

MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL LICEO FRANCÉS DE VALENCIA

ANEXO 3: CÁLCULO DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS

ESTABLECIMIENTO
EN GESTIÓN DIRECTA



aefe
Agencia para la
enseñanza francesa
en el extranjero



PROMOTOR

AGENCIA PARA LA ENSEÑANZA FRANCESA EN EL EXTRANJERO

ARQUITECTOS MARTA BORSO DI CARMINATI PERIS
ANTONIO SALTO CARRIÓN
FCO. DE BORJA ALEPUZ BAREA

BORSO & SALTO ARQUITECTOS, SLP
Calle Colón, 41 Ent 4
46004valencia – 963513933
administracion@bs-arquitectos.com

BORSO & SALTO
A R Q U I T E C T O S

SITUACIÓN Calle Orensa, 20 - 46980 Paterna

FECHA marzo de 2024

EXPEDIENTE 202344P21

FASE PE

ANEXO 3 - CALCULO DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

1.1 Cálculo de estructuras y comprobaciones

1.1.1 Tipología estructural.

La estructura se corresponde con un muro de contención de tierras dispuesto para contener los empujes del terreno sobre el que se dispone un vallado formado por postes metálicos a los que se sujeta una valla opaca de material plástico.

El muro se diseña con una cimentación mediante zapata corrida y se dimensiona para que verifique las condiciones de estabilidad al deslizamiento y al vuelco, tensiones máximas sobre el terreno, así como los estados límite de agotamiento de muro y zapata.

Las dimensiones geométricas y características de los distintos elementos que componen la estructura de cimentación por pilotaje aparecen reflejados en los Planos.

1.1.2 Acciones actuantes.

En la definición de una sección de muro se realizan las siguientes consideraciones en cuanto a los esfuerzos actuantes:

- Se desprecia el rozamiento tierras muro, con lo que la dirección del empuje es horizontal.
- Se calcula el empuje considerando el 'empuje al reposo'.
- Por debajo de la cota de la roca se anulan los empujes, excepto los hidrostáticos si los hubiera.
- Se tiene en cuenta la evacuación por drenaje en la altura de relleno, por saturación o infiltración.
- Por debajo del nivel freático, se considera el relleno con su densidad sumergida a efectos de empuje, más el empuje hidrostático.
- Se considera el peso de las tierras sobre los vuelos de la zapata.
- Se define en caso de que sea necesario el relleno con un talud inclinado.
- Se considerarán en caso de aparezcan las cargas existentes sobre el relleno.
- Se consideran las acciones transmitidas por el vallado dispuesto sobre el muro.

En el dimensionado del vallado de los postes del muro se consideran las acciones de peso propio, concarga de vallado y sobrecarga de viento.

1.1.3 Características de los materiales.

El hormigón a emplear en el muro y la zapata será del tipo HA-30 de 30 Newton milímetro cuadrado de resistencia característica.

El acero corrugado para armaduras será del tipo B-500 S de quinientos Newton milímetro cuadrado de límite elástico característico.

Los recubrimientos en el muro y en la zapata serán los especificados en plano ajustados al ambiente XC2 (cimiento) y XC4 (fuste muro).

El acero a emplear para los elementos estructurales será del tipo S-275-JR y se protegerá para una clase de exposición C3.

1.1.4 Coeficientes de seguridad.

Los coeficientes de seguridad adoptados en el cálculo y dimensionado frente a los ELU del muro corresponden a un nivel de control normal y, de forma simplificada, son los siguientes:

$\gamma_g = 1.35$ (Acciones de tipo permanente).

$\gamma_{cq} = 1.50$ (Acciones de tipo variable).

$\gamma_c = 1.5$ (1'3 para cargas accidentales).

$\gamma_s = 1.15$ (1'0 para cargas accidentales).

En el caso de cimentación se emplea un coeficiente de seguridad $\gamma = 1.60$ para verificación de los ELU tanto para acciones permanentes como variables.

1.1.5 Método de Cálculo.

1.1.5.1 SISTEMA DE CALCULO.

Se comprueba la estabilidad al deslizamiento y al vuelco del muro verificándose que se cumple. A continuación, se dimensionan las armaduras vertical y horizontal del muro para verificar los correspondientes Estados Límite Últimos. El alzado del muro se encuentra sometido a un estado de flexión compuesta en cualquier sección situada a una profundidad x respecto a la coronación.

Para la zapata corrida se procede al cálculo de las tensiones sobre la misma, la comprobación a cortante de la zapata, el cálculo a flexión para determinar la armadura transversal y la armadura longitudinal. Se realiza también la comprobación a adherencia de las armaduras de la zapata, así como la de cuantías mínimas.

1.1.5.2 HIPOTESIS CONSIDERADAS.

Se consideran tanto hipótesis de carga vertical como horizontal tal y como se ha señalado en el apartado de acciones actuantes.

