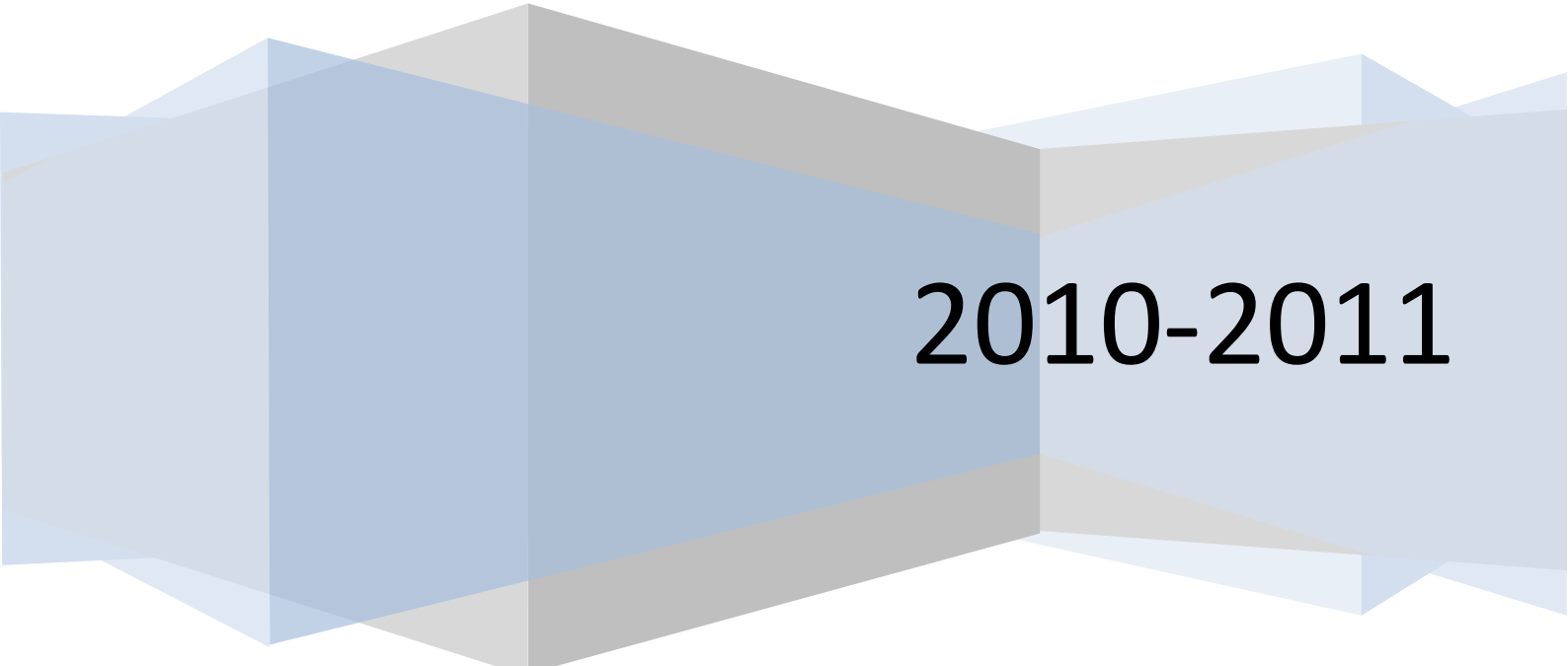


Escuela Politécnica Superior – Universidad de Alicante

PROBLEMAS DE HORMIGÓN ARMADO

F. de Borja Varona, Luis Bañón, Jorge Díaz,
Salvador Esteve, José Antonio López, Pau Rojas

Dpto. de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e
Infraestructura Urbana



2010-2011

NOTA PRELIMINAR

La presente publicación reúne una selección de ejercicios y problemas de Hormigón Armado que o bien han venido proponiéndose en las clases de prácticas o bien han ido apareciendo en los exámenes de las asignaturas de 3º de Ing. Técnica de Obras Públicas y 4º de Arquitectura en los últimos cursos. Hemos elaborado esta colección con la intención de que constituya una herramienta de aprendizaje esencial para vosotros, los alumnos matriculados en las asignaturas mencionadas. Aunque se ha tratado de ordenar los ejercicios agrupándolos por temas, es inevitable que muchos de ellos funcionen de una manera transversal, poniendo en práctica lo aprendido en distintas sesiones. Con el fin de facilitar vuestro trabajo, se ha confeccionado el índice temático que se recoge a continuación. Esperamos que esta publicación resulte provechosa para vuestro aprendizaje.

Los autores

San Vicente del Raspeig, Septiembre de 2010

ÍNDICE TEMÁTICO DE LOS PROBLEMAS

Tratamiento de las acciones, construcción de diagramas de esfuerzos

Problemas 1, 2, 3, 4 y 6

Durabilidad

Problemas 5, 12, 16, 20, 23, 27, 28 y 44

Estado Límite Último de equilibrio

Problemas 7 y 8

Agotamiento por solicitaciones normales (flexión simple en sección rectangular)

Problemas 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15

Agotamiento por solicitaciones normales (vigas en T)

Problemas 16 y 17

Despieces de armado longitudinal

Problemas 18, 19, 20, 27, 30, 31, 34 y 39

Agotamiento por solicitaciones normales (flexo-compresión, flexión esviada)

Problemas 21, 22, 23

Método de bielas y tirantes

Problemas 24, 25, 31, 38, 42 y 50

Agotamiento por solicitaciones transversales, dimensionamiento de armadura transversal

Problemas 17, 18, 20, 27, 30, 31, 39 y 46

Estado Límite Último de Inestabilidad, dimensionamiento de soportes

Problemas 26, 27, 28, 29, 30, 31, 38, 39, 44, 45, y 46

Estado Límite de Servicio (fisuración)

Problemas 31, 32, 37, 38, 39 y 49

Estado Límite de Servicio (flechas)

Problema 33, 34, 37 y 38

Análisis lineal con redistribución limitada

Problemas 34, 35, y 36

Elementos de cimentación

Problemas 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47

Elementos de contención

Problemas 48, 49 y 50

Problema 1

La Figura 1 representa el esquema estructural del entramado nº3 (sección A-A de la Figura 2) de un edificio situado en la ciudad de Alicante, indicando las dimensiones de sus elementos principales. Las sobrecargas de uso indicadas para cada planta del pórtico están definidas de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación.

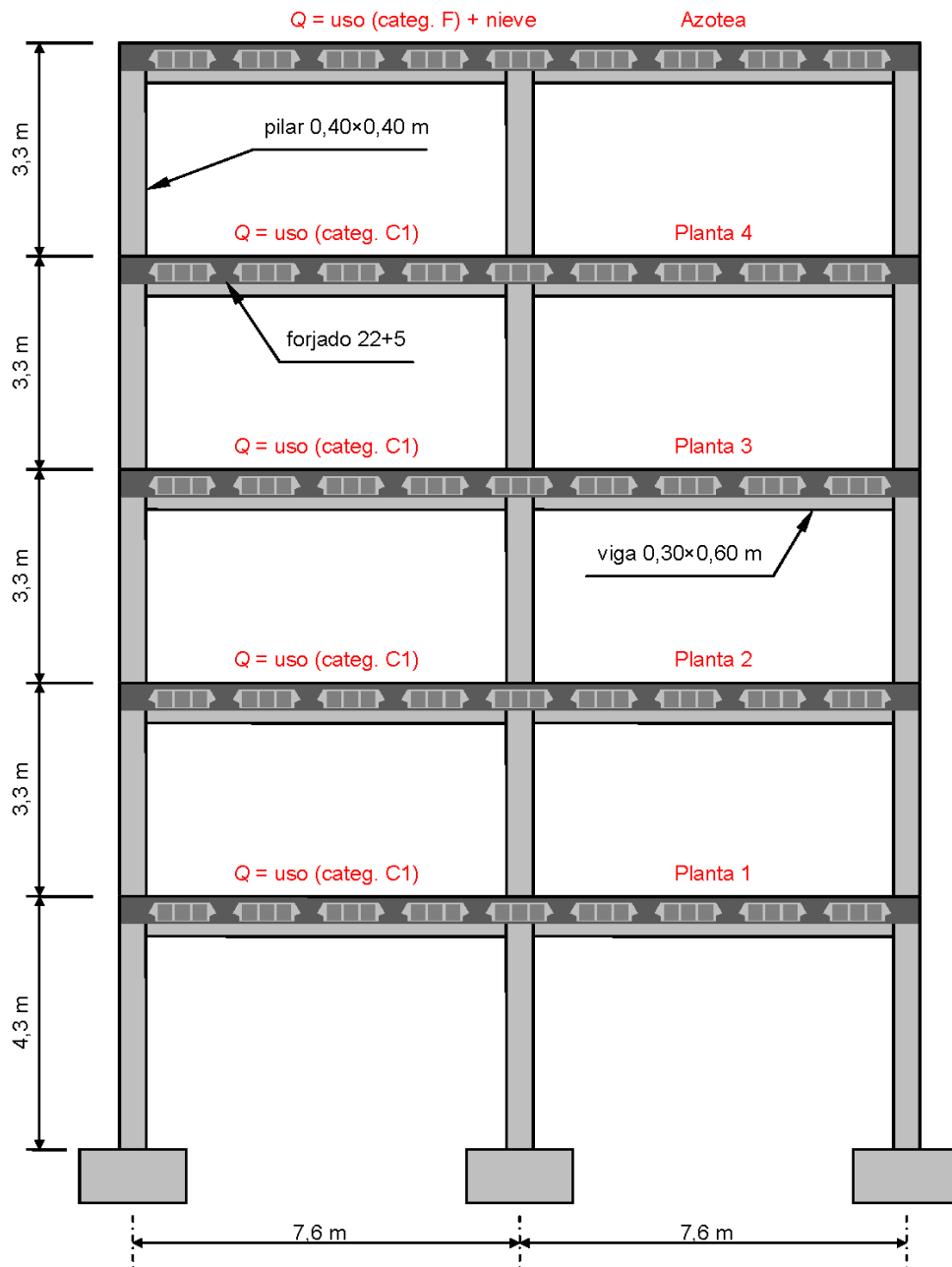


Figura 1

La Figura 2 muestra el croquis de una de las plantas del edificio. Por simplificación no se va a considerar la presencia de los huecos de comunicación entre plantas ni la de los núcleos contraviento.

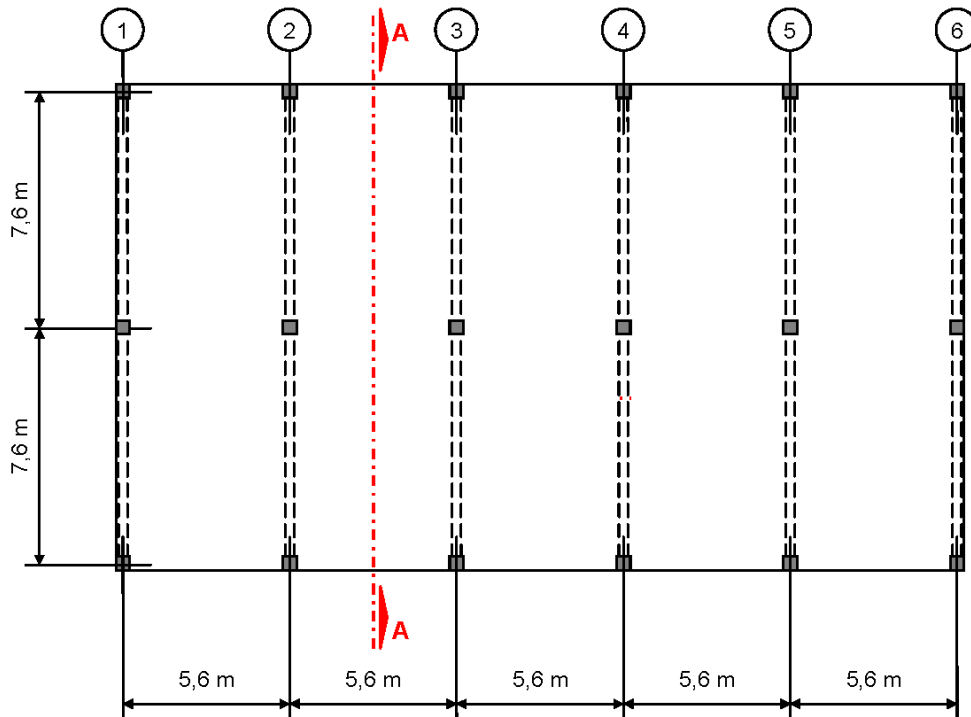


Figura 2

Las cargas permanentes que actúan sobre la estructura pueden determinarse con los siguientes datos:

- Los forjados son unidireccionales de 22+5 cm con vigueta pretensada e inter-eje de 70 cm. Su peso propio es de $3,36 \text{ kN/m}^2$. En la parte inferior de todos los forjados se dispone un techo registrable cuyo peso, incluida la parte proporcional de carpintería, iluminación, etc. es $0,40 \text{ kN/m}^2$.
- El forjado de cubierta se remata con una pavimentación de terrazo sobre mortero de espesor medio 5 cm. El resto de forjados se rematan con baldosa cerámica de 3 cm de espesor (incluyendo el material de agarre).
- Las plantas 1ª a 4ª soportan una carga de tabiquería, consistente en tabiques de ladrillo hueco de espesor 4,5 cm revestidos con guarnecido y enlucido de yeso por ambas caras. La diferencia de cotas entre plantas consecutivas es de 3,30 m, por lo que los tabiques tendrán una altura aproximada de 3 m. Se puede suponer una densidad de tabiquería uniforme en toda la planta, equivalente a 0,50 m lineales de tabique por cada m^2 de superficie.

Consúltense el CTE-DB-SE-Acciones en la Edificación para mayor información. Se pide:

- Obtener las cargas permanentes y variables de cada planta
- Obtener las cargas permanentes y variables sobre las vigas del entramado nº3
- Esfuerzos de cálculo (ELU) de la viga de la planta 2ª del entramado nº3
- Esfuerzos de cálculo (ELU) a lo largo del pilar central
- Esfuerzos de cálculo (ELU) a lo largo de uno de los pilares de fachada

Problema 2

La sección de la viga de cubierta representada en la Figura 3 es rectangular, de ancho $b = 25$ cm y canto $h = 45$ cm. La "anchura tributaria" de forjado de cubierta que apoya sobre la viga es de 5 m. El peso propio de dicho forjado es de 3 kN/m^2 y soporta en su parte inferior un falso techo de peso $0,4 \text{ kN/m}^2$. El acabado de la superficie de la cubierta es de terrazo sobre mortero de espesor medio 50 mm. Se trata de una azotea transitable de acceso público y perteneciente a una edificación residencial, con uso clasificado como A1, de acuerdo con el CTE. La altitud topográfica es inferior a 1.000 m y pueden despreciarse los efectos del viento y la temperatura. Despreciando la alternancia de cargas, se pide:

- Obtener los valores extremos de cálculo (ELU) de las reacciones y los momentos flectores (positivos y negativos) para la siguiente viga de cubierta, aplicando las combinaciones adecuadas de cargas.
- Obtener los valores extremos de servicio (ELS) de los momentos flectores (positivos y negativos) en la combinación cuasi-permanente.

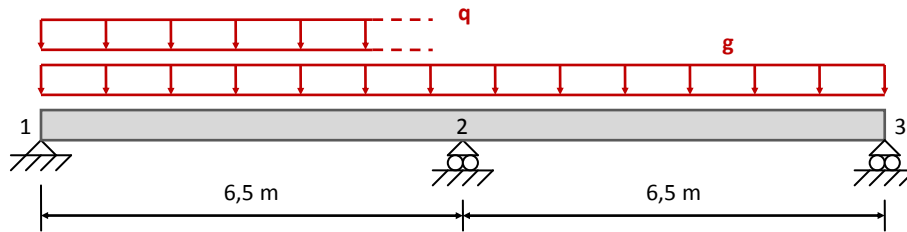


Figura 3

Problema 3

Resolver el Problema 2 teniendo en cuenta los efectos de la alternancia de cargas.

