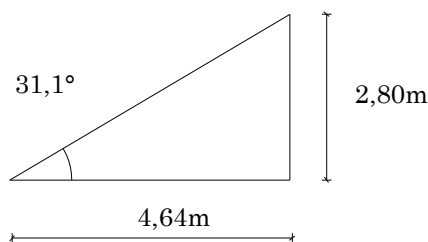
Poniendo igual:

$$l = 16 * 29 \text{ cm} = 464 \text{ cm}$$

Consideramos igual distancia entre “ejes” de apoyo, que pueden ser vigas o elementos análogos.

El ángulo de la escalera será:

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(280 \text{ cm} / 464 \text{ cm}) = 31.10^\circ$$



La losa de la escalera puede ser continua con el resto de la estructura de H°A°, o puede no considerarse la continuidad. Así procederemos nosotros.

La altura mínima por flecha:

$$h \text{ mín.} = \alpha \cdot l / 35$$

Poniendo $\alpha = 1$; $l = 4,64 \text{ m}$.

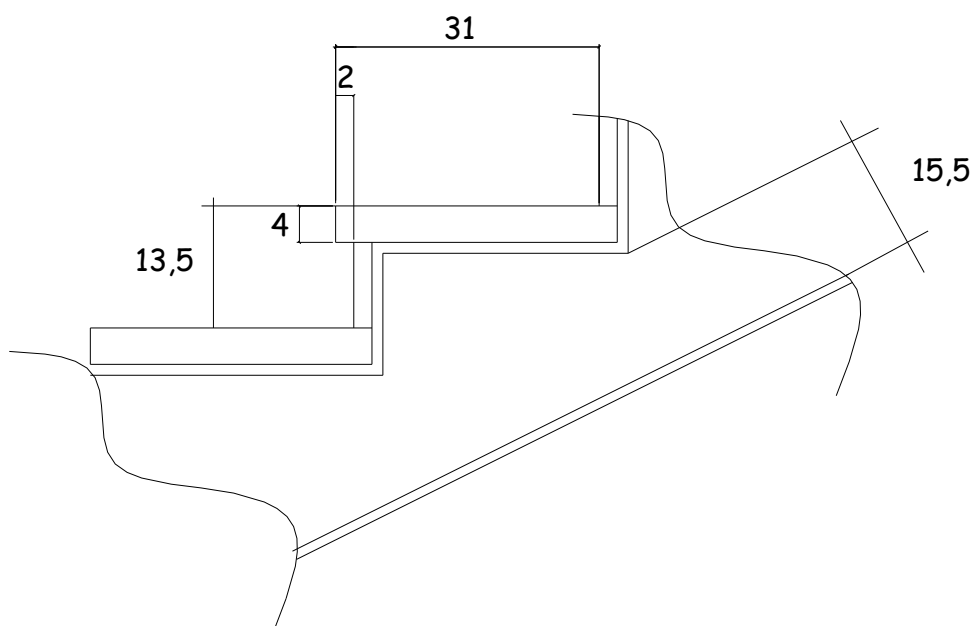
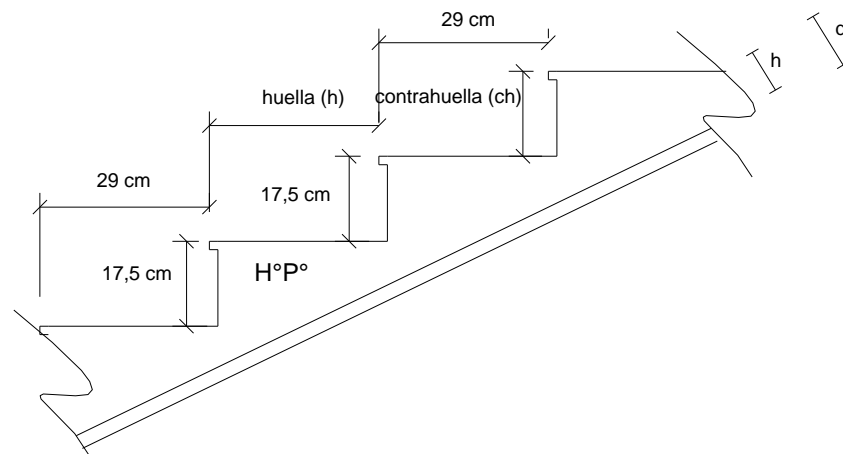
$$h \text{ mín.} = 464 \text{ cm} / 35 = 13,3 \text{ cm}$$

Así “d” (espesor de la losa) será:

$$d = h + 2 \text{ cm} = 13,3 \text{ cm} + 2 \text{ cm} = 15,3 \text{ cm}$$

Redondeando 15,5 cm

Comenzando el análisis de cargas, nuestra losa tendrá el siguiente croquis:



Podemos hacer el análisis de carga por peldaño; por metro de ancho:

Revestimiento huella.....	0,31 m * 0,04 m. * 9 kN/m ³	= 0,112 kN/m
Revestimiento contra huella.....	0,135 m * 0,02 m. * 9 kN/m ³	= 0,024 kN/m
Carpeta huella.....	0,29 m * 0,015 m * 20 kN/m ³	= 0,087 kN/m
Carpeta contra huella.....	0,16 m * 0,015 m * 20 kN/m ³	= 0,018 kN/m
Triángulo.....	(0,175 m * 0,29 m / 2) * 14 kN/m ²	= 0,355 kN/m
Losa.....	(0,155 m * 0,29 m * 24) / cos 31,1°	= 1,260 kN/m
Enlucido.....	(0,015 m * 0,29 m * 19) / cos 31,1°	= 0,097 kN/m
Total		1,983 kN/m

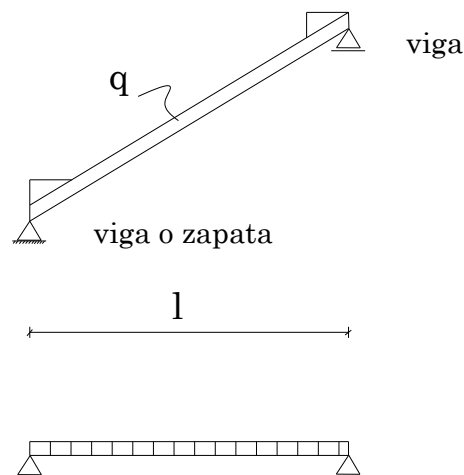
Carga permanente por metro cuadrado en planta

$$g = (1,983 \text{ kN/m}) / (0,29 \text{ m/pel.}) = 6,84 \text{ kN/m}^2$$

Sobrecarga escaleras (viviendas) = 3 kN/m² (en planta)

$$q = g + p = 9,84 \text{ kN/m}^2 \text{ (en planta)}$$

Para resolver la parte estática usaremos la viga sucedánea y no tendremos en cuenta el esfuerzo normal.