1.1.5.3 TIPO DE ANÁLISIS EFECTUADO.

El tipo de análisis efectuado para todos los estados de carga ha sido estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos. Se emplean métodos de análisis matricial basados en la descomposición de la estructura en barras conectadas en nudos y formando la correspondiente matriz de rigidez. A partir de la inversión de la misma y del vector de cargas actuantes obtendremos los desplazamientos de los nudos de la estructura y a partir de ellos los esfuerzos nodales y el resto de las leyes, a lo largo de las barras

1.1.5.4 DIAGRAMAS DE TENSIÓN-DEFORMACIÓN SUPUESTOS PARA LOS DISTINTOS MATERIALES.

- Acero corrugado

Se adopta el diagrama birrectilíneo del apartado 3.2.7 del Anejo 19 del Código Estructural.

BORSO & SALTO

ARQUITECTOS

La deformación en tracción se limita al 10 por 100 y en compresión a 2,0 por 1000.

- Hormigón

Se adopta un diagrama parábola rectángulo de acuerdo con el apartado 3.1.7 del Anejo 19 del Código Estructural.

El vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 por 1000 y el extremo del rectángulo en la abscisa 3,5 por 1000.

El módulo de deformación longitudinal del hormigón se obtiene de lo prescrito en el apartado 3.1.5 del Código Estructural.

- Acero estructural

Se adopta para el acero cálculo el diagrama correspondiente al ensayo de tracción definido en la Norma UNE 7 474-1 (EN 10 002-1). Se asume como resistencia última el límite elástico definido en dicho ensayo.

1.1.5.5 COMBINACIONES DE ACCIONES Y MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE ESFUERZOS.

La combinación de acciones, de diversos orígenes, se ha realizado de acuerdo con lo prescrito en el Anejo 18 del Código Estructural y los artículos 4.2 y 4.3 del C.T.E. Documento Básico-SE aplicando las hipótesis siguientes:

- Situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum \psi \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Siendo:

G_{kj} = Valor característico de las acciones permanentes, más las acciones indirectas con carácter de permanencia.

Q_{ki} = Valor representativo de combinación de acciones variables concomitantes.

Q_{k1} = Valor característico de la acción variable determinante.

γ = coeficientes de seguridad.

ψ = coeficientes de simultaneidad.

A_{ek} = Valor característico de la acción sísmica, calculado según la Norma Sismorresistente.

1.1.6 DIMENSIONAMIENTO Y VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

El dimensionamiento y armado del muro y la zapata se realiza siguiendo lo dispuesto en el Código Estructural y en el CTE-DB-SE-C en cuanto a los estados límite de Equilibrio y de Agotamiento frente a solicitaciones normales y frente a cortante. Los armados se establecen a partir de la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Se tiene en cuenta las condiciones de adherencia y anclaje de las armaduras, las deformaciones, todo ello según las prescripciones del Código Estructural.

Se siguen las recomendaciones de los textos de J. Calavera para el dimensionado y armado de los muros y zapatas.

1.1.7 COMPROBACIONES MUROS, PERFILES Y PLACAS DE ANCLAJE

Las comprobaciones de los dos tipos de muro (tipo 1 y tipo 2, en función de la altura), perfil 80x40x4mm para sujeción de las chapas de cerramiento así como de las placas de anclaje se incorporan a continuación.

1.2 COMPROBACIÓN Muro contención tipo 1 Liceo Frances

INDICE

1. NORMA Y MATERIALES	6
2. ACCIONES	6
3. DATOS GENERALES	6
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	6
5. GEOMETRÍA	7
6. ESQUEMA DE LAS FASES	7
7. RESULTADOS DE LAS FASES	7
8. COMBINACIONES	8
9. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO	9
10. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA	9
11. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)	12

1. NORMA Y MATERIALES

Norma: Código Estructural (España)
Hormigón: HA-30, Yc=1.5
Acero de barras: B 500 S, Ys=1.15
Tipo de ambiente: XC4
Recubrimiento en el intradós del muro: 3.0 cm
Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm
Recubrimiento superior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento inferior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm
Tamaño máximo del árido: 15 mm

2. ACCIONES

Empuje en el intradós: Pasivo
Empuje en el trasdós: Activo

3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.50 m
Enrase: Intradós
Longitud del muro en planta: 10.00 m
Sin juntas de retracción
Tipo de cimentación: Zapata corrida

4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 0 %
Evacuación por drenaje: 100 %
Porcentaje de empuje pasivo: 50 %
Cota empuje pasivo: 0.00 m
Tensión admisible: 5.00 kp/cm²
Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.60

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Arcilla dura	0.00 m	Densidad aparente: 2.00 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.00 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 25.00 grados Cohesión: 0.30 t/m²	Activo trasdós: 0.41 Pasivo intradós: 2.46

RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coeficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 2.00 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.00 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 25.00 grados Cohesión: 0.00 t/m²	Activo trasdós: 0.41 Pasivo intradós: 2.46