Problema 4

Plantear y resolver las combinaciones de ELU adecuadas para determinar los peores momentos flectores y los cortantes concomitantes de la viga representada en la Figura 4, la cual está sometida a las siguientes cargas: $g = 10 \text{ kN/m}$ y $q = 5 \text{ kN/m}$.

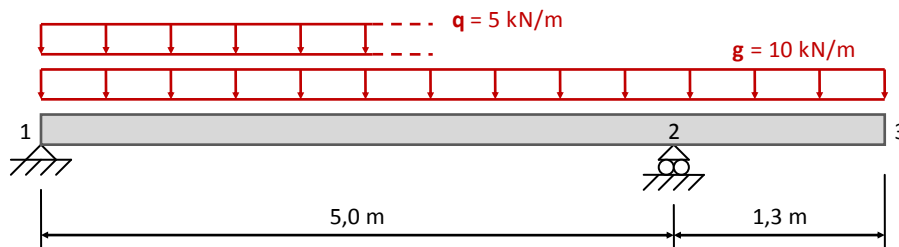


Figura 4

Problema 5

La Figura 5 representa la sección transversal de una viga exterior perteneciente a una lonja de pescadores situada en el puerto de Santa Pola. La estructura se construirá "in situ", con nivel de control de ejecución normal. El albarán de entrega del hormigón indica que en la

dosificación del hormigón se han usado 340 kg/m^3 de cemento y 200 kg/m^3 de agua. Verificar si hay errores de proyecto y/o ejecución que comprometan la durabilidad.

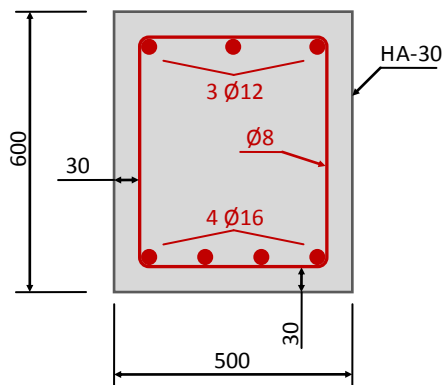


Figura 5

Problema 6

El pilar de sección cuadrada de 0,80 m de lado que se representa en la Figura 6 está sometido a los siguientes esfuerzos, cuyos valores no están afectados por coeficiente de mayoración alguno:

$$G = 98 \text{ kN} \quad Q_{\text{nieve}} = 37 \text{ kN} \quad Q_{\text{viento}} = (-) 191 \text{ kN}$$

$$q_{\text{viento}} = 0,5 \text{ kN/m} \quad A_{\text{sismo}} = 37 \text{ kN}$$

Los coeficientes de simultaneidad son los siguientes:

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Viento	0,6	0,5	0
Nieve	0,5	0,2	0

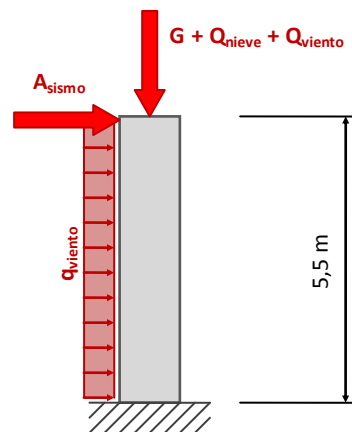


Figura 6

Obtener los valores extremos del esfuerzo axial y el valor extremo del momento flector en la base del pilar para combinaciones ELU. Deberán indicarse también los valores de los esfuerzos concomitantes correspondientes.

Problema 7

La Figura 7 representa el esquema estructural del pórtico tipo de una marquesina de entrada a una instalación deportiva en Benidorm. El pórtico lo forma un dintel simplemente apoyado sobre dos soportes, de forma que parte del mismo queda en voladizo. La anchura entre los pórticos tipo es de 5,5 m. El dintel consiste en una viga de hormigón armado de 40 cm de ancho y 50 cm de canto, sobre la que apoya un forjado de viguetas cuyo peso es $2,85 \text{ kN/m}^2$. El forjado soporta además una estructura de techo registrable con su instalación de iluminación cuyo peso es de $0,65 \text{ kN/m}^2$, según datos del propio fabricante. Otras acciones a considerar son la acumulación de nieve y una presión de viento estimada en $0,40 \text{ kN/m}^2$ (en sentido ascendente o descendente). Se desea obtener el máximo valor de una carga puntual Q aplicable sobre la marquesina (con $\psi_{0,Q} = 1$) sin que se comprometa el Estado Límite de Equilibrio.

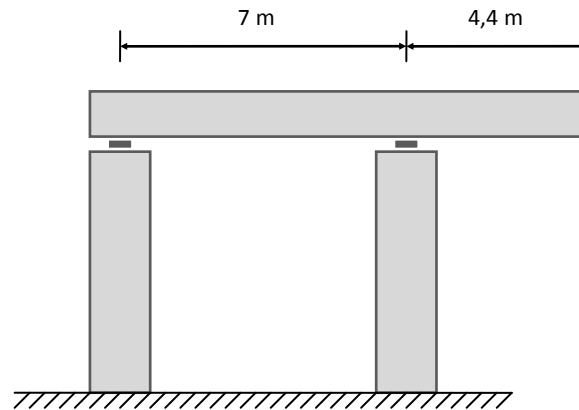


Figura 7

Problema 8

La estructura de hormigón representada en la Figura 8, está sometida a su propio peso y a una sobrecarga variable aplicada sobre el dintel horizontal cuyo valor característico es $q = 5 \text{ kN/m}$. Se pide determinar el máximo y el mínimo valor de la dimensión V del voladizo para que se verifique el ELU de equilibrio.

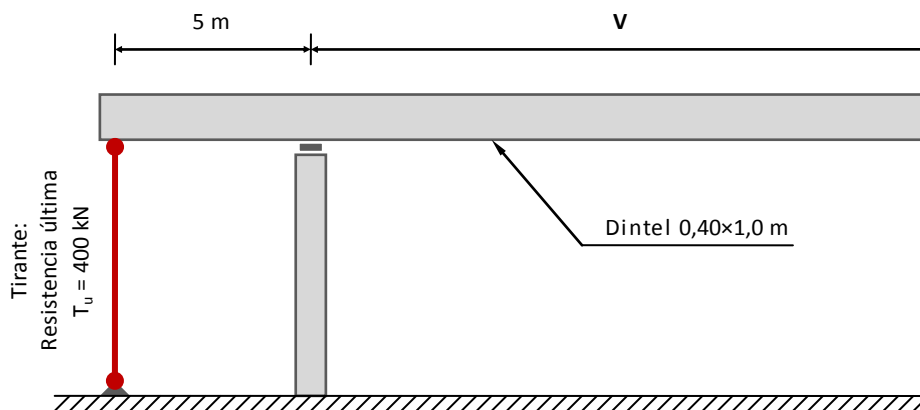


Figura 8

Problema 9

Una sección de hormigón HA-40 de forma rectangular con ancho 500 mm y canto 700 mm está sometida a un esfuerzo flector de 2500 mkn. El recubrimiento mecánico de las armaduras longitudinales principales es 50 mm. Se pide dimensionar las armaduras principales, de acuerdo con las dos alternativas siguientes:

- a) Sin tener en cuenta la contribución de la armadura de compresión.
- b) Teniendo en cuenta la contribución de la armadura de compresión y fijando que, en caso de que sea necesario, la profundidad de la fibra neutra no se sitúe por debajo de la profundidad límite.

Problema 10

Una viga de hormigón armado HA-25 se construye con sección transversal rectangular de ancho 35 cm y canto 60 cm. Se emplean armaduras longitudinales de acero B500S, con un recubrimiento mecánico de 45 mm. Se pide:

- Representar el plano de agotamiento correspondiente a una profundidad de fibra neutra de 230 mm. Determinar el momento flector que provoca la rotura y la armadura necesaria.
- Resolver el apartado anterior para una profundidad de fibra neutra de 385 mm.
- Representar el plano de agotamiento correspondiente a la profundidad límite y obtener el valor del momento flector límite.
- Dimensionar la armadura principal necesaria para un momento flector de cálculo de 400 mkN aplicando las ecuaciones de equilibrio adimensionales.
- Determinar la resistencia de la sección para una armadura principal de tracción consistente en 3 \varnothing 25.
- Determinar la resistencia de la sección para una armadura principal de tracción consistente en 3 \varnothing 25 y una armadura principal de compresión de 3 \varnothing 25.

Problema 11

La viga representada en la Figura 9 pertenece a cierta estructura de edificación. Su sección es rectangular de 0,30x0,50 m, de hormigón HA-25 con armaduras B500S y $d' = 55,5$ mm

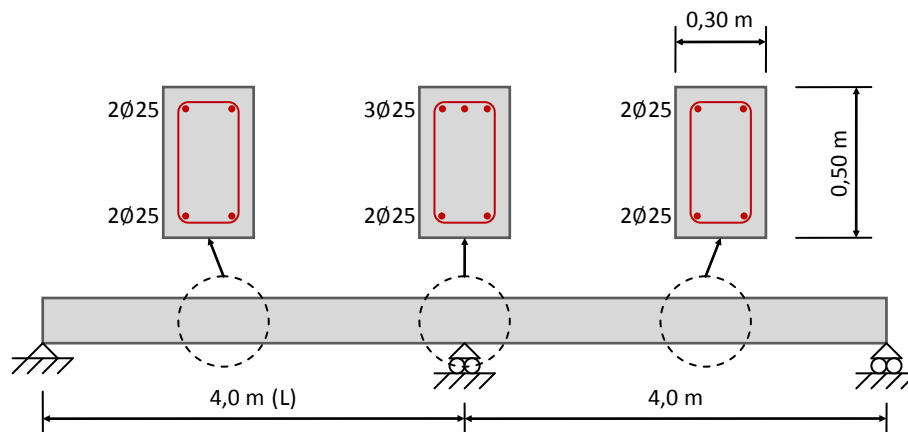


Figura 9

Dicha viga soporta, además de su peso propio, una carga de 40 kN/m (solado, tabiquería, instalaciones, etc.) y otra sobrecarga de uso de valor Q_k kN/m. Se pide determinar el valor de la máxima sobrecarga de uso Q_k que admite la viga. Ténganse en cuenta los siguientes datos adicionales y observaciones:

- Se debe considerar el efecto de la alternancia de cargas.
- Se puede suponer que los momentos positivos máximos se producen en la misma posición para todas las hipótesis de cargas que se consideren.
- Si se cree necesario, se puede despreciar en los cálculos la contribución de U_{s2} .

Problema 12

Se va a estudiar una viga en voladizo de 3,0 m de longitud, sección rectangular de 0,30x0,50 m (b×h), sometida a su propio peso y a una carga puntual variable $Q = 54,0$ kN. Se ejecuta “in situ” con HA-30 y B500S, en ambiente IIa y control de ejecución normal. Se pide determinar la validez del armado longitudinal de la sección de arranque, que se indica en la Figura 10.

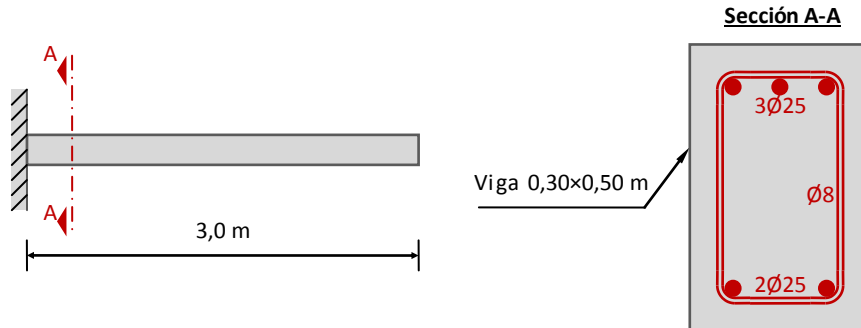


Figura 10

Si por un error se dispusiese el armado al revés, ¿qué sobrecarga resistiría la viga?

Problema 13

La viga de hormigón armado de la Figura 11 está construida “in situ” con un hormigón de resistencia característica a compresión de 25 MPa. La sección transversal es rectangular de 0,40x0,50 m y van a emplearse barras longitudinales y cercos de acero B500S. El recubrimiento mecánico se estima en 4 cm.

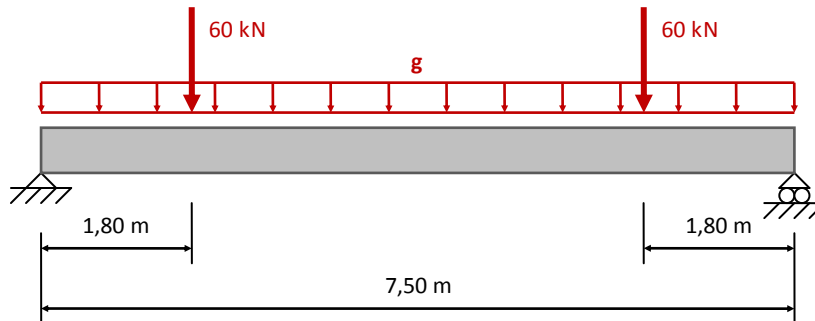


Figura 11

Además de su propio peso g , sobre dicha viga actúan dos sobrecargas puntuales de 60 kN con coeficientes de combinación $\Psi_0 = 0,7$, $\Psi_1 = 0,5$ y $\Psi_2 = 0,3$. Determinar:

- a) el máximo esfuerzo flector de cálculo (para ELU).
- b) el armado de la viga en la sección más solicitada.
- c) el máximo esfuerzo flector de servicio cuasi-permanente.

Problema 14

La viga de hormigón armado del Problema 4 se va a construir con hormigón HA-25 y armaduras de acero B400S, empleando un recubrimiento mecánico de 5 cm. El ancho de la sección será de 35 cm. Dimensionar adecuadamente el canto de la viga (múltiplo de 5 cm) y el despiece aproximado sin cotas del armado longitudinal.

Problema 15

Se desea manipular para su colocación en obra un pilar prefabricado de hormigón HA-35, de sección cuadrada $0,35 \times 0,35$ m. El armado longitudinal lo forman 4 redondos de $\varnothing 16$ dispuestos en las esquinas de la sección, con un recubrimiento mecánico de 54 mm. Durante una fase de su transporte es izado con una grúa tal y como se representa en la Figura 12. Comprobar lo adecuado de dicha propuesta.

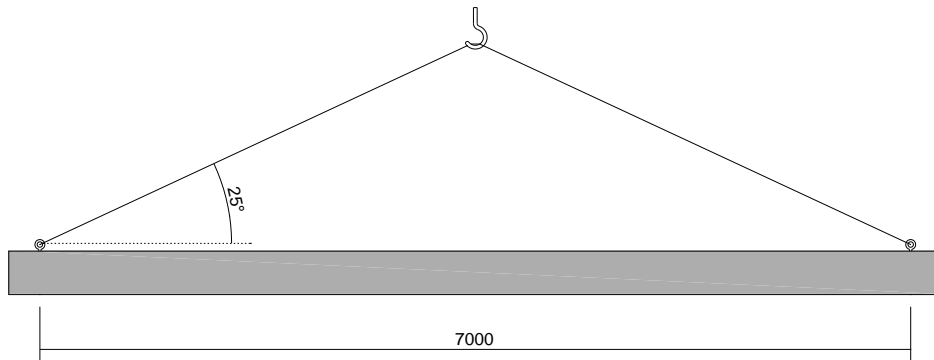


Figura 12

Problema 16

Se va a diseñar la viga representada en la Figura 13 y cuya sección se recoge en la Figura 14. Va a fabricarse "in situ" con nivel de control de ejecución normal con hormigón armado HA-30 y armaduras B400S. Se ha identificado la clase de exposición como IIb. Además de su peso propio g , sobre dicha viga actúan dos cargas puntuales de tipo variable de valor 100 kN. Se quieren estudiar tres posibles diseños, con diferentes valores del espesor del ala: $h_0 = 200$ mm ; $h_0 = 150$ mm ; $h_0 = 80$ mm. Determinar en cada uno de los tres casos el armado longitudinal de la sección más solicitada.