Uno de los apoyos suponemos móvil, aunque en la práctica esto no suceda:

$$l = 4,64 \text{ m}$$

$$q = 9,84 \text{ kN/m}^2$$

$$M = (q * l^2) / 8 = (9,84 \text{ kN/m}^2 * 4,64^2 \text{ m}^2) / 8 = 26,48 \text{ kNm/m}$$

Con $h = 13,5 \text{ cm}$, ($d - 2 \text{ cm}$); usando H13 y acero StIII

$$m = (2648 \text{ kNm/m}) / (100 \text{ cm} * 13,5^2 \text{ cm}^2 * 1,05 \text{ kN/cm}^2) = 0,138$$

Interpolado:

$m = 0,130 \dots \omega = 0,264$
 $0,138 \dots \omega = 0,283$
 $0,140 \dots \omega = 0,288$

$$a_s = (0,283 * 100 * 13,5) / (40) = 9,55 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{-----} \quad 1\emptyset 10 \text{ } ^\circ / 8 \text{ cm} = 9,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_q = 0,2 * 9,82 = 1,97 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{-----} \quad 1\emptyset 6 \text{ } ^\circ / 14 \text{ cm} = 2,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

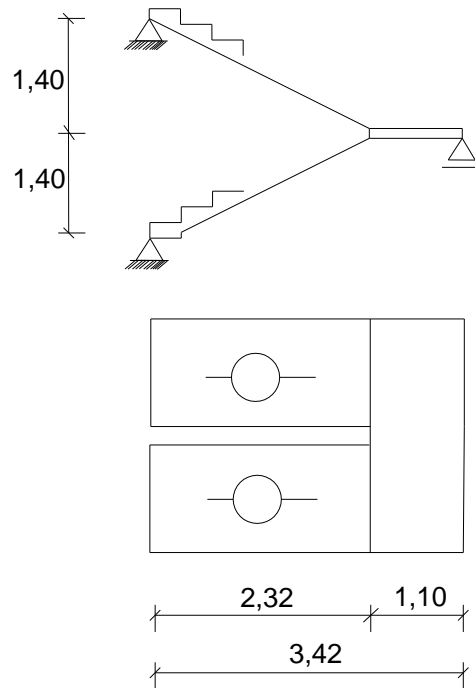
Se doblaran los hierros al 50 % cuidando cubrir el diagrama decalado la medida "v" = h = 13,5 cm

El ancho de escalera será el necesario, digamos como mínimo 1,10 m.

VER DOBLADO DE HIERROS ESCALERA 1

SEGUNDA FORMA DE ESCALERA

Como vimos en el ejercicio anterior, se requiere un espacio muy largo para el desarrollo de una escalera recta de un solo tramo, por lo que proponemos hacerla de ida y vuelta, con descanso al medio. Usaremos las mismas “h” y “ch” que antes. Siendo el bosquejo de planta y alzado el siguiente:



Podemos darle, o no, un ojo a nuestra escalera, depende de una cuestión de diseño.

Las medidas serán:

Se necesitan 8 alzadas en cada tramo, de ida o de vuelta, éstas tendrán:

$$8 * 29 \text{ cm} = 232 \text{ cm} = 2,32 \text{ m}$$

Si la escalera tiene un ancho de 1,10 m haremos igual medida para el descanso. Así tendremos, ver croquis. El ángulo α vale igual que antes $31,1^\circ$.

Aquí también usaremos la viga sucedánea. Sin considerar el esfuerzo normal.

Las cargas serán algo menores que el ejemplo anterior porque la losa requiere una altura mínima:

$$\begin{aligned} h \text{ mín.} &= 342 \text{ cm} / 35 = 9,8 \text{ cm} \\ d &= h + 2 \text{ cm} = 11,8 \text{ cm} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

El “peso” de la losa será:

$$[(24 \text{ kN/m}^3) * 0,12 \text{ m}] / \cos 31,1^\circ = 3,03 \text{ kN/m}^2$$

Por lo tanto, por peldaño valdrá:

$$3,03 * 0,29 = 0,88 \text{ kN/m peldaño}$$

Si le sumamos todo lo otro, o restamos la diferencia a aquello:

$$1,26 - 0,88 = 0,38 \text{ kN/m peldaño}$$

$$g_{\text{losa / pel.}} = 1,983 - 0,38 = 1,603 \text{ kN/m pel}$$

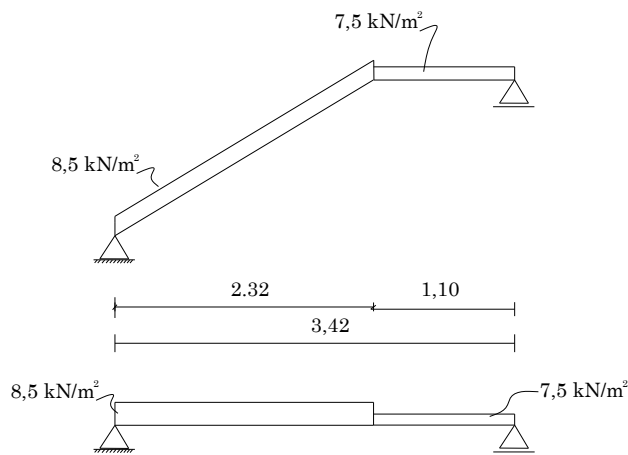
$$g_{\text{losa / m}^2} = 1,603 / 0,29 = 5,53 \text{ kN/m}^2$$

Más sobrecarga

$$q = 5,53 + 3 = 8,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (redondeando). Esto en la parte inclinada.}$$

En la parte horizontal, suponemos una carga semejante a una losa; pero con sobrecarga 3 kN/m². Así suponemos $q_{\text{horizontal}} = 7,5 \text{ kN/m}^2$

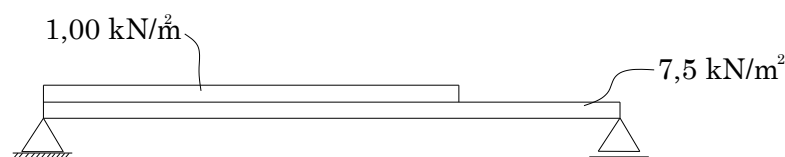
Planteamos el esquema estático:



Las cargas son por metro cuadrado en planta.

Igual que antes uno de los apoyos será fijo y el otro móvil.

Para facilitar el cálculo hacemos el siguiente cambio.



$$R_A = 7,5 * 3,42 / 2 + 1 * 2,32 * \{[(2,32 / 2 + 1,1)] / 3,42\} = 14,36 \text{ kN/m}$$

$$M_T = 14,36^2 / (2 * 8,5) = 12,13 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = 14,36 * 2,32 - 8,5 * (2,32^2 / 2) = 10,44 \text{ kNm/m}$$

Calculamos “m” reducido, (con H13 y acero StIII)

$$h = 10 \text{ cm}$$

$$m = (1213 \text{ kNm/m}) / (100 \text{ cm/m} * 10^2 \text{ cm}^2 * 1,05 \text{ kN/cm}^2) = 0,116$$

$$m = 0,110 \dots \dots \dots \omega = 0,218$$

$$0,116 \dots \dots \dots \omega = 0,232$$

$$0,120 \dots \dots \dots \omega = 0,241$$

$$a_s = (0,232 / 40) * 100 * 10 = 5,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 10 \text{ } ^\circ / 13,5 \text{ cm} = 5,82 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ ó}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^\circ / 8,5 \text{ cm} = 5,91 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_q = 0,2 * 5,82 = 1,16 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 6 \text{ } ^\circ / 24 \text{ cm} = 1,18 \text{ cm}^2/\text{m}$$