5. GEOMETRÍA

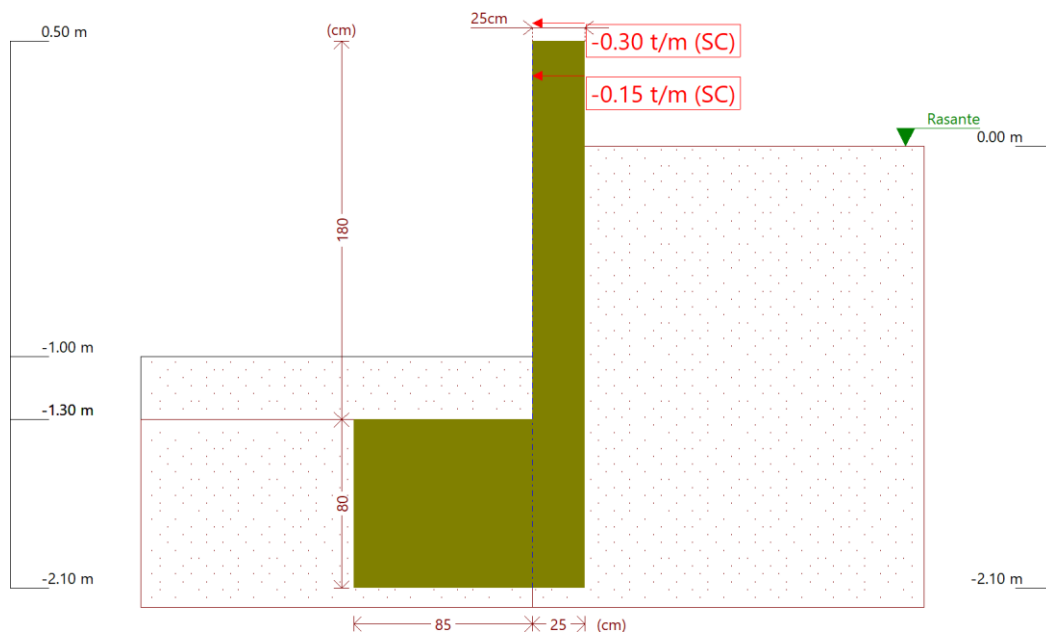
MURO

Altura: 1.80 m
Espesor superior: 25.0 cm
Espesor inferior: 25.0 cm

ZAPATA CORRIDA

Sin talón
Canto: 80 cm
Vuelo en el intradós: 85.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

6. ESQUEMA DE LAS FASES



Fase 1: Fase

7. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FASE

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON SOBRECARGAS

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.50	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
0.33	0.11	0.30	0.05	0.00	0.00

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.15	0.22	0.45	0.12	0.00	0.00
-0.03	0.33	0.45	0.20	0.00	0.00
-0.21	0.44	0.45	0.28	0.00	0.00
-0.39	0.56	0.45	0.36	0.00	0.00
-0.57	0.67	0.45	0.45	0.08	0.00
-0.75	0.78	0.48	0.53	0.23	0.00
-0.93	0.89	0.54	0.62	0.37	0.00
-1.11	1.01	0.60	0.72	0.25	0.00
-1.29	1.12	0.62	0.83	-0.05	0.00
Máximos	1.12	0.62	0.84	0.42	0.00
	Cota: -1.30 m	Cota: -1.26 m	Cota: -1.30 m	Cota: -1.00 m	Cota: 0.50 m
Mínimos	0.00	0.30	0.00	-0.07	0.00
	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: -1.30 m	Cota: 0.50 m

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.03	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.21	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.39	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.57	0.67	0.00	0.00	0.08	0.00
-0.75	0.78	0.03	0.00	0.23	0.00
-0.93	0.89	0.09	0.01	0.37	0.00
-1.11	1.01	0.15	0.03	0.25	0.00
-1.29	1.12	0.17	0.06	-0.05	0.00
Máximos	1.12	0.17	0.07	0.42	0.00
	Cota: -1.30 m	Cota: -1.26 m	Cota: -1.30 m	Cota: -1.00 m	Cota: 0.50 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.00
	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: -1.30 m	Cota: 0.50 m

8. COMBINACIONES

HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras
3 - Sobrecarga

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.35	1.00	
3	1.00	1.50	
4	1.35	1.50	
5	1.00	1.00	1.50
6	1.35	1.00	1.50
7	1.00	1.50	1.50
8	1.35	1.50	1.50

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.00	1.00	0.60

9. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2Ø12				
Anclaje intradós / trasdós: 16 / 14 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø10c/20 Solape: 0.25 m	Ø10c/20	Ø10c/20 Solape: 0.35 m	Ø10c/20
ZAPATA				
Armadura	Longitudinal	Transversal		
Inferior	Ø16c/20	Ø16c/20 Patilla intradós / trasdós: 20 / 20 cm		
Longitud de pata en arranque: 30 cm				

10. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.5</i>	Máximo: 38.93 t/m Calculado: 0.92 t/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 2 cm	
- Trasdós:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 30 cm	
- Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.3 (1)</i>	Mínimo: 0.0016	
- Trasdós (-1.30 m):	Calculado: 0.0016	Cumple
- Intradós (-1.30 m):	Calculado: 0.0016	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i>	Mínimo: 0.00031	
- Trasdós:	Calculado: 0.0016	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.0016	Cumple