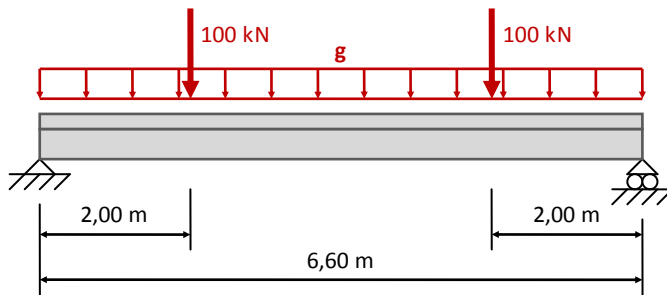


Figura 13

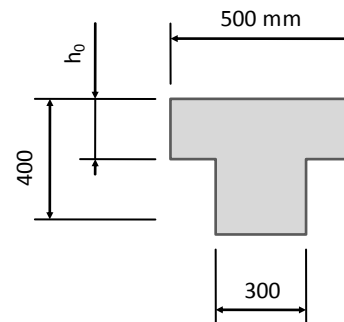


Figura 14

Problema 17

Dimensionar el despiece aproximado del armado longitudinal y transversal de la viga de la Figura 15, que está sometida a cargas uniformemente distribuidas.

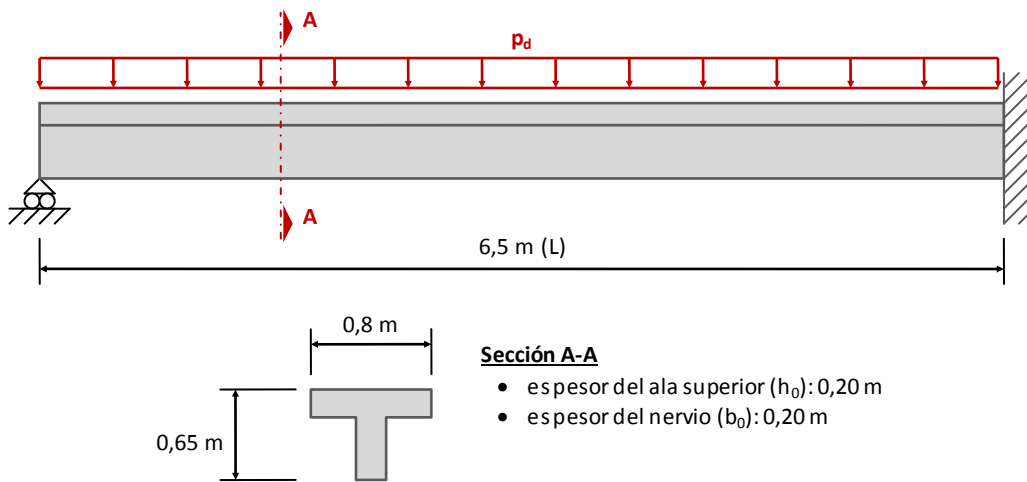


Figura 15

Datos adicionales:

- Valor de la reacción en el apoyo izquierdo: $0,375 \cdot p_d \cdot L$
- Materiales: HA-35/B/20/IV-F y armaduras B500S (empléense sólo $\varnothing 8$, $\varnothing 12$ y $\varnothing 16$)
- Recubrimiento mecánico: 50 mm
- Carga permanente: 26 kN/m (incluido el peso de la viga)
- Sobrecarga de uso: 10 kN/m ($\Psi_{0,uso} = 0,7$)
- Sobrecarga de acumulación de nieve: 5 kN/m ($\Psi_{0,nieve} = 0,7$)
- Características mecánicas de la sección:
 - Área bruta: $0,25 \text{ m}^2$
 - Profundidad del centro de gravedad: 0,217 m
 - Inercia bruta: $8,136 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$

Problema 18

La viga de la Figura 16 va a fabricarse con un hormigón de $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ y sus dimensiones son $b = 25 \text{ cm}$ y $h = 45 \text{ cm}$. El recubrimiento mecánico se estima en 40 mm.

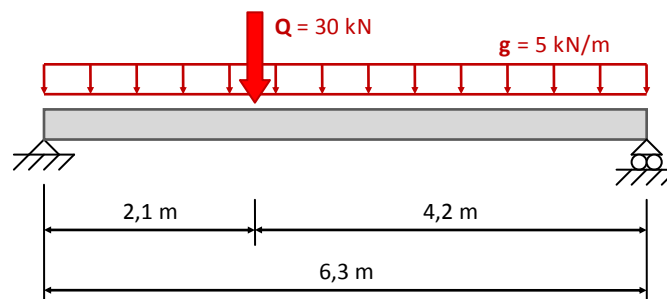


Figura 16

Sabiendo que se van a emplear redondos de $\varnothing 12$ de acero B400S y estribos de $\varnothing 6$ se pide determinar el despiece completo del armado longitudinal y transversal.

Problema 19

La viga representada en la Figura 17 está sometida a una carga puntual P_d de 140 kN (mayorada según EHE-08). Su sección es rectangular de ancho 36 cm y canto útil 45,5 cm y está fabricada con hormigón armado HA-35 y armaduras B500S.

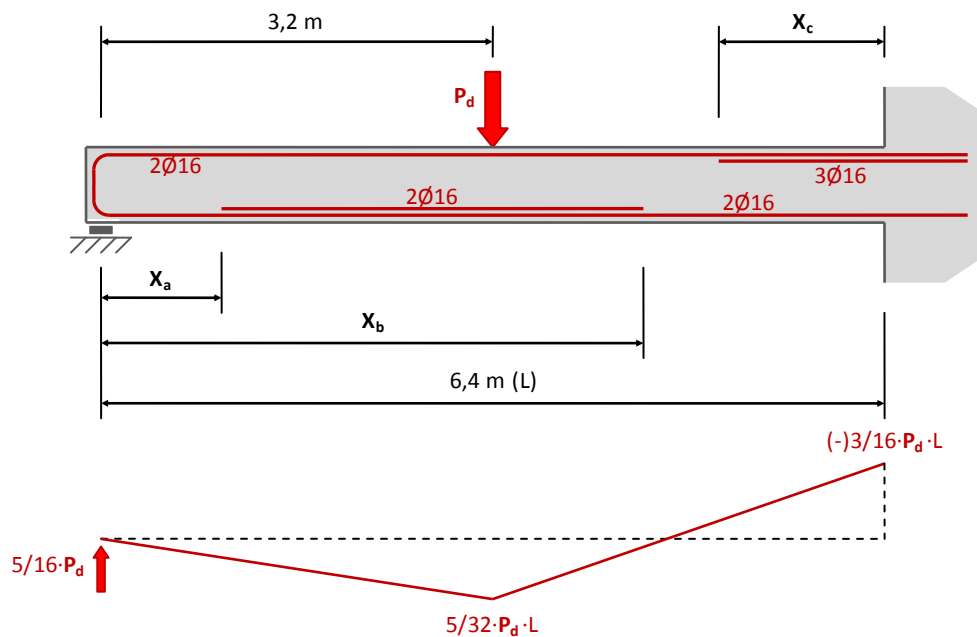


Figura 17

Despreciando los efectos del peso propio, se pide:

- ¿A partir de qué valor del momento flector de cálculo sería necesario tener en cuenta la contribución de las armaduras comprimidas en una sección transversal de esta viga?
- Determinar los valores X_a , X_b y X_c que delimitan los refuerzos de las armaduras inferior y superior (redondeados a múltiplos de 10 cm).

Problema 20

La Figura 18 muestra el diseño de una pasarela peatonal ubicada en una estación de esquí.

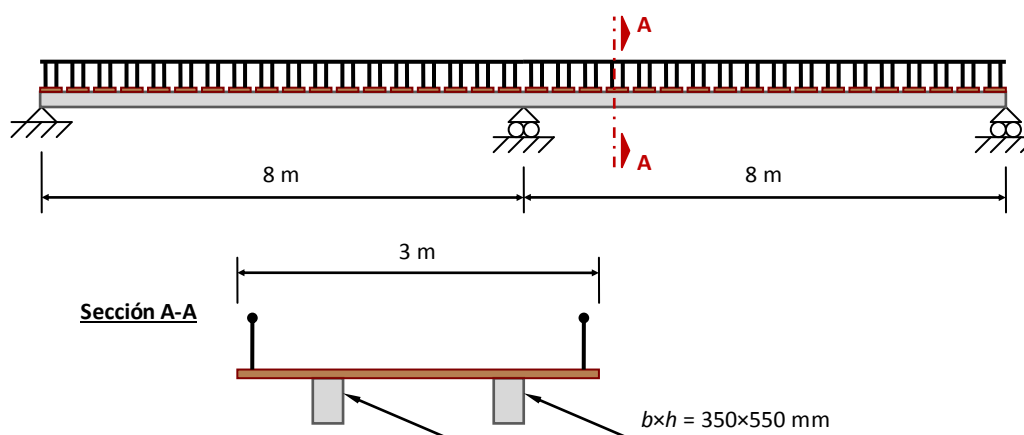


Figura 18

Dicha pasarela está formada por dos vigas de hormigón HA-30 ejecutadas “in situ” con nivel de control normal y con armaduras de acero B500SD. Dichas vigas soportan un conjunto de tabloncillos de madera que apoyan simplemente sobre ellas y sobre los cuales, a su vez, discurre el tránsito peatonal. El peso de los tabloncillos y los acabados finales (barandillas, puntos de luz, etc.) puede estimarse en $1,25 \text{ kN/m}^2$. La sobrecarga de uso corresponde al tren de cargas que define la Instrucción IAP, de valor 4 kN/m^2 . La altitud topográfica del municipio en que se ubica la pasarela es superior a 1.000 m y la sobrecarga por acumulación de nieve se estima en 1 kN/m^2 . Por otro lado, la pluviometría media anual es de 730 mm . Se pide:

- Estudiar las especificaciones a indicar en el proyecto de las vigas, relativas al aseguramiento de la durabilidad (exposición ambiental, dosificación, elección del cemento, recubrimientos, etc.).
- Despiece completo del armado longitudinal y transversal.

Problema 21

Un soporte de hormigón armado está fabricado con un hormigón armado HA-30 con armaduras B400S y su sección es rectangular de ancho $b = 250 \text{ mm}$ y canto $h = 450 \text{ mm}$. El recubrimiento mecánico es de 45 mm . Aplicando los diagramas de interacción adimensionales adecuados, se pide:

- Proponer tres esquemas de armado longitudinal para una situación de cálculo (ELU) con un axial de compresión $N_d = 1690 \text{ kN}$ y un momento flector $M_d = 160 \text{ m kN}$.
 - Esquema con armaduras iguales en las caras perpendiculares al plano de flexo-compresión.
 - Esquema con 8 redondos en total.
 - Esquema con armaduras iguales en las caras paralelas al plano de flexo-compresión.
- Si el armado de dicha sección rectangular consiste en $3\text{Ø}20$ de B400S en las caras perpendiculares al plano de flexo-compresión, obtener la capacidad a flexión M_{Rd} cuando actúa un esfuerzo de compresión $N_d = 1800 \text{ kN}$.

Problema 22

Una viga de HA-30 de 6 m de longitud tiene una sección rectangular de ancho 360 mm y canto 240 mm . El armado longitudinal consiste en redondos $\text{Ø}20$ de acero B400S situados en las esquinas de la sección. La viga está sometida a una carga permanente g de valor 3 kN/m (que incluye el peso propio) y a una carga puntual variable Q de 45 kN que actúa en un plano horizontal (ver Figura 19). El recubrimiento mecánico se estima en 40 mm . Se pide determinar si el dimensionamiento del armado longitudinal es adecuado.

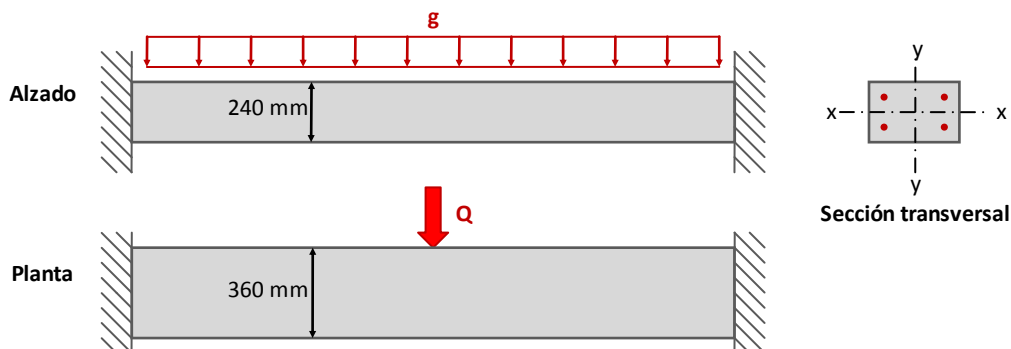


Figura 19

Problema 23

La Figura 20 representa la sección transversal de una columna de hormigón HA-45 de 0,35 m de diámetro, construida "in situ" con nivel de control de ejecución normal. La columna está a la intemperie y pertenece a la estructura de un edificio situado en un parque empresarial en la ciudad de Burgos (pluviometría inferior a 555 mm/año). Se pide:

- Discutir si el diseño cumple los requisitos de durabilidad y definir un tamaño máximo de árido compatible con el recubrimiento indicado.
- Si se aplicase un esfuerzo de compresión de cálculo de 2020 kN sobre esta sección, ¿cuál sería la máxima excentricidad que podría resistir la columna?

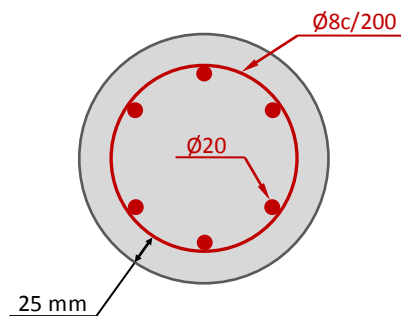


Figura 20

Problema 24

La ménsula corta de la Figura 21 está hormigonada con un hormigón de diferente edad a la del pilar. Se sabe que el proceso constructivo es el siguiente: tras el fraguado del hormigón del pilar, antes de hormigonar la ménsula se procederá a un cepillado y aplicación de resinas especiales para asegurar una fuerte rugosidad en la superficie del pilar endurecido. El recubrimiento mecánico de la armadura principal es 45 mm. Se pide:

- Dimensionar el canto h de la ménsula (que deberá ser múltiplo de 20 mm).
- Determinar el máximo valor nominal/característico de la carga variable P que puede aplicarse sobre la ménsula y completar el armado de la ménsula.

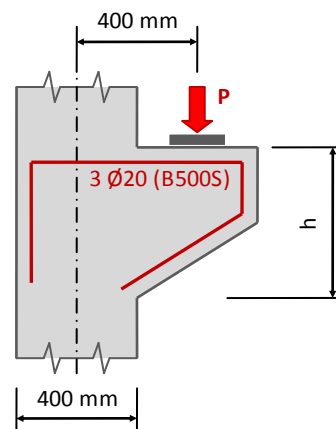


Figura 21

Problema 25

Dimensionar y comprobar la viga de gran canto representada en la Figura 22, la cual está sometida a una carga permanente $g = 500$ kN/m (que ya incluye el peso propio de la viga). Su espesor es 35 cm y se va a fabricar con hormigón HA-30 y armaduras de acero B500S, con recubrimiento mecánico de 45 mm. La ejecución se controlará con nivel normal.