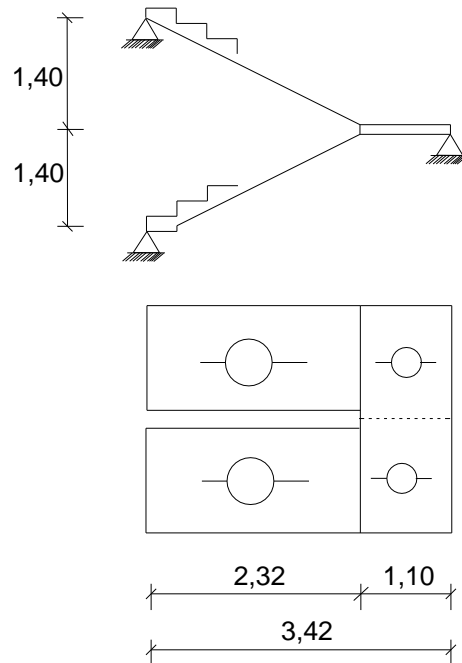
Habrá que estudiar el doblado de hierros en [dos partes](#):

VER DOBLADO DE HIERROS ESCALERA 2

TERCERA FORMA DE ESCALERA

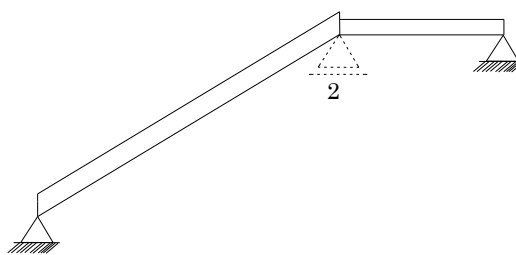
Usamos la misma planta anterior, pero ahora suponemos, porque se da, que ambos apoyos son fijos, es decir no pueden desplazarse horizontal ni verticalmente. Esto puede suponerse si las vigas de apoyos están suficientemente arriostradas por el resto de la estructura.

Ahora tendremos en cuenta los esfuerzos normales (no usaremos la viga sucedánea).



En el caso que nos toca, y debido a los dos apoyos fijos, se puede suponer que existe otro apoyo (ficticio) en el codo 2. Usamos la hipótesis que el nudo 2 es inamovible.

Nuestra estructura básica es hiperestática de primer grado



Como altura mínima, podemos poner:

$h \text{ min.} = (\alpha * l) / 35$; poniendo $\alpha = 0,8$; correspondiente a un de losa de dos tramos; pero usando la luz mayor. Es decir: 2,32 m. Así pondremos:

$$h \text{ mín.} = (0,8 * 232) / 35 = 5,3 \text{ cm.}$$

Como espesor se adopta: $d = h + 2 \text{ cm} = 5,3 + 2 = 7,5 \text{ cm}$

Así $h = 5,50 \text{ cm}$

Recordar que si $h < 10 \text{ cm}$ habrá que modificar las solicitaciones al dimensionar.

A continuación determinamos la carga propia de la losa

“g” losa (por metro cuadrado en planta)

$$g_{\text{losa}} = (0,075 \text{ m} * 24 \text{ kN/m}^3) / \cos 31,1^\circ = 2,10 \text{ kN/m}^2 \text{ planta}$$

Sumando todo lo que acompaña, o restando la diferencia:

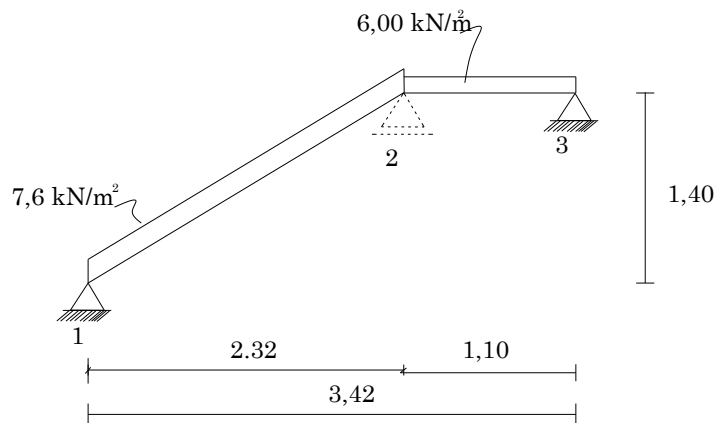
$$\begin{aligned} g_1 \text{ antes} & \text{-----} 0,155 * 24 / \cos 31,1^\circ = 4,34 \\ g_1 \text{ ahora} & \text{-----} = 2,10 \\ \text{Diferencia} & \text{-----} = 2,24 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q \text{ ahora} = 9,84 - 2,24 = 7,60 \text{ kN/m}^2$$

Esto en la parte inclinada; y en la otra (horizontal). Estimamos una reducción de unos $1,5 \text{ kN/m}^2$, por lo tanto:

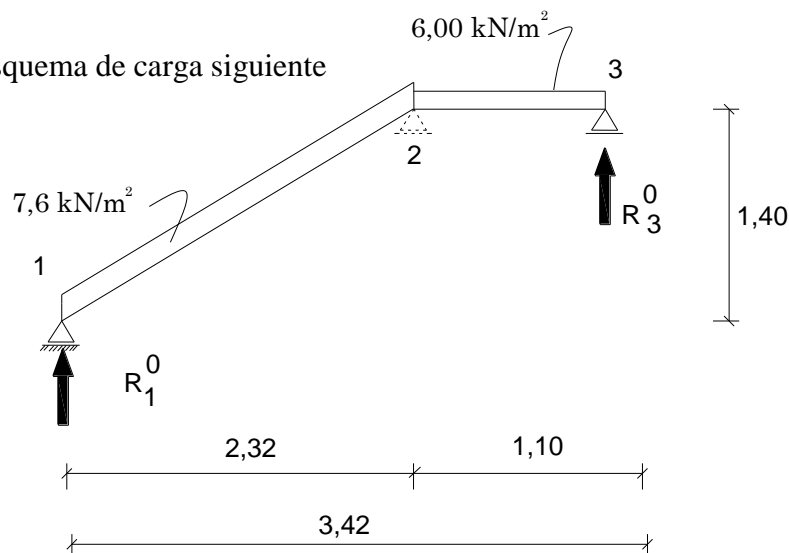
$$Q_h = 6,00 \text{ kN/m}^2; \text{ siendo así tendremos:}$$

La resolución la haremos [sin diagrama de envolventes](#), para no complicar tanto el cálculo. Usaremos números para distinguir los distintos apoyos.