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Cantidad mínima geométrica vertical cara traccionada: -Trasdós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00157	Cumple
Cantidad mínima mecánica vertical cara traccionada: -Trasdós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00157	Cumple
Cantidad mínima geométrica vertical cara comprimida: -Intradós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)</i>	Mínimo: 0.0008 Calculado: 0.00157	Cumple
Cantidad mínima mecánica vertical cara comprimida: -Intradós (-1.30 m): <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 0 Calculado: 0.00157	Cumple
Cantidad máxima geométrica de armadura vertical total: - (0.50 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)</i>	Máximo: 0.04 Calculado: 0.00314	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i> -Trasdós, vertical: -Intradós, vertical:	Mínimo: 2 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i> -Armadura vertical Trasdós, vertical: -Armadura vertical Intradós, vertical:	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2</i>	Máximo: 10.89 t/m Calculado: 0.89 t/m	Cumple
Comprobación de fisuración:	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.2</i> -Base trasdós: -Base intradós:	Mínimo: 0.35 m Calculado: 0.35 m Mínimo: 0.25 m Calculado: 0.25 m	Cumple Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio de CYPE</i> -Trasdós: -Intradós:	Mínimo: 14 cm Calculado: 14 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 2.2 cm ² Calculado: 2.2 cm ²	Cumple

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -1.30 m - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -1.30 m - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -1.30 m, Md: 1.26 t·m/m, Nd: 1.12 t/m, Vd: 0.93 t/m, Tensión máxima del acero: 1.590 t/cm ² - Sección crítica a cortante: Cota: -1.11 m		
Referencia: Zapata corrida: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Coeficiente de seguridad al vuelco: - Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 1.8 Calculado: 1.87 Mínimo: 1.5 Calculado: 2.73	Cumple Cumple
Canto mínimo: - Zapata: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Tensiones sobre el terreno: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Tensión media: - Tensión máxima:	Máximo: 5 kp/cm ² Calculado: 0.348 kp/cm ² Máximo: 6.25 kp/cm ² Calculado: 0.648 kp/cm ²	Cumple Cumple
Flexión en zapata: <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i> - Armado inferior intradós:	Mínimo: 0.44 cm ² /m Calculado: 10.05 cm ² /m	Cumple
Esfuerzo cortante: - Intradós: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2</i>	Máximo: 27.36 t/m Calculado: 0.71 t/m	Cumple
Longitud de anclaje: - Arranque trasdós: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1</i> - Arranque intradós: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1</i> - Armado inferior trasdós (Patilla): <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5</i> - Armado inferior intradós (Patilla): <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 71.8 cm Mínimo: 17 cm Calculado: 71.8 cm Mínimo: 16 cm Calculado: 20 cm Mínimo: 12 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: Zapata corrida: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: - Lateral: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.4.4.1.3</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1.</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura longitudinal inferior:	Mínimo: Ø12 Calculado: Ø16 Calculado: Ø16	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura longitudinal inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura longitudinal inferior:	Mínimo: 2 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (1)</i> - Armadura longitudinal inferior: - Armadura transversal inferior:	Mínimo: 0.0013 Calculado: 0.0013 Calculado: 0.0013	Cumple Cumple
Cuantía mecánica mínima: - Armadura longitudinal inferior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i> - Armadura longitudinal superior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i> - Armadura transversal inferior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.00025 Calculado: 0.00125 Mínimo: 0 Calculado: 0 Mínimo: 0.0013 Calculado: 0.0013	Cumple Cumple No cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 1.44 t·m/m		

11. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo: - Fase: Coordenadas del centro del círculo (-1.18 m ; 0.28 m) - Radio: 2.78 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.893	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

1.3 COMPROBACIÓN Muro contención tipo 2 Liceo Frances

ÍNDICE

1. NORMA Y MATERIALES	6
2. ACCIONES	6
3. DATOS GENERALES	6
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	6
5. GEOMETRÍA	7
6. ESQUEMA DE LAS FASES	7
7. RESULTADOS DE LAS FASES	7
8. COMBINACIONES	8
9. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO	9
10. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA	9
11. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)	12

1. NORMA Y MATERIALES

Norma: Código Estructural (España)

Hormigón: HA-30, $Y_c=1.5$

Acero de barras: B 500 S, $Y_s=1.15$

Tipo de ambiente: XC4

Recubrimiento en el intradós del muro: 3.0 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 5.0 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 5.0 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 15 mm

2. ACCIONES

Empuje en el intradós: Pasivo

Empuje en el trasdós: Activo

3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.50 m

Enrase: Intradós

Longitud del muro en planta: 10.00 m

Sin juntas de retracción

Tipo de cimentación: Zapata corrida

4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 0 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Porcentaje de empuje pasivo: 50 %