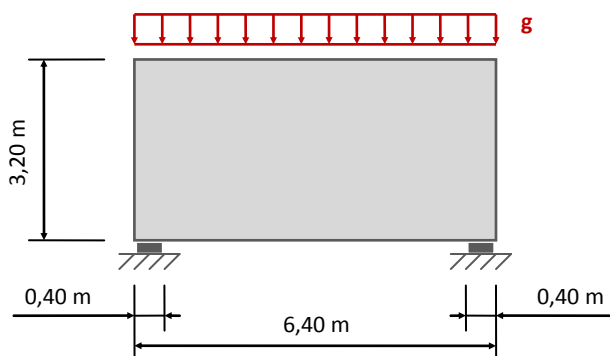


Figura 22

Problema 26

La Figura 23 representa un pilar de sección rectangular construido con un hormigón de 35 N/mm^2 de resistencia característica y armaduras de acero B500S. Está sometido a una carga vertical excéntrica de valor N_d (mayorada según EHE-08). Sabiendo que el pandeo en el plano perpendicular a la figura está impedido, se pide:

- a) Determinar hasta qué valor de la carga N_d pueden despreciarse los efectos de segundo orden, de acuerdo con la EHE-08.
- b) Si la sección transversal del pilar estuviera girada 90° respecto de la posición prevista en la Figura 23 y el pilar soportase la carga N_d determinada en el apartado anterior, ¿podrían seguir despreciándose los efectos de segundo orden? Calcular, en su caso, la excentricidad total para la que debería dimensionarse el armado del pilar.

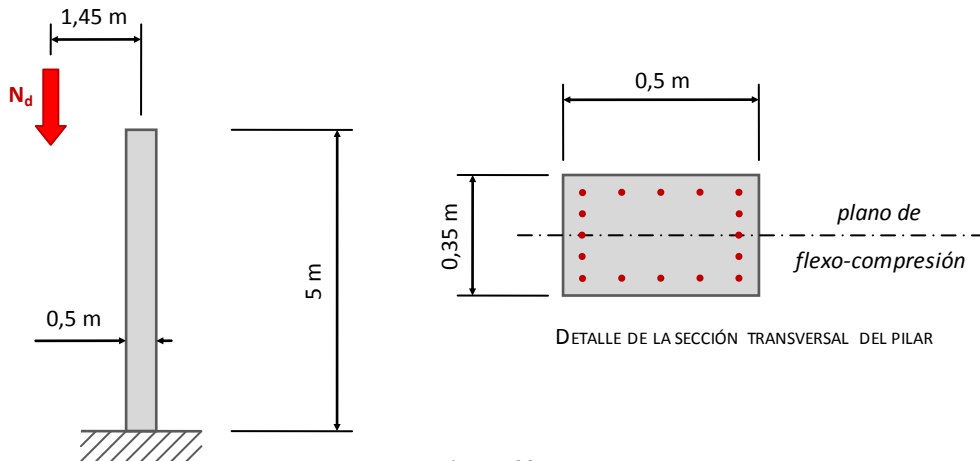


Figura 23

Problema 27

La Figura 24 representa una marquesina de hormigón a la intemperie en el municipio de Orihuela, ejecutada "in situ" con nivel de control normal.

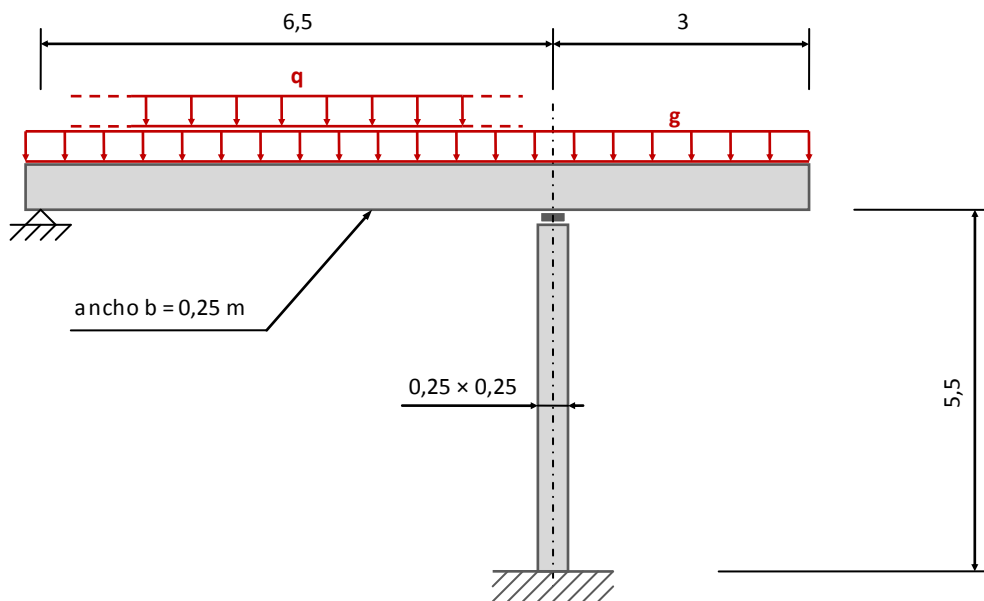


Figura 24

La carga permanente aplicada sobre la viga es $g = 24 \text{ kN/m}$ (que incluye el peso propio) y la sobrecarga es $q = 6 \text{ kN/m}$. Se van a emplear únicamente redondos $\varnothing 6$ y $\varnothing 20$ de acero corrugado B500S. Se puede suponer que el soporte se comporta como perteneciente a un entramado intraslacional en sus dos planos principales. Se pide:

- Elegir la resistencia del hormigón f_{ck} mínima compatible con los requisitos de durabilidad y definir aquellos parámetros adecuados para su aseguramiento durante una vida útil de 50 años, sabiendo que se va a usar un cemento CEM III/B.
- Justificar la elección del canto de la viga, ajustándolo a múltiplos de 5 cm, y determinar las necesidades de armado para los momentos flectores extremos.
- Completar el despiece acotado de las armaduras longitudinales.
- Diseño del armado transversal de la viga.
- Comprobar la fisuración en la viga sabiendo que el 30% de la sobrecarga se estima aplicado de manera casi permanente sobre ella.
- Dimensionamiento del armado del soporte.
- Comprobación de carga concentrada sobre macizo en la cabeza del soporte.

Problema 28

La marquesina representada en la Figura 25 se va a construir en un parque público de La Font de la Figuera, municipio con una pluviometría media anual de entre 450 y 500 mm. Se puede suponer que el soporte de la marquesina se comporta como una columna empotrada-libre en los dos planos principales. Se va a despreciar el peso propio de la estructura y se tendrán en cuenta únicamente las cargas indicadas: permanentes, de valor $g = 32 \text{ kN/m}$, y variables, de valor q por determinar.

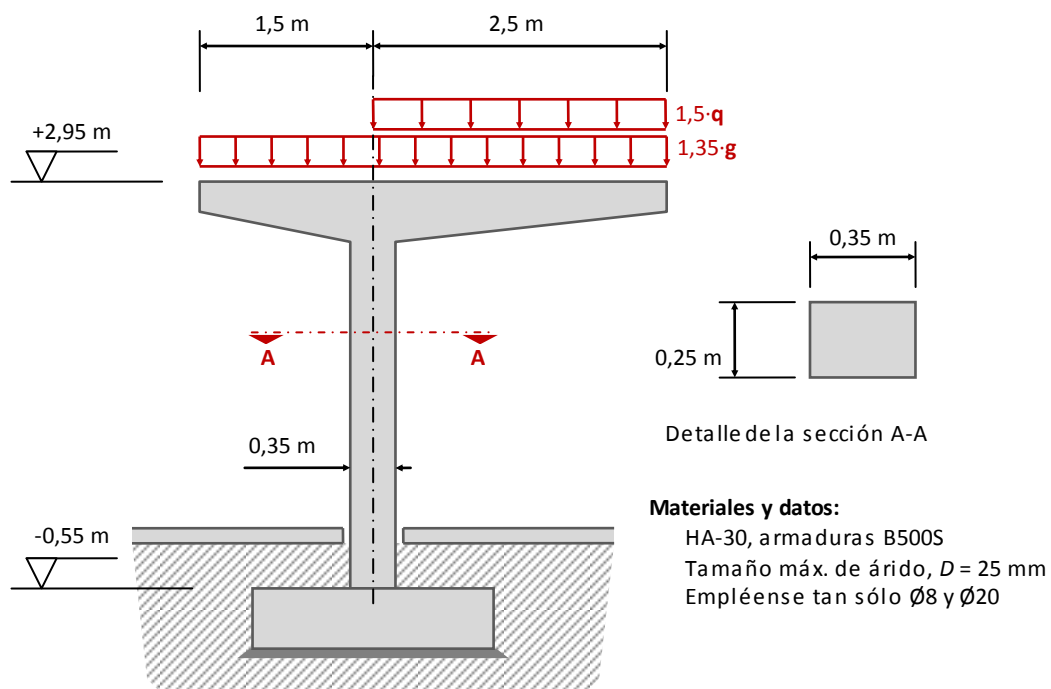


Figura 25

Para la combinación de acciones que se refleja en la figura, se pide:

- Definir las prescripciones de la estructura de hormigón que garanticen el cumplimiento del Estado Límite de Durabilidad (exposición, tipo de cemento, relación agua/cemento, cantidad de cemento y recubrimientos).

- b) Determinar el máximo valor de la sobrecarga q , tal que puedan despreciarse los efectos de segundo orden a la hora de dimensionar el soporte en el plano perpendicular al de la figura. Ajustar convenientemente el resultado a un múltiplo de 5 kN/m.
- c) Para el valor de q determinado en el apartado anterior, comprobar si se pueden despreciar los efectos de segundo orden en el plano de la figura y dimensionar en consecuencia el armado del soporte, comprobando además aquellas disposiciones constructivas relevantes establecidas por la Instrucción.

Problema 29

La estructura representada en la Figura 26 está construida con hormigón armado HA-25 y con armaduras B-400S. Además del peso propio de todos los elementos, se aplica la carga variable q indicada (de valor por determinar). El recubrimiento mecánico es 45 mm para todos los elementos. Se pide:

- a) Sabiendo que el armado de la viga en voladizo consiste en $4\varnothing 16$ en la cara superior y $2\varnothing 16$ en la inferior, determinar el valor característico máximo que puede tomar la carga q .
- b) Para el valor característico de q obtenido en el apartado anterior, dimensionar el armado del soporte. Tan sólo se dispone para ello de redondos $\varnothing 8$, $\varnothing 16$ ó $\varnothing 25$.

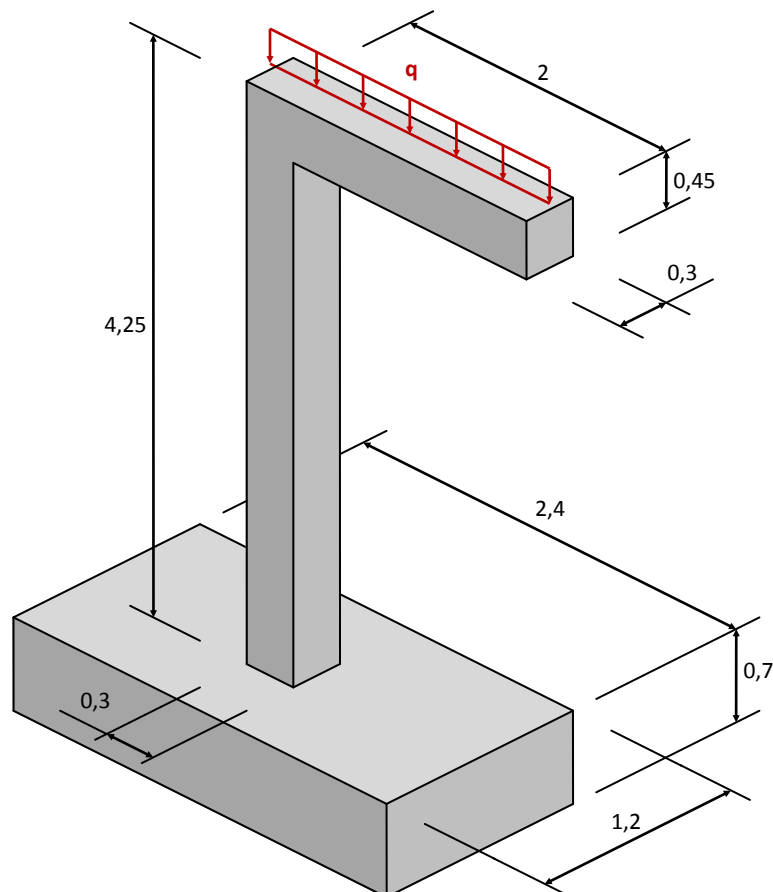


Figura 26

Problema 30

En una obra de un aparcamiento subterráneo se prevé diseñar un apuntalamiento para los muros laterales mediante elementos de hormigón armado de sección rectangular de ancho $b = 65$ cm y canto $h = 100$ cm. Estos elementos de apuntalamiento se colocan cada 10 m de longitud de muro y pueden ser empleados posteriormente como elementos resistentes de apoyo del forjado. En la primera fase de la obra, los puntales se encuentran apoyados en los muros (ver Figura 27), los cuales les transmiten un axil mayorado $N_d = 5000$ kN.

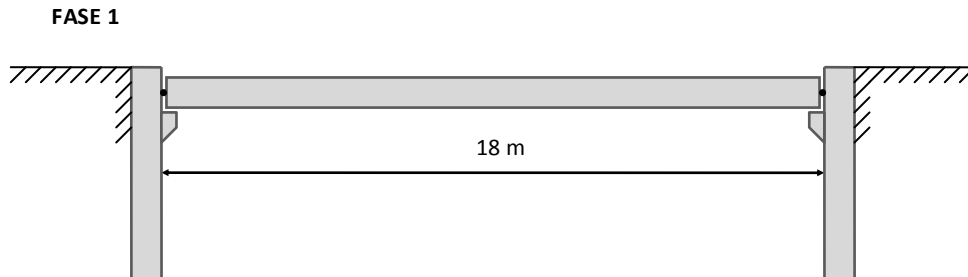


Figura 27

Posteriormente se ejecuta un pilar central en el que apoyan los apuntalamientos, sobre los cuales se construye a continuación el forjado de superficie (Figura 28). Este forjado transmite unas cargas permanentes y variables de 3 kN/m² y 4 kN/m², respectivamente. En esta fase se puede despreciar el empuje de los muros sobre los apuntalamientos.

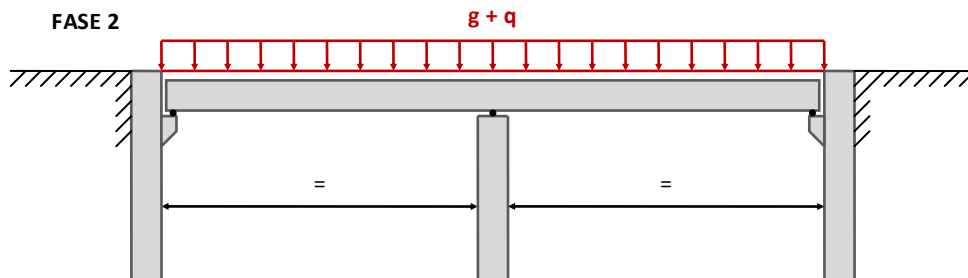


Figura 28

Se pide proponer un esquema acotado de armado longitudinal y transversal para el apuntalamiento, calculando separadamente:

- Armadura longitudinal necesaria para la primera fase de trabajo.
- Armadura longitudinal necesaria para la segunda fase de trabajo, con una única reducción de armadura si fuera necesario.
- Armadura transversal necesaria, empleando adecuadamente dos separaciones diferentes entre estribos.

Datos adicionales:

- Materiales: HA-30 y B500S, recubrimiento mecánico de 50 mm.
- No se considerará el peso propio de la viga en ninguna de las operaciones.
- Sólo se emplearán redondos $\varnothing 8$, $\varnothing 10$, $\varnothing 20$ y $\varnothing 25$.