Comenzaremos el cálculo resolviendo la viga como si estuviera apoyada con uno de los dos apoyos el **1**, ó el **3**, móvil (con movimiento horizontal). Así, tendremos las reacciones R_1^0 y R_2^0 (ambas verticales)

Tendremos así el esquema de carga siguiente



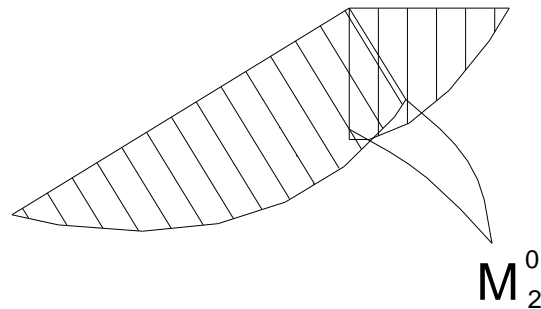
$$R_1^0 = \{7,6 * 2,32 [(2,32/2)+1,1] + (6 * 1,1^2 / 2)\} / 3,42 = 12,71 \text{ kN/m}$$

$$R_3^0 = \{[(7,6 * 2,32^2) / 2] + 6 * 1,1 * [2,32 + (1,1 / 2)]\} / 3,42 = 11,51 \text{ kN/m}$$

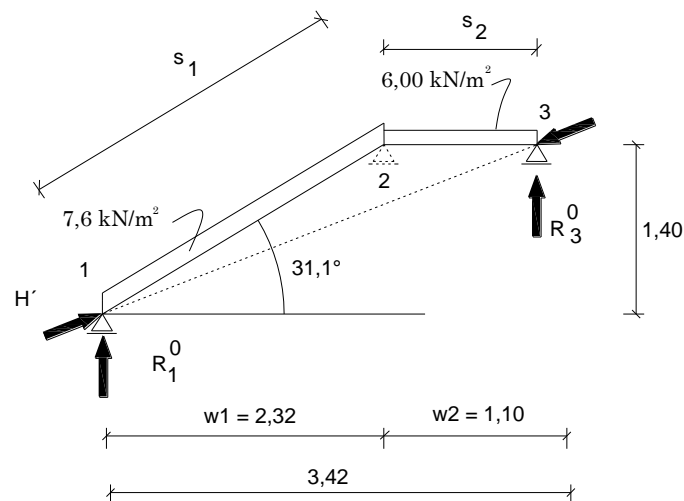
A continuación calculamos el momento en el codo **2** al que llamaremos:

$$M_2^0 = 12,71 \text{ kN/m} * 2,32\text{m} - (7,6 \text{ kN/m}^2 * 2,32^2 \text{ m}^2) / 2 = 9,03 \text{ kNm/m}$$

Esto daría el diagrama de momentos que dibujamos abajo:



Pero nuestra estructura tiene el **apoyo ficticio 2** (inamovible). Entonces resolveremos la estructura hiperestática siguiente, y las componentes H'



Para la parte hiperestática (suponemos iguales J_1 y J_2)

Cálculo de coeficientes auxiliares:

$$s_1 = 2,32 / \cos 31,1^\circ = 2,71 \text{ m}$$

$$s_2 = 1,10 \text{ m}$$

$$M_2 = [(q_1 * w_1^2) + (\kappa * q_1 * w_2^2)] / (-8 (\kappa + 1))$$

$$\kappa = (J_1 \cdot s_2) / (J_2 \cdot s_1)$$

$$\kappa = (1 \cdot 1,1\text{m}) / (1 \cdot 2,71\text{m}) = 0,406$$

$$M_2 = [(7,6 \cdot 2,32^2) + (0,406 \cdot 6 \cdot 1,1^2)] / (-8 (0,406 + 1)) = -3,90 \text{ kNm/m}$$

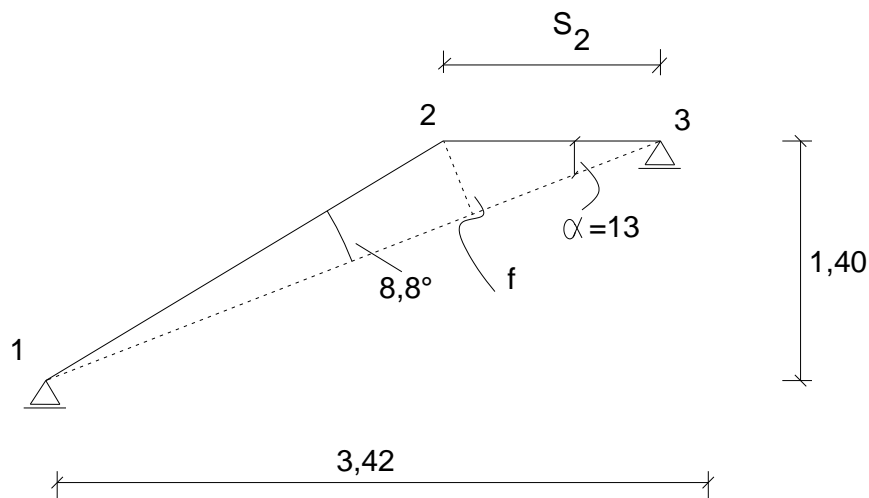
Para H' usamos M_2^0 y M_2 ; pero antes debemos calcular "f" (la flecha)

Ángulo de la barra $12^- = \alpha = 31,1^\circ$

Ángulo de la recta $13^- = \alpha_{13} = \text{tg}^{-1}(1,4 / 3,42) = 22,3^\circ$

Diferencia: $31,1^\circ - 22,3^\circ = 8,8^\circ$

Valor de "f" = $1,1\text{m} \cdot \text{sen } 22,3^\circ = 0,417 \text{ m}$

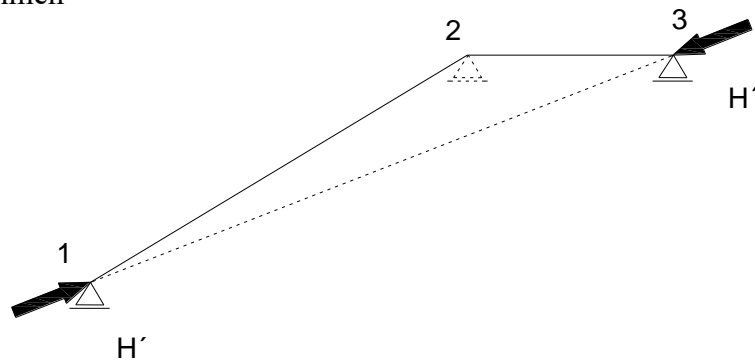


Las H' valen:

$$H' = (M_2^0 - M_2) / f$$

$$H' = (9,03 + 3,90) / 0,417 = 31,01 \text{ kN/m}$$

En este caso "comprimen"

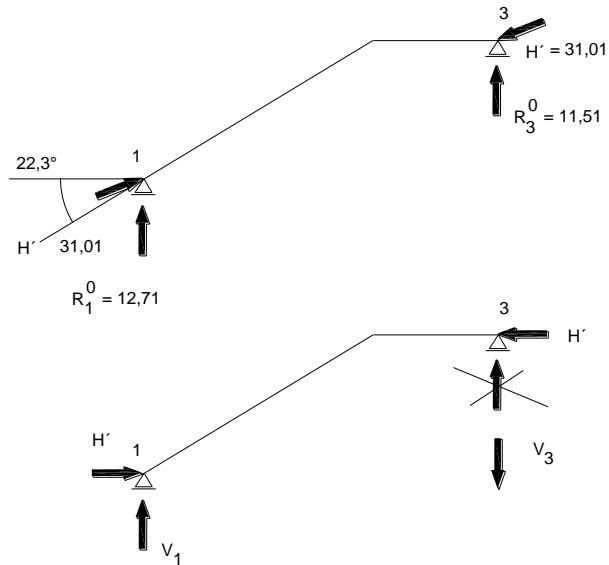


A continuación transformaremos estas reacciones en otras horizontales y verticales:

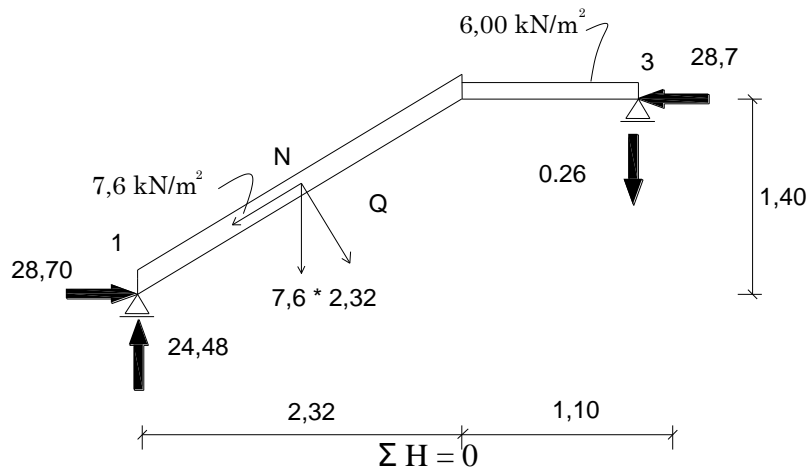
$$H = 31,01 \text{ kN/m} \cdot \cos 22,3^\circ = 28,7 \text{ kN/m}$$

$$V_1 = 12,71 \text{ kN/m} + 31,01 \text{ kN/m} \cdot \text{sen } 22,3^\circ = 24,48 \text{ kN/m}$$

$$V_3 = 11,51 \text{ kN/m} - 31,01 \text{ kN/m} \cdot \text{sen } 22,3^\circ = -0,26 \text{ kN/m}$$



Es decir ésta va para abajo, entonces tendremos:



$$\Sigma V = - 7,6 * 2,32 - 6 * 1,1 + 24,48 - 0,26 = 0$$

Pequeña diferencia por redondeo

A continuación completamos los cálculos para conocer las solicitaciones:

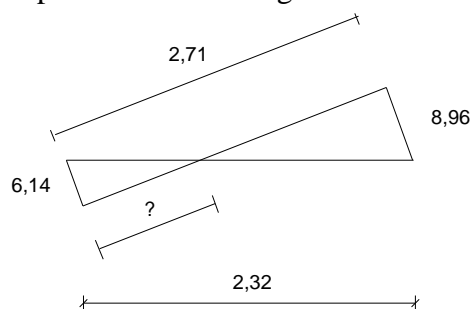
$$N_{1d} = -28,7 \text{ kN/m} * \cos 31,1^\circ - 24,48 \text{ kN/m} * \text{sen } 31,1^\circ = -37,22 \text{ kN/m}$$

$$Q_{1d} = -28,7 \text{ kN/m} * \text{sen } 31,1^\circ + 24,48 \text{ kN/m} * \cos 31,1^\circ = 6,14 \text{ kN/m}$$

$$N_{2 \text{ izq.}} = -37,22 \text{ kN/m} + 7,6 \text{ kN/m}^2 * 2,32 \text{ m} * \text{sen } 31,1^\circ = -28,11 \text{ kN/m}$$

$$Q_{2 \text{ izq.}} = 6,14 \text{ kN/m} - 7,6 \text{ kN/m}^2 * 2,32 \text{ m} * \cos 31,1^\circ = -8,96 \text{ kN/m}$$

Para conocer la sección crítica planteamos la incógnita usando semejanzas de triángulos con el diagrama "Q"



$$x = 2,71 \text{ m} \left[\frac{6,14}{6,14 + 8,96} \right] = 1,10 \text{ m}$$

Con esto:

$$M_{x0} = (6,14 * 1,1) / 2 = 3,38 \text{ kNm/m}$$

Verificando M_2 :

$$M_2 = 3,38 - 8,96 * (2,71 - 1,1) / 2 = -3,84 \text{ kNm/m (bien, por redondeo)}$$

Si quisiéramos verificar con más exactitud, habría que tomar mayor cantidad de C.S.

A la derecha de la sección **2**:

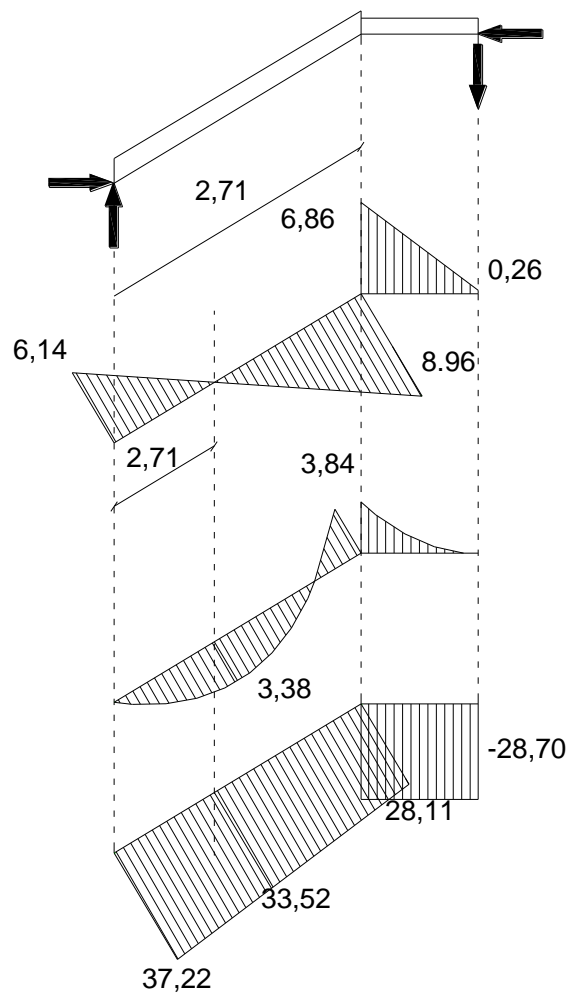
$$Q_2 \text{ der} = Q_3 \text{ izq.} + 6 \text{ kN/m}^2 * 1,1 \text{ m}; \text{ por lo tanto hacemos } Q_3 \text{ izq.}$$

$$Q_3 \text{ izq.} = 0,26 \text{ kN/m positivo}$$

$$Q_2 \text{ der.} = 0,26 + 6 * 1,1 = 6,86 \text{ kN/m}$$

$$N_3 \text{ izq.} = N_2 \text{ der.} = (-) H = -28,7 \text{ kN/m}$$

Bosquejamos los diagramas:



Cálculo de N_{x0} :

$$\{[(37,22 - 28,11) * (2,71 - 1,1)] / 2,71\} + 28,11 = 33,52 \text{ kN/m (-)}$$

Habría que verificar en el nudo 2 si está en equilibrio, para ello planteamos ΣV

$$\begin{aligned}\Sigma V &= - 6,86 - 8,96 * \cos 31,1^\circ + 28,11 * \sin 31,1^\circ = 0 \\ \Sigma H &= - 28,7 + 28,11 * \cos 31,1^\circ + 8,96 * \sin 31,1^\circ = 0\end{aligned}$$

Esto implica buenas condiciones

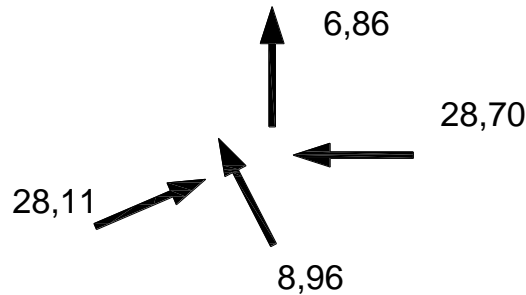
Comenzamos el dimensionado (con H13 y StIII).