Cota empuje pasivo: 0.00 m

Tensión admisible: 5.00 kp/cm²

Coefficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.60

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - Arcilla dura	0.00 m	Densidad aparente: 2.00 kg/dm ³ Densidad sumergida: 1.00 kg/dm ³ Ángulo rozamiento interno: 25.00 grados Cohesión: 0.30 t/m ²	Activo trasdós: 0.41 Pasivo intradós: 2.46

RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coeficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 2.00 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.00 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 25.00 grados Cohesión: 0.00 t/m²	Activo trasdós: 0.41 Pasivo intradós: 2.46

5. GEOMETRÍA

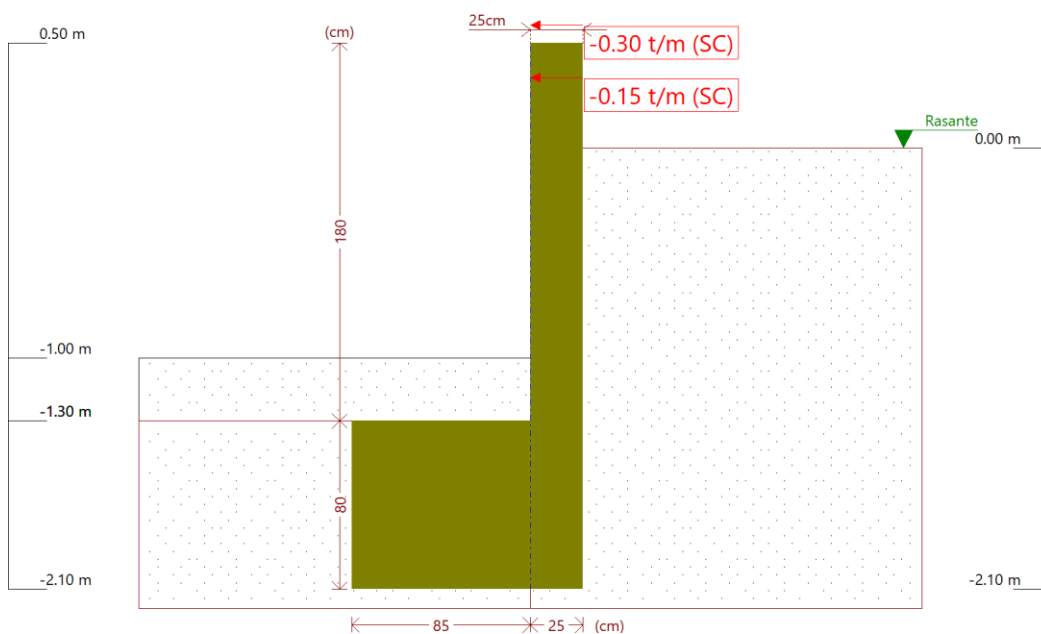
MURO

Altura: 1.80 m
Espesor superior: 25.0 cm
Espesor inferior: 25.0 cm

ZAPATA CORRIDA

Sin talón
Canto: 80 cm
Vuelo en el intradós: 85.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

6. ESQUEMA DE LAS FASES



Fase 1: Fase

7. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FASE

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON SOBRECARGAS

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.50	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
0.33	0.11	0.30	0.05	0.00	0.00

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.15	0.22	0.45	0.12	0.00	0.00
-0.03	0.33	0.45	0.20	0.00	0.00
-0.21	0.44	0.45	0.28	0.00	0.00
-0.39	0.56	0.45	0.36	0.00	0.00
-0.57	0.67	0.45	0.45	0.08	0.00
-0.75	0.78	0.48	0.53	0.23	0.00
-0.93	0.89	0.54	0.62	0.37	0.00
-1.11	1.01	0.60	0.72	0.25	0.00
-1.29	1.12	0.62	0.83	-0.05	0.00
Máximos	1.12	0.62	0.84	0.42	0.00
	Cota: -1.30 m	Cota: -1.26 m	Cota: -1.30 m	Cota: -1.00 m	Cota: 0.50 m
Mínimos	0.00	0.30	0.00	-0.07	0.00
	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: -1.30 m	Cota: 0.50 m

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.03	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.21	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.39	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.57	0.67	0.00	0.00	0.08	0.00
-0.75	0.78	0.03	0.00	0.23	0.00
-0.93	0.89	0.09	0.01	0.37	0.00
-1.11	1.01	0.15	0.03	0.25	0.00
-1.29	1.12	0.17	0.06	-0.05	0.00
Máximos	1.12	0.17	0.07	0.42	0.00
	Cota: -1.30 m	Cota: -1.26 m	Cota: -1.30 m	Cota: -1.00 m	Cota: 0.50 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.00
	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: 0.50 m	Cota: -1.30 m	Cota: 0.50 m

8. COMBINACIONES

HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras
3 - Sobrecarga

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.35	1.00	
3	1.00	1.50	
4	1.35	1.50	
5	1.00	1.00	1.50

	Hipótesis		
Combinación	1	2	3
6	1.35	1.00	1.50
7	1.00	1.50	1.50
8	1.35	1.50	1.50

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

	Hipótesis		
Combinación	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.00	1.00	0.60

9. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2Ø12				
Anclaje intradós / trasdós: 16 / 14 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø10c/20 Solape: 0.25 m	Ø10c/20	Ø10c/20 Solape: 0.35 m	Ø10c/20
ZAPATA				
Armadura	Longitudinal	Transversal		
Inferior	Ø16c/20	Ø16c/20	Patilla intradós / trasdós: 20 / 20 cm	
Longitud de pata en arranque: 30 cm				

10. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.5</i>	Máximo: 38.93 t/m Calculado: 0.92 t/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 2 cm	
- Trasdós:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 30 cm	
- Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.3 (1)</i>	Mínimo: 0.0016	

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
-Trasdós (-1.30 m):	Calculado: 0.0016	Cumple
-Intradós (-1.30 m):	Calculado: 0.0016	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i>	Mínimo: 0.00031	
-Trasdós:	Calculado: 0.0016	Cumple
-Intradós:	Calculado: 0.0016	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: -Trasdós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00157	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: -Trasdós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00157	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: -Intradós (-1.30 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)</i>	Mínimo: 0.0008 Calculado: 0.00157	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: -Intradós (-1.30 m): <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 0 Calculado: 0.00157	Cumple
Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total: - (0.50 m): <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)</i>	Máximo: 0.04 Calculado: 0.00314	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 2 cm	
-Trasdós, vertical:	Calculado: 18 cm	Cumple
-Intradós, vertical:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armadura vertical Trasdós, vertical:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 20 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2</i>	Máximo: 10.89 t/m Calculado: 0.89 t/m	Cumple
Comprobación de fisuración:	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.2</i>		
-Base trasdós:	Mínimo: 0.35 m Calculado: 0.35 m	Cumple

Referencia: Muro: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
- Base intradós:	Mínimo: 0.25 m Calculado: 0.25 m	Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Trasdós:	Mínimo: 14 cm Calculado: 14 cm	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 2.2 cm ² Calculado: 2.2 cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -1.30 m - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -1.30 m - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -1.30 m, Md: 1.26 t·m/m, Nd: 1.12 t/m, Vd: 0.93 t/m, Tensión máxima del acero: 1.590 t/cm ² - Sección crítica a cortante: Cota: -1.11 m		
Referencia: Zapata corrida: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Coeficiente de seguridad al vuelco:	Mínimo: 1.8 Calculado: 1.87	Cumple
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.73	Cumple
Canto mínimo:		
- Zapata: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Tensiones sobre el terreno: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Tensión media:	Máximo: 5 kp/cm ² Calculado: 0.348 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima:	Máximo: 6.25 kp/cm ² Calculado: 0.648 kp/cm ²	Cumple
Flexión en zapata: <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i>		
- Armado inferior intradós:	Mínimo: 0.44 cm ² /m Calculado: 10.05 cm ² /m	Cumple
Esfuerzo cortante:		
- Intradós: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2</i>	Máximo: 27.36 t/m Calculado: 0.71 t/m	Cumple
Longitud de anclaje:		

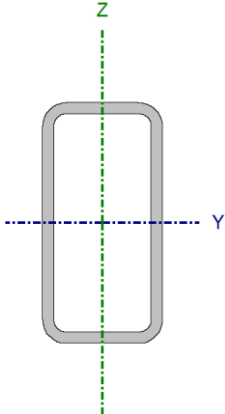
Referencia: Zapata corrida: 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
-Arranque trasdós: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 71.8 cm	Cumple
-Arranque intradós: <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 71.8 cm	Cumple
-Armado inferior trasdós (Patilla): <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior intradós (Patilla): <i>Norma Código Estructural. Artículo 49.5</i>	Mínimo: 12 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Recubrimiento:		
-Lateral: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.4.4.1.3</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1.</i>	Mínimo: Ø12	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: Ø16	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: Ø16	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 2 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (1)</i>	Mínimo: 0.0013	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.0013	Cumple
Cuantía mecánica mínima:		
- Armadura longitudinal inferior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i>	Mínimo: 0.00025 Calculado: 0.00125	Cumple
- Armadura longitudinal superior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)</i>	Mínimo: 0 Calculado: 0	Cumple
- Armadura transversal inferior: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0013 Calculado: 0.0013	No cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 1.44 t·m/m		

11. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): 24_002_V03		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo:		
Combinaciones sin sismo:		
- Fase: Coordenadas del centro del círculo (-1.18 m ; 0.28 m) - Radio: 2.78 m:	Mínimo: 1.5	
Valor introducido por el usuario.	Calculado: 2.893	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

1.4 COMPROBACIÓN Perfil 80x40x4mm Liceo Frances

Barra N1/N2

Perfil: RHS 80x40x4.0							
Material: Acero (S275 (UNE-EN 10025-2))							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N1	N2	1.500	8.54	64.42	21.29	55.07
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	b	2.00	2.00	2.00	2.00		
	L _k	3.000	3.000	3.000	3.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _k : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N1/N2	x: 0 m λ _w ≤ λ _{w,máx} Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 53.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 4.4	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 53.2	x: 0 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 53.2
Notación: λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Código estructural, Artículo A25.8)