Problema 31

La Figura 29 representa el esquema estructural de un pórtico resuelto con un dintel prefabricado de 10 m que apoya simplemente sobre las ménsulas de dos soportes construidos "in situ". El nivel de control de ejecución para todos los elementos es normal. Las cargas que recibe la jácena son las siguientes:

- $G = 9 \text{ kN/m}$ (incluye el peso propio de la jácena)
- $Q_1 = 60 \text{ kN}$ (tren de cargas de un polipasto; sobrecarga dominante; $\Psi_{2,1} = 0,2$)
- $Q_2 = 5 \text{ kN/m}$ (sobrecarga de uso; $\Psi_{0,2} = 0$; $\Psi_{2,2} = 0$)
- $Q_3 = 0,2 \text{ kN/m}$ (sobrecarga de acumulación de nieve; $\Psi_{0,3} = 0,5$; $\Psi_{2,3} = 0$)

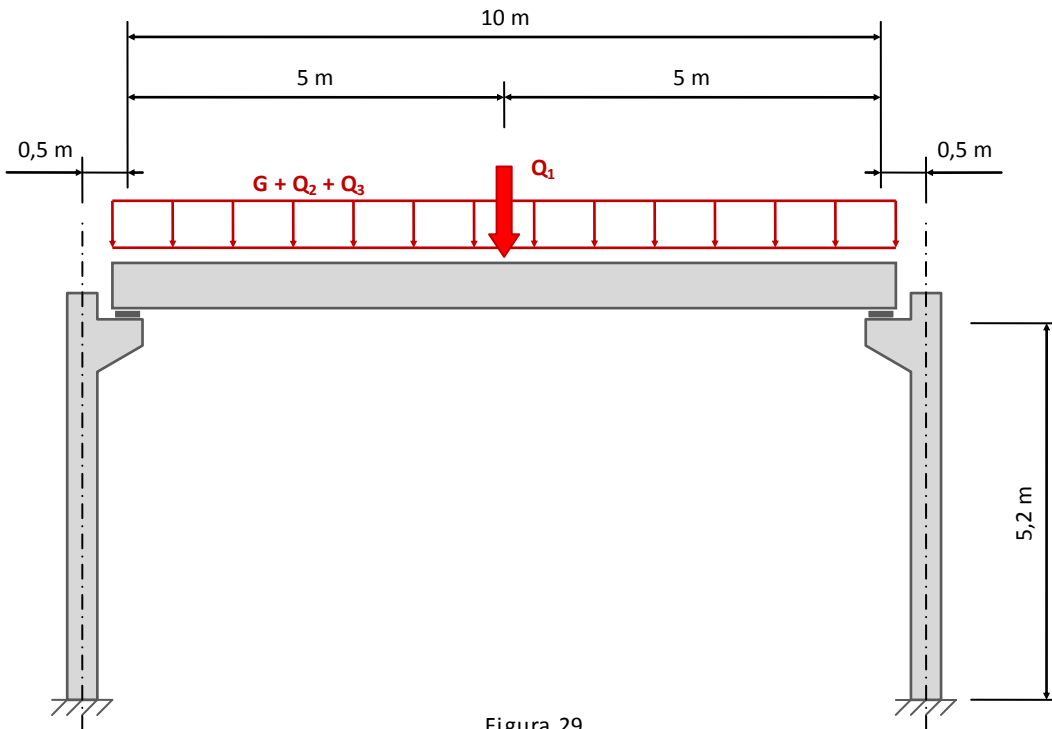


Figura 29

La sección transversal de la jácena es rectangular, de anchura 400 mm y canto 770 mm. La sección transversal de cada soporte es cuadrada de 400x400 mm y su comportamiento en el plano de la figura equivale al de una columna empotrada en su base y libre en su parte superior. El peso total de cada soporte, incluyendo la ménsula, se estima en 22 kN (valor característico). La clase general de exposición es IIa para todos los elementos. Se especifica HA-30 tanto para la jácena prefabricada como para los soportes y se dispone de redondos de acero B500S de diámetros $\varnothing 6$, $\varnothing 12$ y $\varnothing 20$. Se pide:

- Despiece completo y acotado del armado longitudinal de la jácena prefabricada. Al menos la mitad de la armadura de tracción debe prolongarse hasta los extremos.
- Diseño del armado transversal de la jácena.
- Comprobación del ELS de fisuración en el punto de máxima flexión de la jácena.
- Dimensionamiento de las ménsulas cortas, sabiendo que se hormigonan a la vez que los soportes.
- Diagramas de esfuerzos de los soportes, en ELU.
- Diseño del armado longitudinal y transversal de los soportes de hormigón "in situ".

Problema 32

El muro de hormigón de 30 cm de espesor cuya sección se representa en la Figura 30 sirve de elemento de contención para un depósito de agua clorada lleno hasta una altura de 3,5 m y puede considerarse infinitamente largo. Los materiales son HA-30 y armaduras B500S. El armado vertical en la base del muro está formado por redondos $\varnothing 12$ cada 100 mm en cada cara. Se pide:

- Determinar el recubrimiento de las armaduras a indicar en los planos del proyecto.
- Comprobar los ELU de flexión y cortante en las secciones más solicitadas del alzado del muro
- Comprobar el ELS de fisuración.

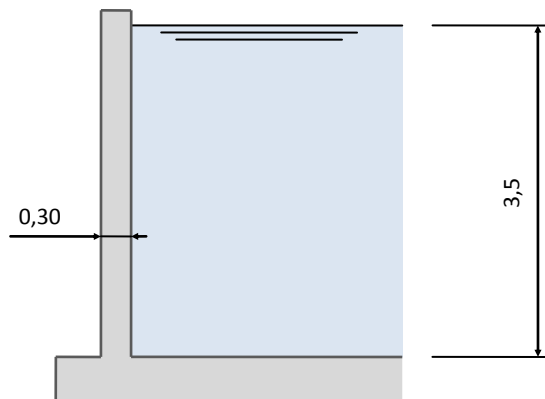


Figura 30

Problema 33

Una viga de 5,5 m simplemente apoyada recibe una carga permanente de valor 25 kN/m y otra variable de valor 6,6 kN/m. La fracción cuasi-permanente de esta última es $\psi_2 = 0$. El momento de inercia equivalente de la viga, según el método Branson, es $I_e = 8,75 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$ y el módulo de elasticidad del hormigón es $E_c = 30000 \text{ N/mm}^2$. Sabiendo que la carga permanente se aplica tras el descimbrado, un mes después del hormigonado, calcular la flecha a tiempo infinito.

Problema 34

La viga de la Figura 31 está sometida a una carga permanente $g = 40 \text{ kN/m}$ (que ya incluye el peso propio de la viga) y a otra carga variable $q = 20 \text{ kN/m}$, de la cual puede suponerse que el 50% es cuasi-permanente.

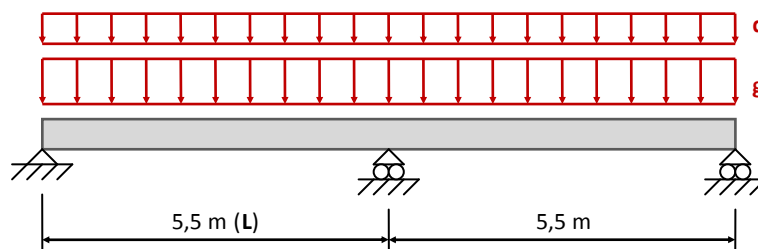


Figura 31

Dicha viga está construida con un hormigón HA-30/P/20/I y acero B500SD y su sección transversal tiene un ancho $b = 1$ m y un canto $h = 0,30$ m. El recubrimiento mecánico es 45 mm y el despiece aproximado del armado longitudinal se recoge en la Figura 32.

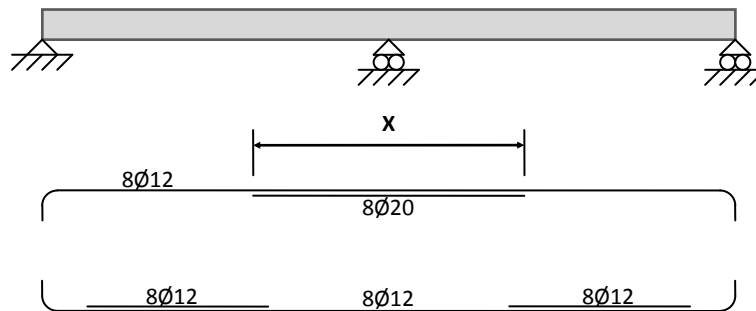


Figura 32

La inercia fisurada de las secciones centrales de cada vano es $I_{f,1} = 5,5 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$ y la inercia fisurada de la sección situada sobre el apoyo medio es $I_{f,2} = 9,06 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$. Se pide:

- a) Obtener la longitud X del refuerzo de negativos sobre el apoyo central.

La viga se descimbra al de un mes de su hormigonado y desde entonces comienza a soportar la carga permanente g . Cuando el hormigón tiene 4 meses de edad se aplica una carga adicional de 15 kN/m durante 2 meses. Al término de esos 2 meses la carga adicional se retira y la viga entra en servicio.

- b) Obtener la flecha total a tiempo infinito y comprobar si se verifica el Estado Límite de Servicio de deformaciones.

Al revisar los planos de ejecución de este elemento estructural antes de proceder a su construcción, se observa que el armado de la sección situada sobre el apoyo medio es muy denso y va a complicar el hormigonado y vibrado. La Dirección Facultativa estima que el refuerzo de negativos indicado es excesivo y sugiere revisar los cálculos tratando de optimizar los refuerzos.

- c) Proponer un nuevo esquema de armado longitudinal sin cotas aplicando un análisis lineal con redistribución de momentos del 30% y empleando redondos de $\varnothing 12$ para los armados base superior e inferior.

Observaciones:

- No se considerará la alternancia de cargas.
- La flecha máxima instantánea en cada vano para una carga distribuida de valor p , se puede calcular con la siguiente expresión:

$$f_{\max} = \frac{p \cdot L^4}{185 \cdot E \cdot I}$$

Problema 35

La viga de la Figura 33 forma parte de un entramado de cierta edificación. Sobre ella recae una acción puntual de 600 kN (combinación de ELU). De acuerdo con un análisis lineal de la estructura, los momentos flectores en los extremos de la viga son los indicados en la citada figura (despreciando el peso propio). Los materiales son hormigón HA-30 y acero B500SD. La sección transversal es rectangular de ancho $b = 400$ mm y con recubrimiento mecánico de 50 mm. El hormigón ha sido fabricado con cemento CEM I y la ejecución se ha controlado con nivel normal.

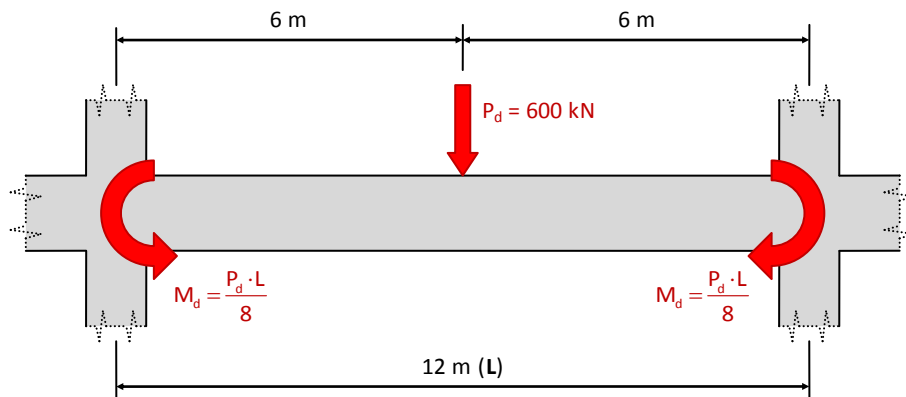


Figura 33

Se pide:

- Obtener los diagramas de esfuerzos flectores y cortantes de la viga (despréciase el peso propio de la viga).
- Si la estructura se encuentra sometida a una exposición ambiental del tipo IIIa, justificar si el recubrimiento mecánico elegido para los cálculos es admisible.
- Calcular el canto total mínimo necesario para que no sea necesario tener en cuenta la contribución de las armaduras de compresión en las secciones más solicitadas de la viga. El resultado deberá ajustarse a un múltiplo de 50 mm.
- A partir del canto obtenido, calcular la armadura longitudinal necesaria y realizar un croquis no acotado del despiece de las armaduras. Realícese el armado con un único escalón de armaduras (armadura base + refuerzo). Empléense únicamente barras $\varnothing 25$.
- Con el mismo canto, calcular la armadura transversal necesaria, empleando una única separación de estribos a lo largo de toda la viga. Empléense únicamente estribos $\varnothing 8$ y separaciones múltiplo de 50 mm.
- Con el mismo canto de los apartados anteriores, proponer un nuevo despiece no acotado del armado longitudinal de la viga de acuerdo con un análisis lineal con la máxima redistribución de momentos que permita el tipo de acero elegido.

Problema 36

Rediseñar el despiece acotado completo del armado longitudinal de cada una de las vigas de la pasarela del Problema 20 de acuerdo con un análisis lineal con la máxima redistribución de momentos que permita el tipo de acero elegido. No es necesario tener en cuenta la alternancia de cargas.

Problema 37

Se desea estudiar el diseño del primer vano interior de una viga de hormigón armado perteneciente al entramado de un edificio (ver Figura 34). Se trata de una viga plana de anchura $b = 80$ cm y canto $h = 30$ cm.

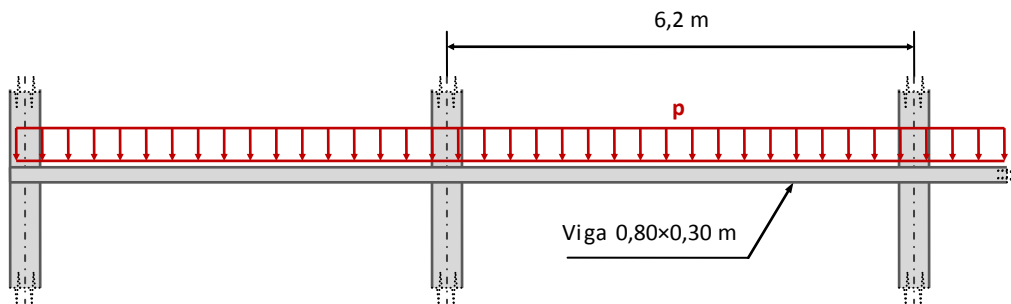


Figura 34

Además de su peso propio, la viga recibe las siguientes cargas:

- Un forjado unidireccional de peso estimado en $3,85 \text{ kN/m}^2$
- Un techo registrable que pesa $0,40 \text{ kN/m}^2$ según catálogo del suministrador
- Una tarima de 2 cm de espesor sobre rastreles recibidos con yeso
- Un ratio de tabiquería de 0,45 metros lineales por m^2 de planta; el peso del tabique se estima en $1,10 \text{ kN}$ por cada m^2 de pared y la altura libre entre plantas es de 3,30 m
- Una sobrecarga de uso correspondiente a zonas administrativas

El ancho tributario de forjado que recibe la viga es 7 m. Los materiales son HA-35 y B500S. El recubrimiento mecánico es 45 mm para todas las armaduras. Las leyes del vano objeto de estudio pueden suponerse iguales a las de una viga bi-empotrada. El armado superior en las secciones extremas lo forman $8\phi 16 + 4\phi 20$; el armado inferior en la zona central del vano lo forman $7\phi 16$. El proceso constructivo de la viga es el siguiente:

- la planta del edificio a la que pertenece la viga sostendrá los apeos y cimbras durante la ejecución del forjado de la planta superior,
- el descimbrado de la viga objeto de estudio se produce un mes después de su hormigonado,
- el descimbrado de la planta superior se produce al de un mes de la operación anterior,
- los acabados y las tabiquerías se ejecutan cuando el hormigón de la viga tiene 4 meses de edad
- y, finalmente, la puesta en servicio del edificio se produce dos meses después de la operación anterior.