En todos los casos (como $h < 10 \text{ cm}$) aumentamos las sollicitaciones en:

$$S \text{ mod.} = S * 15 / (h + 5)$$

$$h = 5,5 \text{ cm}$$

$$d = 7,5 \text{ cm}$$



En el tramo:

$$M \text{ mod.} = 3,38 * 15 / (5,5 + 5) = 4,83 \text{ kNm/m}$$

$$N \text{ mod.} = 33,52 * 15 / (5,5 + 5) = 47,89 \text{ kN/m (-)}$$

$$\text{Combinando: } M_s = M - N * z_s \quad (\text{N de compresión es negativa})$$

Cálculo de z_s :

$$z_s = (d/2) - 2 \text{ cm}$$

$$z_s = (7,5 / 2) - 2 \text{ cm} = 1,75 \text{ cm} = 0,0175 \text{ m}$$

$$M_s = 4,83 + 47,89 * 0,0175 = 5,67 \text{ kNm/m}$$

$$m = (5,67 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * 0,055^2 \text{ m}^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,179$$

$$m = 0,170 \dots \dots \dots \omega = 0,367$$

$$0,179 \dots \dots \dots \omega = 0,392$$

$$0,180 \dots \dots \dots \omega = 0,395$$

$$a_s = [(0,392 / 40) * 100 * 5,5 \text{ cm}^2/\text{m}] - (47,89 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 3,39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^\circ / 15 \text{ cm} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}; \text{ } \acute{o}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^\circ / 14,5 \text{ cm} = 3,47 \text{ cm}^2/\text{m}$$

En el apoyo 2 (resulta muy parecido izquierda que derecha)

IZQUIERDA:

$$M \text{ mod.} = 3,48 * 15 / (10,5) = 5,49 \text{ kNm/m}$$

$$N \text{ mod.} = 28,11 * 15 / (10,5) = 40,16 \text{ kN/m}$$

$$M_s = 5,49 + 40,16 * 0,0175 = 6,19 \text{ kNm/m}$$

$$m = (6,19 \text{ kNm/m}) / (1\text{m/m} * (0,0552 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,195$$

$$m = 0,193 \dots \dots \dots \omega = 0,436$$

$$0,195 \dots \dots \dots \omega = 0,450$$

$$0,200 \dots \dots \dots \omega = 0,491$$

$$a_s = [(0,450 / 40) * 100 * 5,5 \text{ cm}^2/\text{m}] - (40,16 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 4,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

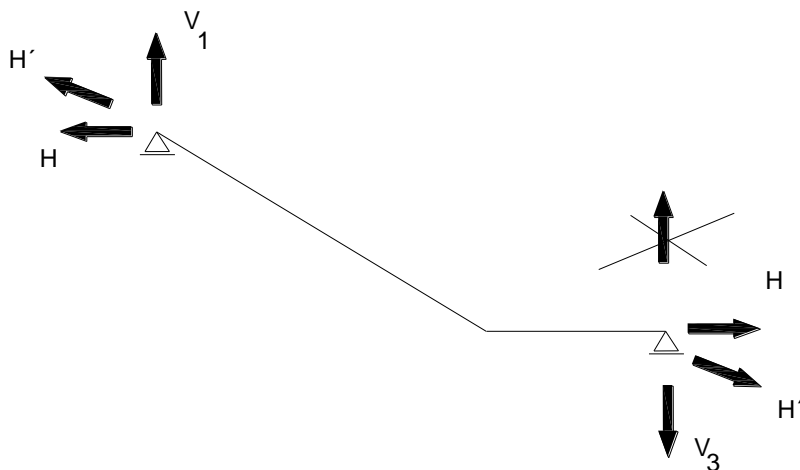
$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } / \text{ } 11 \text{ cm} = 4,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Se propone uniformar la armadura con esta propuesta.

Como a_q pondremos: $0,2 * 4,57 = 0,91 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$1 \text{ } \emptyset 6 \text{ } / \text{ } 30 \text{ cm} = 0,95 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para la otra parte, cambia el signo del esfuerzo normal, pasa a tracción; todo lo demás queda igual.
Las solicitaciones modificadas igual que antes en "valor absoluto"



TRAMO:

$$M_s = 4,83 - 47,89 * 0,0175 = 3,99 \text{ kNm/m}$$

$$m = (3,99 \text{ kNm/m}) / (1\text{m/m} * (0,0552 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,126$$

$$\begin{aligned}
m &= 0,120 \dots \omega = 0,241 \\
&0,126 \dots \omega = 0,255 \\
&0,130 \dots \omega = 0,264
\end{aligned}$$

$$a_s = [(0,255 / 40) * 100 * 5,5 \text{ cm}^2/\text{m}] + (47,89 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 5,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^c / 9 \text{ cm} = 5,59 \text{ cm}^2/\text{m}$$

APOYO 2:

$$M_s = 5,49 - 40,16 * 0,0175 = 4,79 \text{ kNm/m}$$

$$m = (4,79 \text{ kNm/m}) / (1\text{m/m} * (0,0552 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,151$$

$$m = 0,151 \dots \omega = 0,316$$

$$a_s = [(0,316 / 40) * 100 * 5,5 \text{ cm}^2/\text{m}] + (40,16 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 6,02 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^c / 8 \text{ cm} = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Se propone uniformar toda la armadura con esta propuesta. Dejando de lado la propuesta anterior. Como a_q pondremos: $0,2 * 6,28 = 1,26 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$1 \text{ } \emptyset 6 \text{ } ^c / 22 \text{ cm} = 1,29 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para no confundirse habría que adoptar estas armaduras en los dos casos, tanto en tramos como en "apoyos". La parte horizontal llevará una armadura inferior mínima $1 \text{ } \emptyset 6 \text{ } ^c / 11 \text{ cm}$ [~~$(1,5 + d/10)$~~ **no**; $(1,5 * d)$ **sí**].

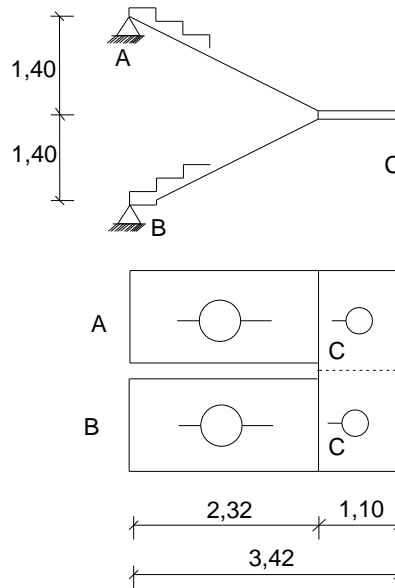
Con algunos hierros de repartición constructivos.

Hay que estudiar el doblado con decalaje:

VER DOBLADO DE HIERROS ESCALERA 3

CUARTA FORMA DE ESCALERA

Tendremos la misma planta; pero le quitamos la viga de apoyo del descanso, quedando así el esquema de nuestra escalera:



Estando ésta en voladizo, la cual requiere que ambas vigas de apoyo (a distinto nivel) estén adecuadamente arriostradas por el resto de la estructura. Ésta también es hiperestática, pero se puede resolver fácilmente por la simetría que conlleva.