Se debe satisfacer:

$$18.00 \leq 434.67 \quad \checkmark$$

Donde:

ANEXO 3

22

h_w : Canto del alma	h_w : 72.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 4.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 5.76 cm ²
A_{fc} : Área eficaz del ala comprimida.	A_{fc} : 1.60 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad longitudinal.	E : 2140673 kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 2803.26 kp/cm ²
Siendo:	

Resistencia a tracción (Código Estructural, Artículo A22.6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Código Estructural, Artículo A22.6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35 · PP.

$$N_{c,Ed} : \text{Valor de cálculo de la fuerza de compresión.} \quad N_{c,Ed} : \underline{0.014} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{22.795} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{8.54} \text{ cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{m0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (Código Estructural, Artículo 6.3.1)

Si la esbeltez $\bar{\lambda} \leq 0.2$ o la relación $N_{c,Ed} / N_{cr} \leq 0.04$ se puede ignorar el efecto del pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda} : \text{Esbeltez reducida.} \quad \bar{\lambda} : \underline{2.19}$$

N_{c,Ed}/N_{cr}: Relación de axiles.

N_{c,Ed}/N_{cr} : 0.003

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 8.54 cm²

f_y: Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 4.997 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 15.123 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 4.997 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 4530.144 t

Donde:

I_y: Inercia a flexión alrededor del eje Y.

I_y : 64.42 cm⁴

I_z: Inercia a flexión alrededor del eje Z.

I_z : 21.29 cm⁴

I_t: Módulo de torsión uniforme

I_t : 55.07 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad longitudinal.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 3.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 3.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 3.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 3.17 cm

Siendo:

i_y , **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 2.75 cm

i_z : 1.58 cm

y₀ , **z₀**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Resistencia a flexión eje Y (Código Estructural, Artículo A22.6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : 0.531 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V1.

M_{Ed}^+ : Valor de cálculo del momento flector.

M_{Ed}^+ : 0.295 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Valor de cálculo del momento flector.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 0.557 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico de la sección.

$W_{pl,y}$: 20.85 cm³

f_y : Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (Código Estructural, Artículo 6.3.2)

Si la esbeltez $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$ o la relación $M_{Ed} / M_{cr} \leq 0.16$ se puede ignorar el efecto del pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$: 0.35

M_{Ed} / M_{cr} : Relación de momentos.

M_{Ed}^+ / M_{cr}^+ : 0.062

M_{Ed}^- / M_{cr}^- : 0.000

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico de la sección.

$W_{pl,y}$: 20.85 cm³

f_y : Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

M_{cr} : 4.767 t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral ' M_{cr} ' se determina de la siguiente forma:

Siendo:

I_z : Inercia a flexión alrededor del eje Z.

I_z : 21.29 cm⁴

I_t : Módulo de torsión uniforme

I_t : 55.07 cm⁴

I_w : Constante de alabeo.

I_w : 0.00 cm⁶

E : Módulo de elasticidad longitudinal.

E : 2140673 kp/cm²

G : Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

L_c^+ : 3.000 m

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

L_c^- : 3.000 m

C_1 : Coeficiente que depende de la carga y de las condiciones de vinculación de los extremos.

C_1 : 1.00

C_2 : Coeficiente que depende de la carga y de las condiciones de vinculación de los extremos.

C_2 : 1.00

C_3 : 1.00

C₃: Coeficiente que depende de la carga y de las condiciones de vinculación de los extremos.

k_z: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra.

k_z : 2.00

k_w: Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra.

k_w : 2.00

z_g: Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

z_g : 0.00 mm

Siendo:

z_a: Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico.

z_a : 0.00 mm

z_s: Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro geométrico.

z_s : 0.00 mm

z_j: Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

z_j : 0.00 mm

Resistencia a flexión eje Z (Código Estructural, Artículo A22.6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (Código Estructural, Artículo A22.6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.044 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V1.

V_{Ed}: Valor de cálculo del esfuerzo cortante.

V_{Ed} : 0.394 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 8.878 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 5.76 cm²

Siendo:

d: Altura del alma.

d : 72.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 4.00 mm

f_y: Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (Código estructural, Artículo A25.5)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.00 < 55.46 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 18.00$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : 55.46$$

η : Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material.

$$\eta : 1.20$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : 0.92$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 2395.51 \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (Código Estructural, Artículo A22.6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$0.394 \text{ t} \leq 4.439 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V1.

V_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo cortante.

$$V_{Ed} : 0.394 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Valor de cálculo de la resistencia a esfuerzo cortante.

$$V_{c,Rd} : 8.878 \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.531} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.532} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.333} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.5·V1.