Se pide:

- Desglose de cargas aplicadas sobre la viga.
- Determinar si los redondos de armado en la sección de arranque pueden disponerse aislados o deben agruparse.
- Sabiendo que la viga está protegida de la intemperie, comprobar si se cumple el ELS de fisuración en la zona central del vano.
- ¿Podría omitirse la comprobación del Estado Límite de Deformación?
- Representar gráficamente la evolución las cargas aplicadas sobre la viga a lo largo del tiempo e, independientemente de la respuesta al apartado anterior, comprobar el ELS de deformaciones, usando la siguiente expresión para el cálculo de la flecha máxima:

$$f_{\max} = \frac{p \cdot L^4}{360 \cdot E \cdot I}$$

Problema 38

La Figura 35 representa dos vigas gemelas de hormigón armado que soportan un depósito de agua. Las vigas están construidas con hormigón HA-30 y son de sección transversal rectangular de ancho $b = 0,40$ m y canto $h = 0,65$ m. Cada viga está armada con redondos de acero B500S: el armado longitudinal inferior consiste en $5\varnothing 25$ y el armado longitudinal superior lo forman $2\varnothing 25$. Los recubrimientos mecánicos son 60 mm para ambas armaduras.

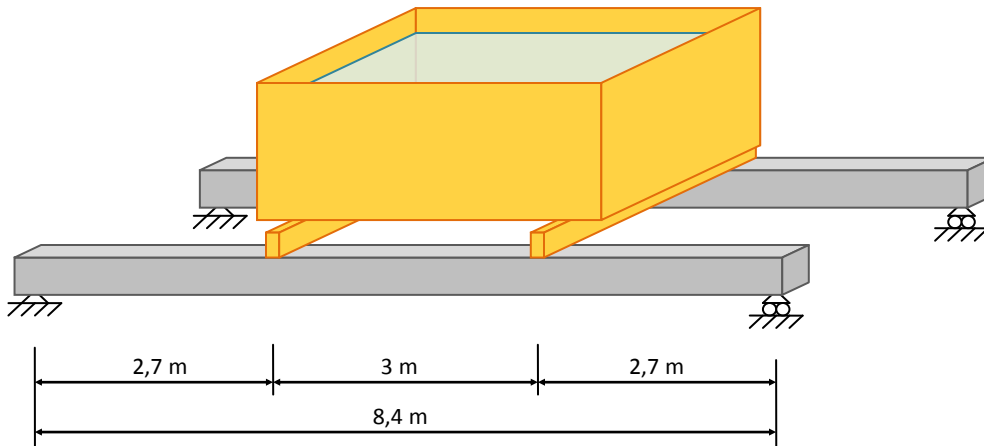


Figura 35

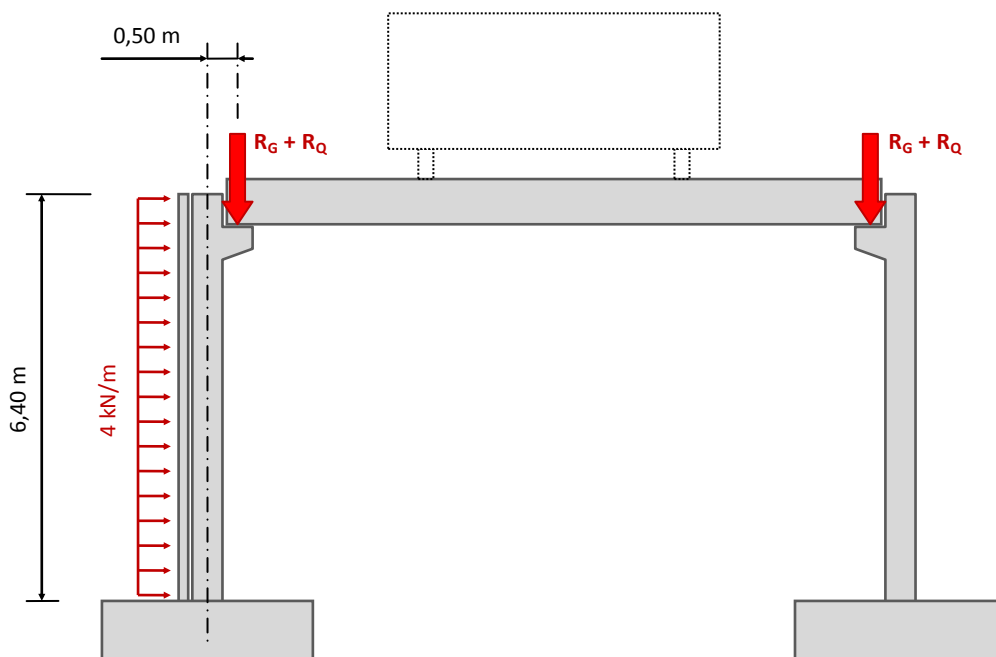


Figura 36

Además del peso propio de las vigas, se debe considerar el del depósito vacío, que se estima en 40 kN. En el valor anterior se incluye el peso de los dos perfiles metálicos que soportan dicho depósito y apoyan sobre las vigas, separados 3 m entre sí.

Por otro lado, cada una de las vigas está simplemente soportada en ambos extremos por dos ménsulas hormigonadas a la vez que unos pilares ejecutados "in situ" con hormigón HA-30 y armaduras B500S (ver Figura 36). La sección transversal de los pilares es cuadrada de lado 450 mm y los recubrimientos mecánicos se estiman en 60 mm. Cada pilar recibe las siguientes cargas:

- las acciones aplicadas sobre la ménsula, las cuales corresponden a la reacción en cada apoyo de cada una de las vigas del ejercicio anterior: R_G corresponde a la parte permanente y R_Q corresponde a la parte variable;
- una sobrecarga de viento que puede modelizarse mediante una distribución uniforme de cargas de valor 4 kN/m cuando el pilar sostiene la fachada de barlovento;
- el peso propio del pilar y el de la ménsula se pueden despreciar.

Los coeficientes de simultaneidad para el almacenamiento de agua son $\Psi_0 = 1$, $\Psi_1 = 0,9$ y $\Psi_2 = 0,8$. Los coeficientes de simultaneidad para el viento son los definidos en el CTE. Puede suponerse que cada soporte se comporta como una columna empotrada-libre en el plano de la figura, mientras que el pandeo estará impedido en el plano perpendicular. Se pide:

- Teniendo en cuenta exclusivamente la resistencia a flexión de las vigas, ¿qué volumen de agua podría almacenarse en el depósito?
- Sabiendo que el descimbrado de las vigas tendrá lugar un mes después de su hormigonado y que la instalación y llenado del depósito se efectuarán cinco meses después de la operación anterior, calcular la flecha total a largo plazo y comprobar el ELS de deformaciones.
- Comprobar el ELS de fisuración, sabiendo que la exposición es IIIa-Qa.
- Diagramas de esfuerzos del pilar de barlovento correspondientes a la combinación que produce el máximo momento flector en su base y dimensionamiento del armado empleando redondos $\varnothing 25$ y estribos de diámetro adecuado.
- Dimensionamiento del canto y el armado de las ménsulas cortas.

Problema 39

El pórtico de la Figura 37 está construido con hormigón HA-40 y acero B500SD y está sometido a las siguientes acciones aplicadas en el dintel: carga permanente (g) igual al peso propio del dintel más una carga de 45 kN/m; carga variable (q) de valor 18 kN/m y de la que se conoce el coeficiente $\Psi_2 = 0,6$.

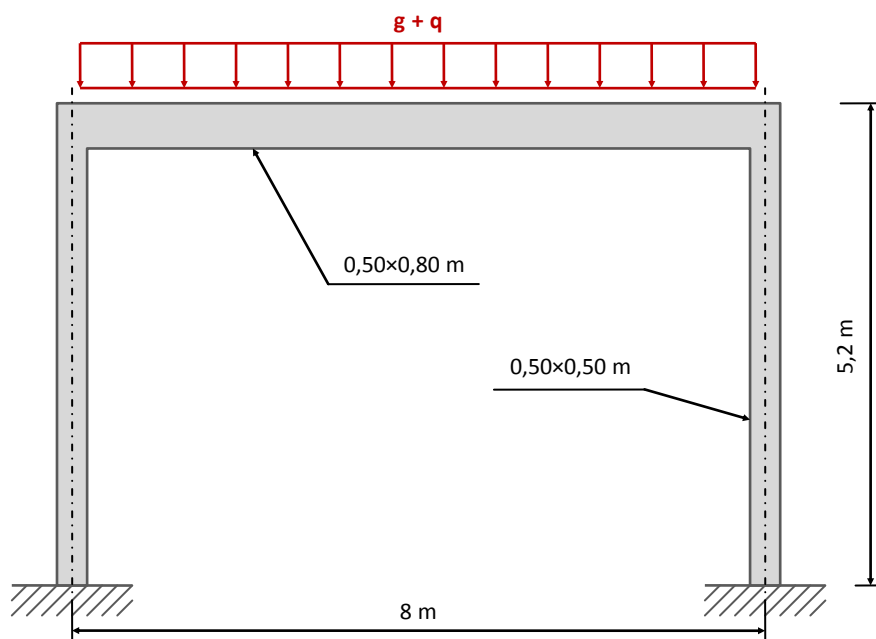


Figura 37

Se conoce además la propuesta de armado longitudinal del dintel, recogida en la Figura 38:

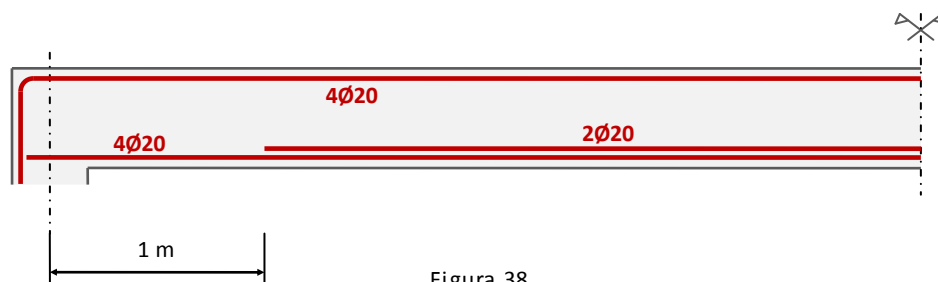


Figura 38

Se pide:

- Comprobar el armado longitudinal del dintel: resistencia a flexión, cuantías, separaciones.
- Comprobar si está bien elegido el escalón de despiece de la armadura inferior del dintel.
- Demostrar que para cumplir la cuantía mecánica de armado transversal, la separación entre estribos debe cumplir la siguiente inecuación:

$$s_t \leq \frac{7,5 \cdot U_{st}}{b_0 \cdot f_{ct,m}}$$

siendo U_{st} la capacidad mecánica de todas las ramas de armado transversal que forman el estribo.

- Dimensionar el armado transversal del dintel.
- Determinar los diagramas de esfuerzos de uno cualquiera de los pilares.
- ¿Se pueden despreciar los efectos de segundo orden en el dimensionamiento del soporte?
- ¿Qué disposiciones de armado deben cumplir los estribos del soporte?
- En un soporte cuadrado, ¿a cuántas ramas de armadura transversal equivaldría un estribo orientado en rombo?
- Definir el armado longitudinal y transversal del pilar.
- Comprobar el ELS de fisuración en la sección central del dintel.

Datos adicionales:

- En la Figura 39 se resuelve la hiperestaticidad del pórtico.
- Empléense estribos de $\varnothing 8$ en el armado transversal de la viga y del pilar.
- El pórtico se considerará traslacional en su plano.
- El pandeo de los pilares en el plano perpendicular al pórtico está impedido.
- El recubrimiento mecánico de las armaduras longitudinales de todos los elementos es 5 cm.
- Considérese que el dintel está protegido de la intemperie.

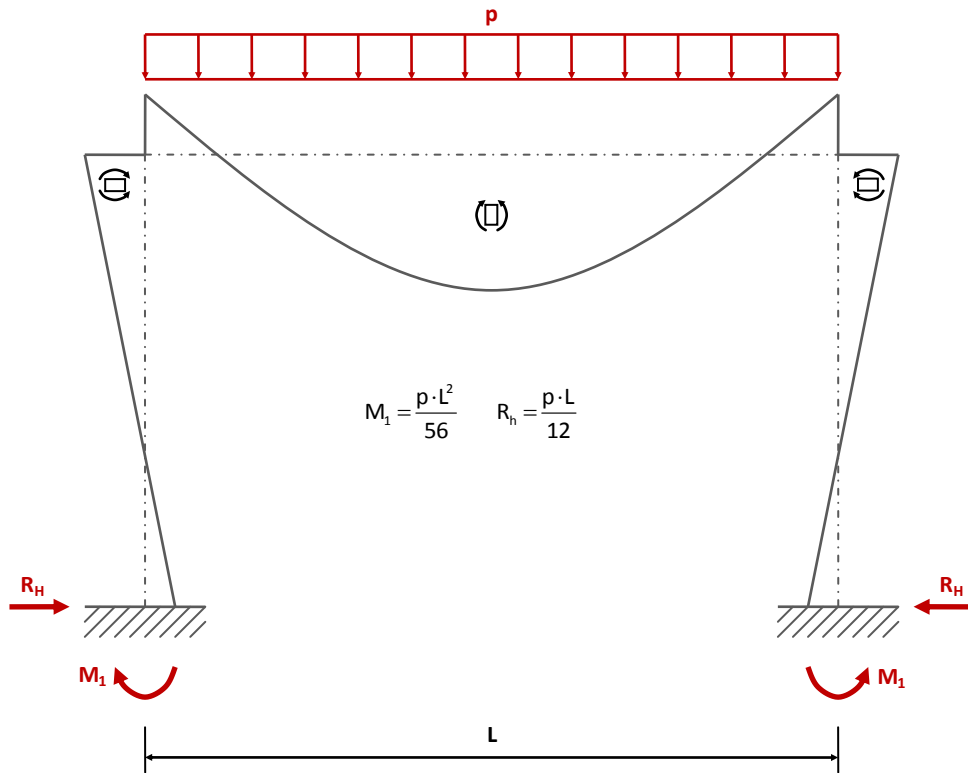


Figura 39

Problema 40

Comprobar y completar el dimensionamiento del elemento de cimentación definido en el Problema 29.

Problema 41

La cimentación representada en la Figura 40 está sometida a las siguientes cargas:

- acciones permanentes: $N_g = 800 \text{ kN}$; $M_g = 100 \text{ mkN}$; $V_g = 35 \text{ kN}$
- acciones variables: $N_q = 400 \text{ kN}$; $M_q = 50 \text{ mkN}$; $V_q = 15 \text{ kN}$

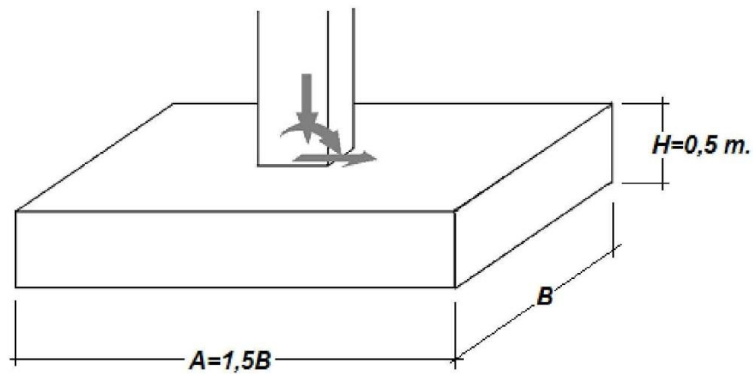


Figura 40

Sabiendo que el terreno admite una tensión de hasta 175 kN/m^2 , que el soporte es cuadrado de sección $40 \times 40 \text{ cm}$, que los materiales empleados son HA-25 y B500S y tomando un valor de 5 cm para el recubrimiento mecánico de las armaduras, se pide:

- Diseñar la zapata necesaria atendiendo a los criterios de geotécnicos y de estabilidad.
- Dimensionar el armado de dicha zapata.
- Realizar todas las demás comprobaciones que se estimen oportunas.
- En el caso de que resulte flexible, aumentar el canto hasta que sea rígida y calcular la armadura de ese modo.