Como está en voladizo, aunque no totalmente, ya que cada parte inclinada hace de “biela” para el resto, hacemos la altura mínima por flecha para el descanso con $\alpha = 2,4$

$$h \text{ mín.} = (2,4 * 110 \text{ cm}) / 35 = 7,5 \text{ cm} \text{ ----- } d = 9,5 \text{ cm}$$

Las partes AC y BC las consideramos como tramos extremos continuos, entonces con $\alpha = 0,8$

$$h \text{ mín.} = (0,8 * 232 \text{ cm}) / 35 = 5,3 \text{ cm}$$

Se adopta para todo:

$$h = 7,5 \text{ cm} \text{-----} d = 9,5 \text{ cm}$$

Esto tiene unos 2 cm más que la anterior, así “pesa” algo más, digamos:

$$\Delta q = (0,02 \text{ m} * 24 \text{ kN/m}^3) / \cos 31,1^\circ = 0,56 \text{ kN/m}^2 \text{ (inclinado)}$$

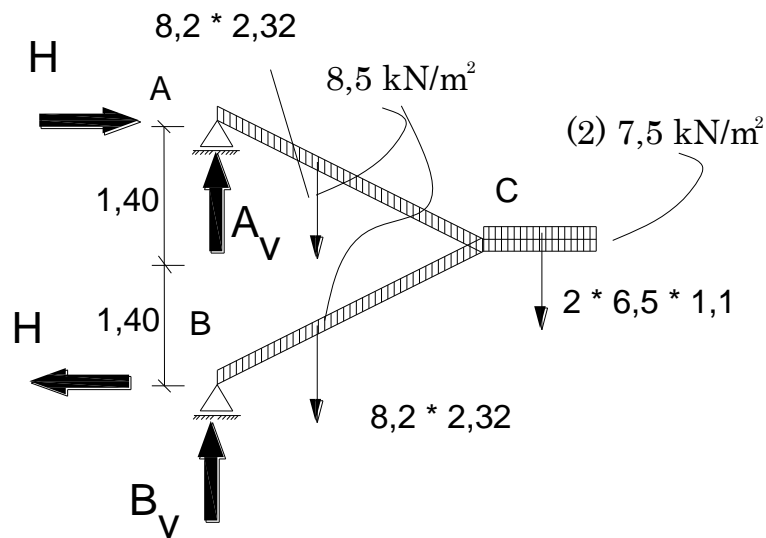
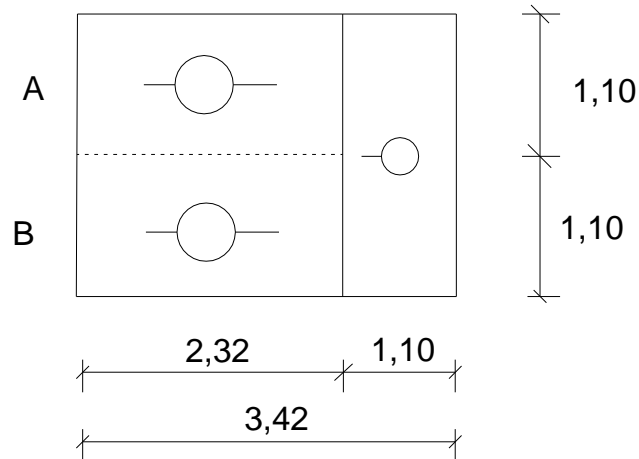
$$\Delta q = (0,02 \text{ m} * 24 \text{ kN/m}^3) = 0,48 \text{ kN/m}^2 \text{ (horizontal)}$$

Tomamos redondeando:

$$q = 7,6 + 0,56 = 8,2 \text{ kN/m}^2 \text{ (inclinado)}$$

$$q = 6,0 + 0,48 = 6,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (horizontal)}$$

Tampoco resolveremos diagrama de envolvente. Y, por ahora, no pondremos “ojo”. Tendremos así, aunque no estén en la misma línea, cada parte inclinada trabaja como biela como si estuvieran alineadas, y plantearemos ($\alpha = 31,1^\circ$)



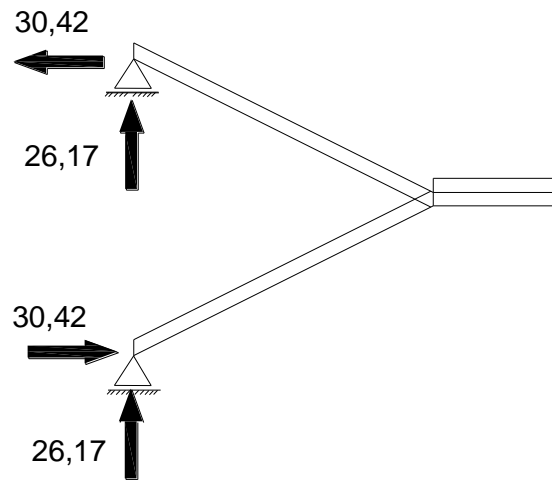
Tomando momentos con respecto a “A” y luego a “B”

$$H = \{[(2 * 8,2 * 2,32^2) / 2] + 2 * 6,51 * 1,1 * [2,32 + (1,1 / 2)]\} / 2,8 = 30,42 \text{ kN/m}$$

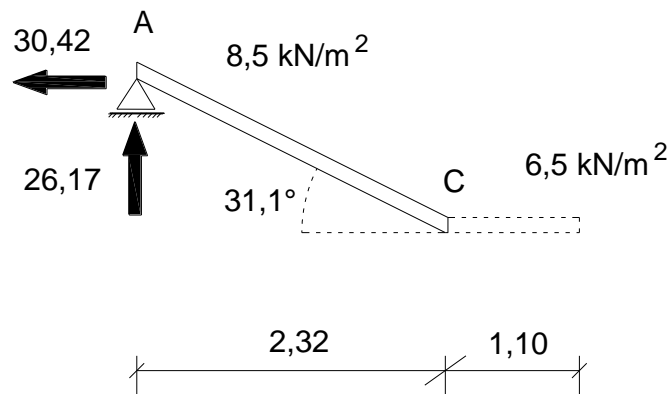
$$V_A = V_B = (2 * 8,2 * 2,32 + 6,5 * 2 * 1,1) / 2 = 26,17 \text{ kN/m}$$

Esto, es por metro de ancho de escalera **sin ojo**.

No consideramos el pequeño **efecto de torsión**, por el **no alineado**.