Donde:

N_{c,Ed}: Valor de cálculo de la fuerza de compresión.

$$\underline{N_{c,Ed} : 0.014 \quad t}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Valores de cálculo de los momentos solicitantes pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{y,Ed} : 0.295 \quad t \cdot m}$$

$$\underline{M_{z,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\underline{Clase : 1}$$

M_{N,Rd,y}: Momento resistente plástico reducido debido al esfuerzo axil, alrededor del eje Y.

$$\underline{M_{N,Rd,y} : 0.557 \quad t \cdot m}$$

Siendo:

$$\underline{n : 0.001}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\underline{N_{pl,Rd} : 22.795 \quad t}$$

M_{pl,Rd,y}: Resistencia a flexión de la sección bruta en régimen plástico, respecto al eje Y.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : 0.557 \quad t \cdot m}$$

$$\underline{a_w : 0.50}$$

A: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : 8.54 \quad cm^2}$$

b: Ancho total de la sección.

$$\underline{b : 4.00 \quad cm}$$

t_f: Espesor del ala.

$$\underline{t_f : 4.00 \quad mm}$$

Resistencia a pandeo: (Código Estructural, Artículo 6.3.3)

A: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : 8.54 \quad cm^2}$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra con mayor tensión, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{W_{pl,y} : 20.85 \quad cm^3}$$

$$\underline{W_{pl,z} : 12.73 \quad cm^3}$$

f_y: Límite elástico. (Código Estructural, Tabla A22.3.1)

$$\underline{f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\underline{\gamma_{M1} : 1.05}$$

K_{yy} , K_{yz} , K_{zy} , K_{zz} : Coeficientes de interacción.

K_{yy} : 1.00

K_{yz} : 0.58

K_{zy} : 0.63

K_{zz} : 1.00

Términos auxiliares:

μ_y : 1.00

μ_z : 1.00

C_{yy} : 1.00

C_{yz} : 1.00

C_{zy} : 1.00

C_{zz} : 1.00

a_{LT} : 0.15

b_{LT} : 0.00

c_{LT} : 0.00

d_{LT} : 0.00

$$e_{LT} : 0.00$$

$$w_y : 1.29$$

$$w_z : 1.20$$

$$n_{pl} : 0.00$$

Puesto que:

$$0.35 > 0.20$$

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$$C_{m,LT} : 1.00$$

$$\varepsilon_y : 891.11$$

$C_{m,y,0}$, $C_{m,z,0}$: Coeficientes para la obtención de la distribución uniforme del momento equivalente.

$$C_{m,y,0} : 1.00$$

$$C_{m,z,0} : 1.00$$

C_1 : Coeficiente que depende de la carga y de las condiciones de vinculación de los extremos.

$$C_1 : 1.00$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 1.00$$

$$\chi_z : 1.00$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción para pandeo lateral torsional.

$$\chi_{LT} : 1.00$$

$\bar{\lambda}_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima entre $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$.

$$\bar{\lambda}_{m\acute{a}x} : 2.19$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 1.26$$

$$\bar{\lambda}_z : 2.19$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez adimensional de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT} : 0.35$$

$\bar{\lambda}_0$: Esbeltez adimensional de pandeo lateral cuando actúa un momento uniforme.

$$\bar{\lambda}_0 : 0.35$$

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{el,y} : 16.11 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 10.64 \text{ cm}^3$$

$N_{cr,y}$: Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por flexión alrededor del eje Y.

$$N_{cr,y} : 15.123 \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por flexión alrededor del eje Z.

$$N_{cr,z} : 4.997 \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 4530.144 \text{ t}$$

I_y : Inercia a flexión alrededor del eje Y.

$$I_y : 64.42 \text{ cm}^4$$

I_t : Módulo de torsión uniforme

$$I_t : 55.07 \text{ cm}^4$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V1$.

$$0.394 \text{ t} \leq 4.439 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Valor de cálculo del esfuerzo cortante.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.394} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Valor de cálculo de la resistencia a esfuerzo cortante.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{8.878} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (Código Estructural, Artículo A22.6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (Código Estructural, Artículo A22.6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.5 COMPROBACIÓN Placa de Anclaje Liceo Frances

Comprobaciones de resistencia		
Referencia: -Placa base: Ancho X: 120 mm Ancho Y: 180 mm Espesor: 12 mm -Pernos: 4Ø10 mm L=40 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: 2 diámetros	Mínimo: 20 mm Calculado: 70 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: 2 diámetros	Mínimo: 20 mm Calculado: 25 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.	Mínimo: 15 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 3.485 t Calculado: 1.089 t Máximo: 2.44 t Calculado: 0.098 t Máximo: 3.485 t Calculado: 1.23 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 2.561 t Calculado: 1.089 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4077.47 kp/cm ² Calculado: 1408.3 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: Límite del cortante en un perno actuando contra la placa	Máximo: 6.728 t Calculado: 0.098 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2803.26 kp/cm ² Calculado: 273.7 kp/cm ² Calculado: 273.7 kp/cm ² Calculado: 1926.69 kp/cm ² Calculado: 2277.07 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: Limitación de la deformabilidad de los vuelos - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 100000 Calculado: 100000 Calculado: 652.084 Calculado: 481.198	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo	Máximo: 2803.26 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.113		