Problema 42

La Figura 41 representa el pórtico tipo de la estructura de uno de los edificios de aparcamiento de un centro comercial en la ciudad de Murcia. La separación entre pórticos es de $8,6 \text{ m}$. El forjado de la planta elevada se resuelve con losas alveolares pretensadas y capa compresora, con un peso total de $5,8 \text{ kN/m}^2$. Las losas alveolares están soportadas por vigas prefabricadas de sección en T, cuyo peso lineal es de 8 kN/m . Por otro lado, el peso de la pavimentación de la planta superior se estima en $1,2 \text{ kN/m}^2$. Las vigas en T apoyan sobre las ménsulas de unos soportes ejecutados "in situ". Las placas de apoyo de las vigas sobre las ménsulas son cuadradas de 20 cm de lado. Los soportes son de sección transversal cuadrada de 400 mm de lado y el ancho de las ménsulas es el mismo que el de estos soportes.

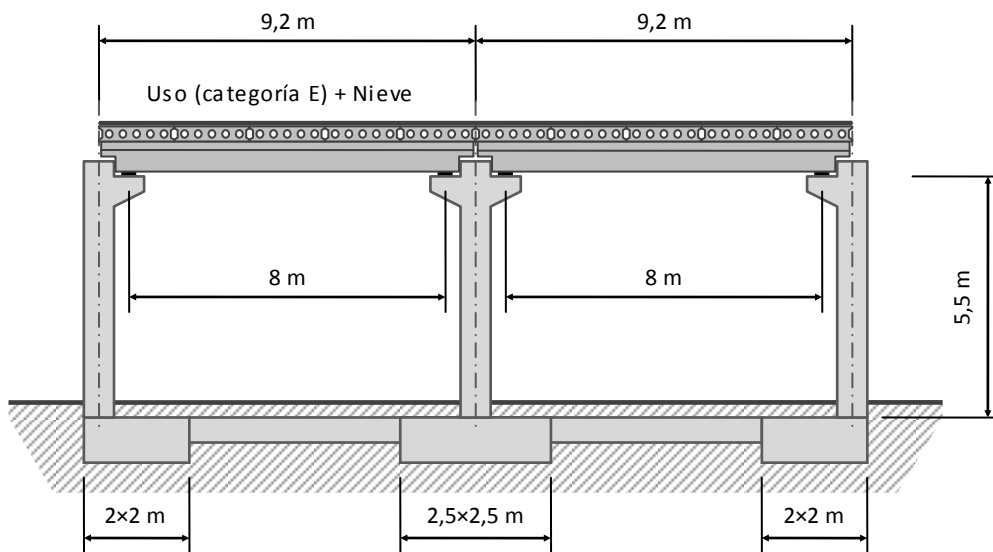


Figura 41

Se dispone además de los siguientes datos adicionales:

- Hormigón HA-30
- Armaduras B500SD
- Recubrimiento mecánico para todos los elementos, $d' = 50 \text{ mm}$
- Tensión admisible del terreno de apoyo: 150 kN/m^2
- Canto de todas las zapatas: 80 cm
- Ancho de la viga centradora: 40 cm

Se pide:

- Dimensionamiento de las ménsulas, sabiendo que se hormigonan tras el endurecimiento del hormigón del soporte, asegurando una buena rugosidad mediante

una resina para hormigones de diferente edad. Deben indicarse todas las dimensiones y el armado completo

- Comprobar la cimentación elegida, resuelta con zapata de medianería con viga centradora
- Dimensionar la viga centradora, justificando adecuadamente la definición de su canto y del armado longitudinal de la sección más solicitada

Problema 43

Se desea dimensionar una cimentación profunda mediante encepado y dos pilotes (ver Figura 42) para un soporte de hormigón armado de 350×350 mm que transmite las siguientes acciones características sobre el cemento:

$$\begin{aligned} N_g &= 800 \text{ kN} & M_g &= 160 \text{ mkN} & V_g &= 80 \text{ kN} \\ N_q &= 400 \text{ kN} & M_q &= 80 \text{ mkN} & V_q &= 40 \text{ kN} \end{aligned}$$

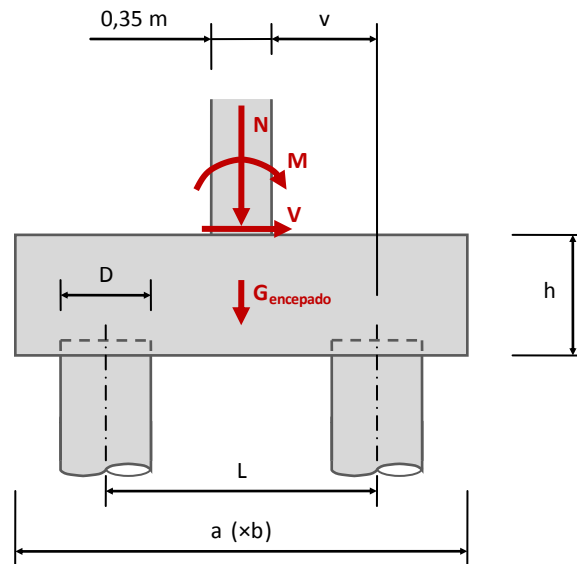


Figura 42

Los pilotes son perforados con ayuda de lodos tixotrópicos y se construyen hasta su apoyo en un sustrato firme. Se emplea hormigón HA-30 y acero B500S.

El diseño comprende elección del diámetro nominal de los pilotes (350 mm, 450 mm, 550 mm ó 650 mm), el dimensionamiento del encepado y comprobación del tope estructural de los pilotes de acuerdo con el CTE, el armado de los pilotes de acuerdo con la EHE-08, el armado principal del encepado y la comprobación de anclaje de dicha armadura principal.

Problema 44

La Figura 43 representa parte del esquema estructural de un centro comercial. Las jácenas de cubierta, de 12 m de luz, son de madera laminada y apoyan simplemente sobre las ménsulas de unos soportes de hormigón de 5 m de altura. Tanto los soportes como las correspondientes zapatas están ejecutados "in situ". Los valores característicos de las acciones transmitidas por la cubierta (incluyendo el peso de las jácenas) son $G = 8 \text{ kN/m}$ y $Q = 5 \text{ kN/m}$.

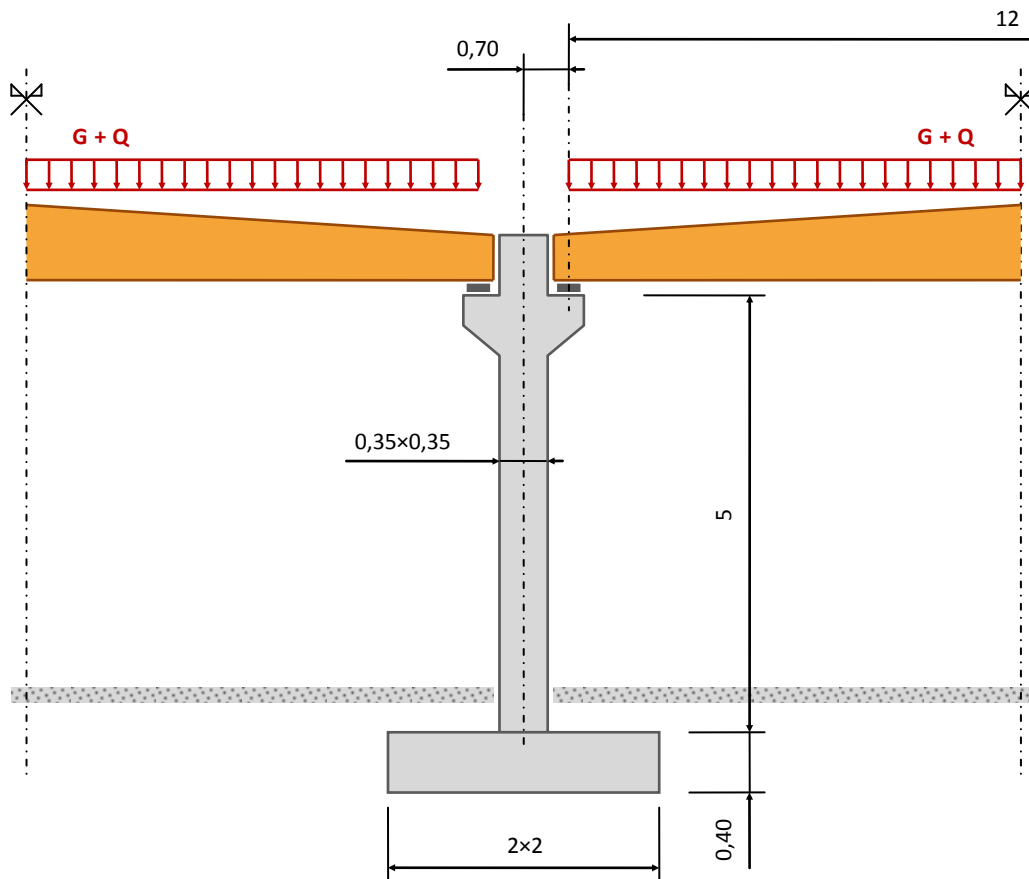


Figura 43

Teniendo en cuenta la alternancia de las cargas aplicadas sobre la cubierta, se pide:

- Justificar convenientemente los recubrimientos en la estructura y en su cimentación.
- Determinación de los diagramas de esfuerzos (axiales y flectores) sobre el soporte indicado en la figura, para posteriores comprobaciones de ELS.
- Determinación de los diagramas de esfuerzos sobre el soporte indicado en la figura, para posteriores comprobaciones de ELU.
- Dimensionamiento del armado longitudinal y transversal del soporte.
- Comprobación y dimensionamiento del armado de la zapata.

Problema 45

Se desea proyectar una nave para un centro comercial, con pilares de hormigón armado de 40×40 cm de sección y altura de 12 m, empotrados en su base y arriostrados en su parte superior por la estructura metálica que apoya sobre ellos. Los materiales son HA-25/B/20/IIb y armaduras B500S. El recubrimiento mecánico es 5 cm para todos los elementos. Cada pilar recibe un axil debido a una acción permanente de 400 kN y una variable de 500 kN, expresadas ambas en valores característicos. En dicha hipótesis se pide:

- Calcular el armado longitudinal y transversal necesario en cada soporte empleando redondos de diámetro $\varnothing 6$ y $\varnothing 12$. Representar una sección del soporte con su armado completo.
- Sabiendo que la tensión admisible del sustrato de apoyo es 200 kPa, dimensionar la zapata aislada para cada soporte, con la condición de que sea rígida, con un canto de al menos 50 cm y empleando barras corrugadas de diámetro $\varnothing 16$.

Problema 46

La estructura de la Figura 44 forma parte de una marquesina para una parada del TRAM. La losa superior le transmite a cada pilar unos esfuerzos de cálculo (ELU) de valores $N_d = 400$ kN y $M_d = 100$ mkN. Cada soporte está empotrado en la cimentación y se comporta como elemento empotrado-libre en el plano de la figura y como elemento bi-empotrado en el plano perpendicular al de la figura. Los materiales elegidos son hormigón HA-25 con armaduras B500S y recubrimiento mecánico de 5 cm. La estructura se va a construir “in situ” con nivel de control normal.

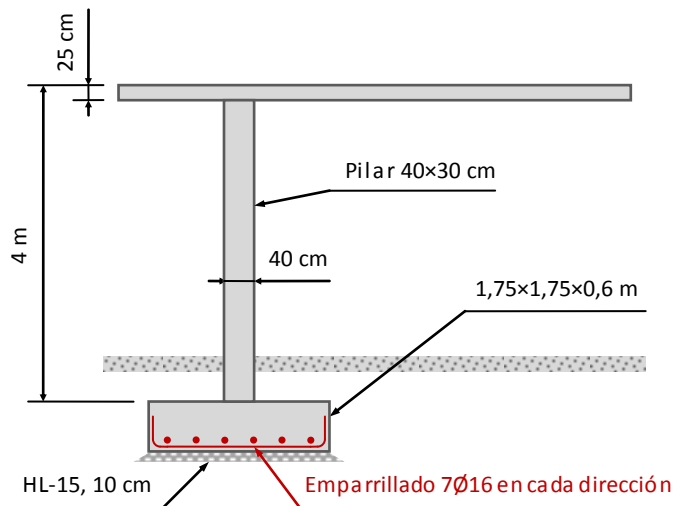


Figura 44

Se pide:

- Calcular la armadura longitudinal de cada soporte empleando exclusivamente redondos $\varnothing 20$. Determinar igualmente el armado transversal con estribos de diámetro adecuado y representar el esquema de armado.
- Por un error de obra, un pilar se ha ejecutado de modo que está girado 90° (tanto las dimensiones de su sección como su armadura). Ante tal problema, se pide comprobar si las armaduras determinadas en el apartado anterior son suficientes.
- También se ha cometido un error en la cimentación: fue proyectada mediante zapatas aisladas de canto 60 cm, pero debido a una interpretación incorrecta de los planos, se les ha descontado 10 cm de la capa de hormigón de limpieza, y su canto ha quedado reducido a 50 cm. Se desea comprobar si el armado indicado en la figura anterior es suficiente para resistir sus esfuerzos.
- Comprobar a punzonamiento la losa superior, armándola adecuadamente si fuera necesario. La cuantía geométrica de armadura en ambas direcciones es del 8 por mil.

Problema 47

La zapata representada en la Figura 45 sirve de elemento de cimentación para dos pilares de uno de los entramados de un edificio. Las acciones en la base de cada uno de ellos, expresadas en valores característicos, se indican en la siguiente tabla:

	Axil (kN)		Momento (mkN)		Cortante (kN)	
	(G)	(Q)	(G)	(Q)	(G)	(Q)
Pilar nº1	720	325	255	210	25	12
Pilar nº2	380	175	120	110	15	8

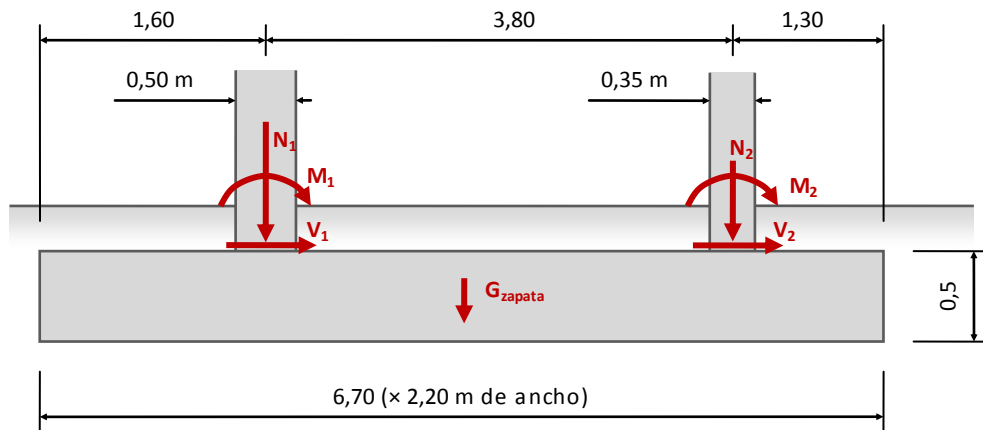


Figura 45

El sustrato de apoyo de la zapata es una arena limosa de la que se conoce su tensión admisible (180 kN/m^2) y su módulo de balasto para placa de 30 cm (42000 kN/m^3). Se pide:

- Demostrar que la zapata anterior puede considerarse rígida frente al terreno de apoyo.
- Comprobar su seguridad frente a hundimiento.
- Sabiendo que va a fabricarse con HA-25 y armaduras B500S, con recubrimiento mecánico de 5 cm , determinar el armado longitudinal de la zapata, así como el transversal si fuese necesario.

Problema 48

Dado el muro de contención representado en la Figura 46, se pide dimensionar el armado de la sección más solicitada a flexión, sabiendo que se va a construir con hormigón HA-30 y armaduras B500S (con recubrimiento mecánico de $4,5 \text{ cm}$) y que el material del trasdós es un relleno con un peso específico de 20 kN/m^3 y un ángulo de rozamiento interno de 33° .