Continuando con los cálculos estáticos:



$$Q_{Ad} = -30,42 \text{ kN/m} * \text{sen } 31,1^\circ + 26,17 \text{ kN/m} * \text{cos } 31,1^\circ = 6,7 \text{ kN/m}$$

Éste valor es también para Q_{Bd}

$$N_{A \text{ der.}} = 30,42 \text{ kN/m} * \text{cos } 31,1^\circ + 26,17 \text{ kN/m} * \text{sen } 31,1^\circ = 39,57 \text{ kN/m}$$

Valor que se repite en $N_{B \text{ der.}}$; pero cambiado de signo, es decir compresión (-).

$$Q_{C \text{ izq.}} = 6,70 \text{ kN/m} - 8,2 \text{ kN/m}^2 * 2,32 \text{ m} * \text{cos } 31,1^\circ = -9,59 \text{ kN/m}$$

Igual valor en las dos partes inclinadas.

$$N_{C \text{ izq.}} = 37,57 \text{ kN/m} - 8,2 * 2,32 * \text{sen } 31,1^\circ = 29,74 \text{ kN/m}$$

Tracción C_A ; compresión C_B .

$$Q_{C \text{ der.}} = 6,50 \text{ kN/m} * 1,1 = 7,15 \text{ kN/m (en todo el descanso)}$$

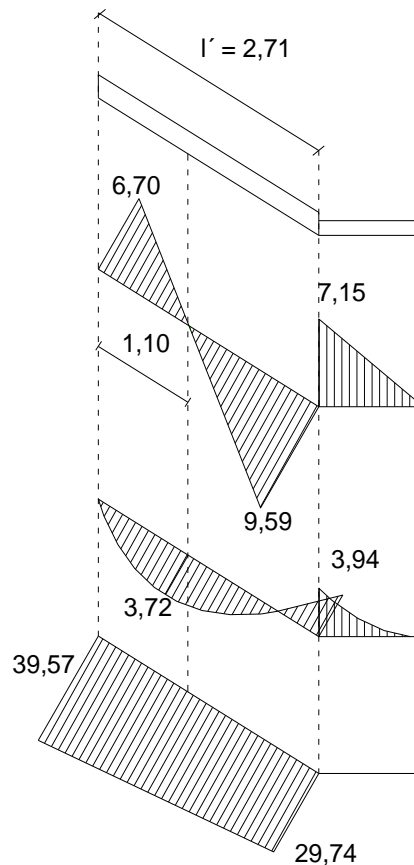
$$M_c = (-6,5 * 1,1^2) / 2 = -3,93 \text{ kNm/m. Calculado por derecha.}$$

$$\text{Verif. } M_c = (l' = 2,71 \text{ m})$$

$$M_c = -30,42 * 1,4 + 26,17 * 2,32 - (8,2 * 2,32^2) / 2 = -3,94 \text{ kNm/m (presenta buenas condiciones.)}$$

Habría que verificar el equilibrio en “C”

Los diagramas son aproximadamente:



$$l' = 2,71 \text{ m}$$

$$\zeta = (2,71 * 6,70) / (6,7 + 9,59) = 1,11 \text{ m}$$

$$M_{x_0} = (6,7 * 1,11) / 2 = 3,72 \text{ kNm/m}$$

Para la otra parte cambia el signo de N, lo demás queda como está.

Comenzamos el dimensionado:

En el tramo, usando H13

$$h = 7,5 \text{ cm (d = 9,5)}$$

$$M_{x_0} = 3,72 \text{ kNm/m}$$

$$N_{x_0} = (39,57 - 29,74) * (2,71 * 1,11) / 2,71 + 29,74 = 35,54 \text{ kN/m}$$

Como $h < 10 \text{ cm}$

$$M_{\text{mod.}} = (3,72 * 15) / (7,5 + 5) = 4,46 \text{ kNm/m}$$

$$N_{mod.} = (35,54 * 15) / (7,5 + 5) = 42,65 \text{ kNm/m}$$

$$z_s = (9,5 / 2) - 2 = 2,75 = 0,0275 \text{ m}$$

$$M_s = M - N * z_s = 4,46 - 42,65 * 0,0275 = 3,27 \text{ kNm/m}$$

$$m = (3,27 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,055$$

$$m = 0,055 \dots \dots \dots \omega = 0,104$$

$$a_s = [(0,104 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] + (42,65 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 3,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1 \text{ } \emptyset 8 \text{ } ^\circ / 13,5 \text{ cm} = 3,72 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{veremos luego})$$

$$\text{Sep. m\u00e1x.} = 1,5 * d \quad (\text{vieja norma, por ser fina})$$

En el nudo Cizq. con (H13)

$$M = 3,94$$

$$N = 29,74$$

$$15 / (h + 5) = 1,2$$

$$M_{mod.} = (3,94 * 1,2) = 4,73 \text{ kNm/m}$$

$$N_{mod.} = (29,74 * 1,2) = 35,69 \text{ kNm/m}$$

$$M_s = M - N * z_s = 4,73 - 35,69 * 0,0275 = 3,75 \text{ kNm/m}$$

$$m = (3,75 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,063$$

$$m = 0,060 \dots \dots \dots \omega = 0,114$$

$$0,063 \dots \dots \dots \omega = 0,120$$

$$0,070 \dots \dots \dots \omega = 0,134$$

$$a_s = [(0,120 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] + (35,69 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 3,74 \text{ cm}^2/\text{m}$$

A la derecha de C:

$$N = 0$$

$$M_s = M = 4,73 \text{ kNm/m}$$

$$m = (4,73 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,080$$

$$0,080 \dots \dots \dots \omega = 0,154$$

$$a_s = [(0,154 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] = 2,89 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Pondremos la m\u00e1s fuerte en todo lugar: 3,72 cm²/m

Por la otra parte: N = (-)

$$M_s = M - N * z_s = 4,46 - (- 35,69 * 0, 0275) = 5,63 \text{ kNm/m}$$

$$m = (5,63 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,095$$

$$m = \begin{array}{l} 0,090 \dots \omega = 0,175 \\ 0,095 \dots \omega = 0,186 \\ 0,100 \dots \omega = 0,197 \end{array}$$

$$a_s = [(0,186 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] - (42,65 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1\emptyset 6 \text{ c} / 14 \text{ cm} = 2,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1\emptyset 8 \text{ c} / 14 \text{ cm} = 3,59 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ veremos luego}$$

$$\text{Sep. m\u00e1x.} = 1,5 * d \quad (\text{vieja norma, por ser fina}): 1,5 * 9,5 = 14 \text{ cm}$$

Pasamos al nudo "C"

En el nudo Cizq. (H13)

$$M = 3,94$$

$$N = 29,74$$

Corregimos por $h < 10 \text{ cm}$

$$M_{\text{mod.}} = (3,94 * 15) / 12,5 = 4,73 \text{ kNm/m}$$

$$N_{\text{mod.}} = (29,74 * 15) / 12,5 = 35,69 \text{ kNm/m}$$

$$M_s = M - N * z_s = 4,73 + 35,69 * 0,0275 = 5,71 \text{ kNm/m}$$

$$m = (5,71 \text{ kNm/m}) / (1 \text{ m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,097$$

$$m = \begin{array}{l} 0,090 \dots \omega = 0,175 \\ 0,097 \dots \omega = 0,190 \\ 0,100 \dots \omega = 0,197 \end{array}$$

$$a_s = [(0,190 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] - (35,69 \text{ kN/m}) / 24 \text{ kN/cm}^2 = 2,08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{chica})$$

A la derecha:

N: 0

Ms: M

$$m = (4,73 \text{ kNm/m}) / (1\text{m/m} * (0,075 \text{ m})^2 * 10\,500 \text{ kN/m}^2) = 0,08$$

$$m = 0,080 \dots \dots \dots \omega = 0,154$$

$$a_s = [(0,154 / 40) * 100 * 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}] = 2,89 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{chica})$$

Conviene uniformar en todo lugar con:

$$1\text{Ø } 8 \text{ } ^\circ / 13,5 \text{ cm} = 3,72 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_q (\text{mínima}) = 3 \text{Ø } 6 / \text{m} = 0,85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VER DOBLADO DE HIERROS ESCALERA 4