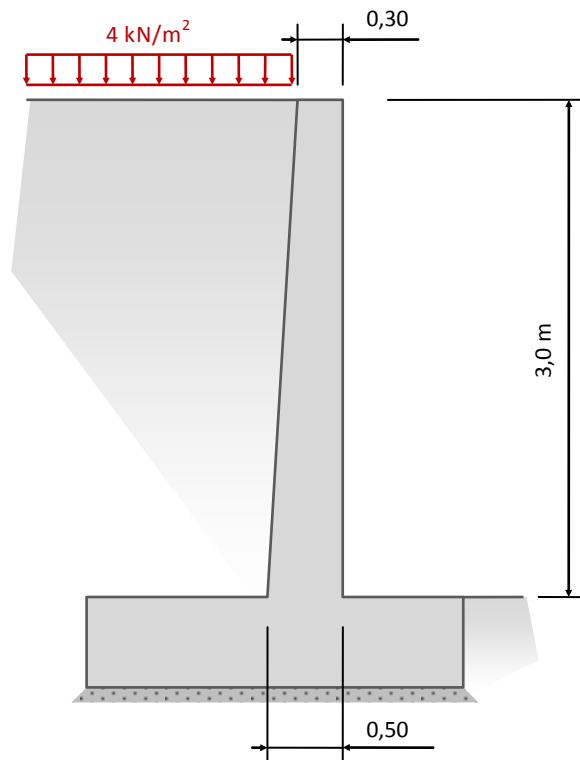


Figura 46

Problema 49

Para poder cimentar adecuadamente un depósito de abastecimiento de agua a una población se necesita construir un muro de contención en L con las dimensiones indicadas en la Figura 47. Sabiendo que la sobrecarga superficial transmitida por el depósito al relleno será de 50 kN/m^2 y que ésta se puede considerar como una acción permanente, se pide:

- Determinar el valor de **B** para que se satisfagan las condiciones de hundimiento, vuelco y deslizamiento del muro.
- Calcular y representar gráficamente el armado completo del muro, dimensionando el talón con el mismo momento flector máximo de cálculo obtenido en el alzado, empleando únicamente armaduras $\varnothing 25$ y $\varnothing 12$.
- Comprobar el ELS de fisuración en el alzado. En caso de no verificarse, indicar qué medidas se podrían tomar para lograr su cumplimiento.

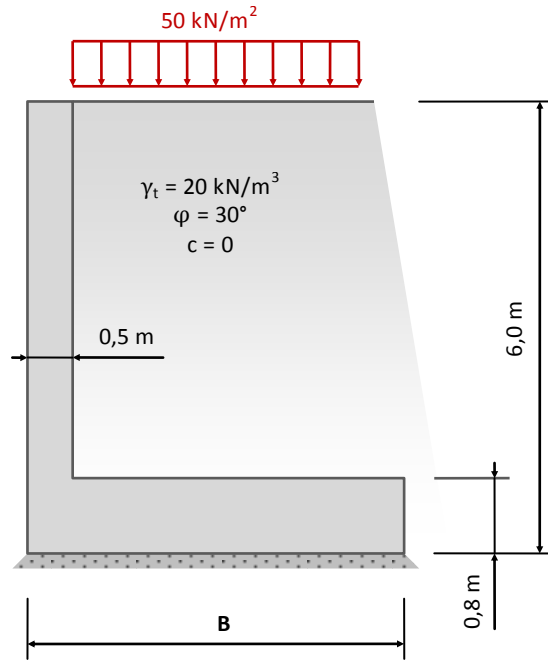


Figura 47

Problema 50

El nuevo edificio de laboratorios de construcción de la Escuela Politécnica Superior consta de dos muros laterales sobre los que se apoya el forjado de cubierta, que transmite a cada uno una carga de tipo variable de valor característico $N_k = 50 \text{ kN pml}$. Realmente, esta carga se recibe a través de ménsulas cortas de 40 cm de anchura dispuestas cada 8 m. Uno de los muros se emplea también para contener las tierras de un desnivel existente, según se muestra en la Figura 48.

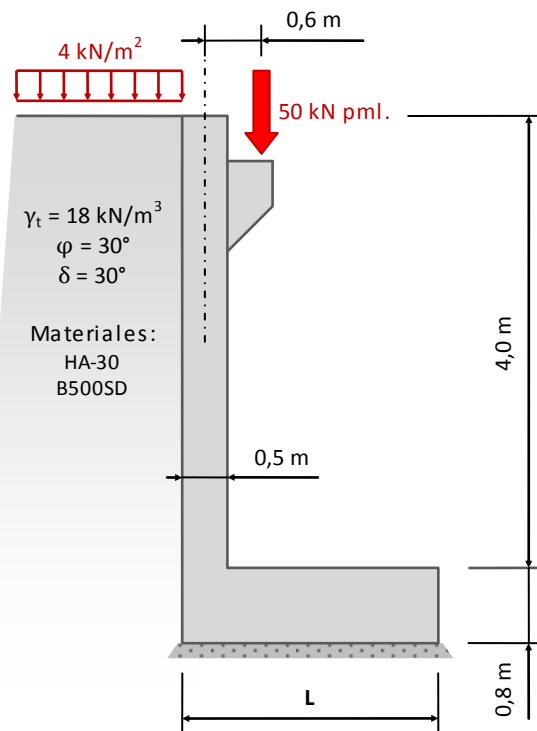


Figura 48

Del citado muro, se pide:

- Determinar justificadamente la longitud **L** de la puntera, de tal forma que se satisfagan las condiciones de estabilidad frente a vuelco y a deslizamiento.
- Para dicha longitud, hallar la mínima tensión admisible del terreno necesaria para evitar el hundimiento del muro.
- Dimensionar la geometría y armado de la ménsula corta, considerando que se ejecutará posteriormente al hormigonado del alzado disponiendo una junta rugosa. Empleéense únicamente redondos $\varnothing 10$ y $\varnothing 20$.

SOLUCIONES A PROBLEMAS SELECCIONADOS**Problema 1**

- a) En azotea: $g = 4,56 \text{ kN/m}^2$, $q_{\text{uso}} = 1 \text{ kN/m}^2$, $q_{\text{nieve}} = 0,20 \text{ kN/m}^2$
 En P1-P4: $g = 5,61 \text{ kN/m}^2$, $q_{\text{uso}} = 3 \text{ kN/m}^2$
- b) Viga de azotea: $g = 30 \text{ kN/m}$, $q_{\text{uso}} = 5,6 \text{ kN/m}$, $q_{\text{nieve}} = 1,12 \text{ kN/m}$
 Viga de P1-P4: $g = 35,9 \text{ kN/m}$, $q_{\text{uso}} = 16,8 \text{ kN/m}$
- c) Junto a pilar de fachada: $M_d \approx -236,5 \text{ mkN}$, $V_d \approx 280,1 \text{ kN}$
 En zona central del vano: $M_d \approx +304,1 \text{ mkN}$
 Junto a pilar interior: $M_d \approx -473,0 \text{ mkN}$, $V_d \approx -322,1 \text{ kN}$
- d) Esfuerzos en la base: $N_d \approx 3016 \text{ kN}$, $M_d \approx 0$, $V_d \approx 0$
- e) Esfuerzos en la base: $N_d \approx 1365 \text{ kN}$, $M_d \approx 60,8 \text{ mkN}$, $V_d \approx 42,4 \text{ kN}$

Problema 2

- a) Reacciones extremas en 1: $58,0 \text{ kN}$ / 124 kN
 Reacciones extremas en 2: 193 kN / 413 kN
 Momento positivo máximo: $+151 \text{ mkN}$ (a $2,44 \text{ m}$ del apoyo libre)
 Momento negativo máximo: -269 mkN (sobre el apoyo central)
- b) Momento positivo máximo: $79,6 \text{ mkN}$ (a $2,44 \text{ m}$ del apoyo libre)
 Momento negativo máximo: -142 mkN (sobre el apoyo central)

Problema 3

- a) Reacciones extremas en 1: $50,3 \text{ kN}$ / 132 kN
 Reacciones extremas en 2: 193 kN / 413 kN
 Momento positivo máximo: $+171 \text{ mkN}$ (a $2,59 \text{ m}$ del apoyo libre)
 Momento negativo máximo: -269 mkN (sobre el apoyo central)
- b) Momento positivo máximo: $82,5 \text{ mkN}$ (a $2,48 \text{ m}$ del apoyo libre)
 Momento negativo máximo: -142 mkN (sobre el apoyo central)

Problema 4

Ley de momentos negativos más desfavorables en el vano: $30,2 \cdot x - 6,75 \cdot x^2$
 Ley de momentos positivos más desfavorables en el vano: $50,2 \cdot x - 10,5 \cdot x^2$
 (la coordenada x se mide en el vano con origen en el extremo izquierdo)

Máximo momento negativo de cálculo: $-17,75 \text{ mkN}$ (sobre el apoyo 2)
 Cortante concomitante: $-37,3 \text{ kN}$ / $+27,3 \text{ kN}$

Máximo momento positivo de cálculo: $+60,0 \text{ mkN}$ (a $2,39 \text{ m}$ del apoyo 1)
 Cortante concomitante: 0 kN

Problema 6

Máximo axil de cálculo: $N_{d,\text{máx}} = 306,6 \text{ kN}$... $M_{d,\text{con}} = 0$; $V_{d,\text{con}} = 0$
 Mínimo axil de cálculo: $N_{d,\text{mín}} = -100,5 \text{ kN}$... $M_{d,\text{con}} = 11,34 \text{ mkN}$; $V_{d,\text{con}} = 4,13 \text{ kN}$
 Máximo momento flector: $M_{d,\text{máx}} = 203,5 \text{ mkN}$... $N_{d,\text{con}} = 186 \text{ kN}$; $V_{d,\text{con}} = 37 \text{ kN}$

Problema 7

$Q \leq 28,4$ kN (sólo se considera succión del viento en el vano, porque se estima más desfavorable que si “empujase” hacia abajo en el voladizo).

Problema 8

La longitud **V** debe ser de, por lo menos, 7,60 m y no mayor de 15,1 m.

Problema 9

- 40398 mm² de área de armadura en tracción.
- Si se emplea B400S, hacen falta 14309 mm² en tracción y 1855 mm² en compresión.

Problema 10

- $\epsilon_{s1} = -4,94\%$ / momento de agotamiento: 497 mkN / hacen falta 2468 mm² de armadura en tracción
- $\epsilon_{s1} = -1,55\%$ / momento de agotamiento: 720,6 mkN / hacen falta 5797 mm² de armadura en tracción
- Momento límite: 674 mkN
- Hacen falta 1899 mm² de armadura en tracción.
- Resistencia a flexión: 320,2 mkN
- Resistencia a flexión: 331,8 mkN

Problema 11

La sobrecarga variable no deberá superar el valor de 41,8 kN/m.

Problema 12

Si se tiene en cuenta la armadura de compresión, la viga resiste. Pero si se desprecia su contribución, la viga no tiene armadura suficiente. Por otro lado, si las armaduras longitudinales se pusieran al revés, la carga variable puntual no debería superar 34,6 kN.

Problema 13

- $M_{d,m\acute{a}x} = 209,5$ mkN
- Armadura de tracción formada por 6 \emptyset 16 ó 4 \emptyset 20.
- $M_{k,m\acute{a}x} = 67,6$ mkN

Problema 14

El canto de la viga deberá ser de 25 cm, para evitar el dominio 4 sin necesidad de la contribución de las armaduras de compresión en las secciones. El armado base superior lo formarán 2 \emptyset 12 y se reforzarán con 1 \emptyset 12 en el voladizo y la zona contigua del vano. El armado base inferior lo formarán 3 \emptyset 12 y se reforzarán con 3 \emptyset 20 en la zona más solicitada a flexión positiva.

Problema 17

Armado base superior de $4\phi 12$, reforzados con otros $8\phi 12$ en la zona del empotramiento y sus proximidades; armado base inferior de $2\phi 16$, reforzados con otros $2\phi 16$ entre el apoyo simple y la zona central del vano; armado transversal a base de estribos de $\phi 8$ cada 30 cm, pero en las proximidades del empotramiento pasa a $\phi 8$ cada 15 cm.

Problema 19

- A partir de un momento flector de cálculo de 513 mkN
- $X_a = 1,1$ m ; $X_b = 4,6$ m ; $X_c = 1,7$ m

Problema 26

- Se pueden despreciar hasta un valor de N_d de 225,5 kN.
- Los efectos de segundo orden no se podrían despreciar; la excentricidad total de cálculo sería 1,70 m.

Problema 28

- Clase IIb, vida útil de 50 años, cemento Pórtland sin adiciones, recubrimiento mínimo de 20 mm, nominal de 30 mm, mecánico de 48 mm, 300 kg/m^3 de contenido mínimo de cemento, máxima relación a/c de 0,55.
- 10 kN/m.
- No se pueden despreciar los efectos de segundo orden; el armado longitudinal resultante es 4 $\phi 20$ en cada una de las caras de 25 cm, más doble estribo de $\phi 8$ cada 20 cm.

Problema 32

- Clase de exposición IV, recubrimiento nominal de 45 mm para 50 años de vida útil y cemento III/A; recubrimiento mecánico de 51 mm.
- Los estados límites de agotamiento frente a solicitaciones normales y transversales se cumplen; el empuje hidrostático se trata como una carga variable.
- Si se supone que el 100% del volumen de agua almacenable es cuasi-permanente, la abertura máxima de fisura se estima en 0,278 mm y el muro no cumple el Estado Límite de Servicio de fisuración. Si el armado fuera de $\phi 16$ cada 100 cm, sí se cumpliría el ELS de fisuración (tanto en tracción como en compresión).

Problema 34

- $X = 2,8$ m
- Flecha instantánea debida a cargas de larga duración: 11,4 mm ; flecha diferida debida a cargas de larga duración: 12 mm ; flecha instantánea debida a cargas de corta duración: 2,3 mm ; flecha total: 25,7 mm ; no se verifica el ELS de deformaciones.
- El armado base superior pasa a $9\phi 12$ y se refuerza con $4\phi 20$ sobre el apoyo central. El armado base inferior pasa a $12\phi 12$ y se refuerza con $3\phi 20$ en las zonas centrales de cada vano para los momentos positivos.

Problema 39

- a) Ley de flectores de cálculo: $M_d(x) = -231,4 + 405 \cdot x - 50,625 \cdot x^2$; el armado cumple todas las disposiciones pero podría disminuirse el armado principal superior a $3\varnothing 12$ en las zonas centrales de vano y además no está indicado el armado de piel en las caras verticales del dintel.
- b) El escalón de despiece del armado inferior es adecuado.
- d) El armado transversal del dintel deben formarlo estribos de $\varnothing 8$ cada 15 cm.
- e) Axil superior: 405 kN ; momento superior: 231,4 mkN ; axil inferior: 449 kN ; momento inferior: (-)115,7 mkN ; cortante: 67,5 kN (constante).
- f) Sí se pueden despreciar los efectos de segundo orden en el dimensionamiento de los soportes.
- g) Los estribos del soporte deben cumplir las disposiciones relativas a las armaduras transversales (porque el soporte está sometido a esfuerzo cortante); también deben cumplir los relativos a elementos en los que existen armaduras longitudinales en compresión; y también deben cumplir los relativos a los estribos de soportes.
- h) Un estribo dispuesto en rombo equivaldría a 1,41 ramas.
- i) Armado longitudinal por cálculo, $U_{s1} = U_{s2} = 340,7$ kN (p. ej. 3 $\varnothing 20$ en cada cara perpendicular al plano del pórtico); armado transversal de doble cerco de $\varnothing 8$ cada 25 cm (uno de los dos cercos se coloca en rombo).
- j) La abertura característica en el dintel se estima en 0,37 mm; el ELS de fisuración se cumple (ambiente de clase I).

Problema 47

- a) Unidad elástica $\approx 2,90$ m / es una zapata combinada rígida.
- b) Cumple a hundimiento (distribución de presiones prácticamente uniforme, $\sigma_t \approx 121$ kN/m²).
- c) Distribución de presiones en ELU prácticamente uniforme también / armadura inferior longitudinal de 12 $\varnothing 16$ / armadura superior longitudinal de 9 $\varnothing 16$ / no necesita armadura transversal.