

VOLUMEN 5. ANEXOS AL PROYECTO
5.5. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

ÍNDICE

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS.....	3
5.1 OBJETO Y ALCANCE.....	3
5.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	3
5.3 BASES DE CÁLCULO	6
5.3.1 Coeficientes parciales de seguridad de las acciones.....	6
5.3.2 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales.....	9
5.3.3 Durabilidad.....	9
5.3.4 Materiales	12
5.3.5 Características del terreno	12
5.3.6 Acciones.....	13
5.3.7 Eólicas.....	14
5.3.8 Sísmicas.....	14
5.3.9 Térmicas y reológicas	14
5.3.10 Protección contra-incendios.....	15
5.3.11 Normativa y documentación empleada	16

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

5.1 OBJETO Y ALCANCE

En la presente Memoria de cálculo se definen todos los aspectos relacionados con el dimensionamiento de estructura para ampliación del C.E.I.P. Lamas de Abade, situado en rúa Lamas de Abade, s/n en Santiago de Compostela, describiendo las bases de cálculo y los materiales empleados, de acuerdo con la normativa en vigor en cada caso.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Las obras a realizar dentro de la ampliación contemplan varias actuaciones:

- Instalación de ascensor exterior en edificio existente
- Ampliación de patio de juegos cubierto
- Edificio de nueva ejecución
- Rampas y escaleras de urbanización

Ascensor exterior

Esta actuación consiste en la anexión al edificio existente de un ascensor de 4 paradas, desde planta sótano hasta planta tercera. La estructura se resuelve con muros pantalla de hormigón armado con planta en forma de U, de 20 cm de espesor en toda la altura. A nivel de cada planta, formalizando el dintel de puerta, se dispone una viga de 20x87cm de canto con armado según detalles de planos.

La cimentación se resuelve con losa maciza de 25cm de espesor total y sobre ella arranca la pantalla de ascensor de 20cm de espesor.

La cubierta del foso de ascensor se realiza con losa maciza de 20cm de espesor y en ella se disponen los ganchos para cuelgue de la maquinaria y cabina.

Dado la esbeltez que presenta este elemento estructural como elemento aislado, se plantea el arriostramiento hacia la estructura existente, a nivel de cada forjado, mediante la disposición de un angular conectado con tacos químicos al hormigón que permita el desplazamiento vertical contra el edificio existente, pero que coarte el posible desplazamiento horizontal de la estructura del ascensor.

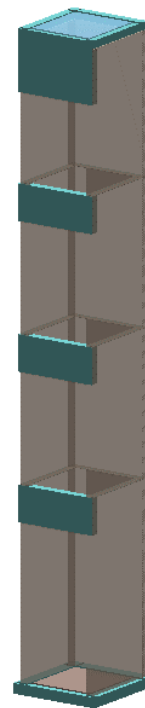


Imagen 1: vista de la subestructura de ascensor.

Ampliación de patio de juegos cubierto.

Se plantea una estructura con 5 pórticos paralelos, distanciados 5,65m entre sí. Los pórticos están constituidos por pilares metálicos compuestos de perfiles laminados en caliente de UPN-200 soldados

en cajón y distanciados entre sí 16,80m. El dintel del pórtico se resuelve con celosía metálica de 1,30m de canto a ejes de cordones. Tanto el cordón superior como el inferior se realizan con perfiles tubulares de sección rectangular RHS200x150x6, con montantes y diagonales de perfil tubular cuadrado SHS60x4.

Perpendicularmente a las celosías se disponen 4 líneas de vigas HEB-180, enrasadas superiormente con el cordón superior de las celosías y formalizando las pendientes de los faldones.

Sobre las vigas se disponen las correas que soportarán la cubrición, se plantean con correas tipo RHS140x80x4 con un intereje de 1,25m. En el extremo inferior de los faldones el intereje de las correas se reduce a la mita, de modo que se concentran 4 correas con un intereje de 0,83m.

La cimentación de plantea con zapatas centradas aisladas, con dimensión variable en función de la carga a soportar.

Dado la profundidad a la que se ha detectado el firme en la zona de edificio, se contempla la utilización de pozos de cimentación con hormigón ciclópeo de una altura estimada de 4m. La cota definitiva del fondo de la excavación se determinará en obra, durante la excavación, será necesario apoyar los pozos en terreno competente, empotrándolos un mínimo de 20cm en dicho estrato.

En la siguiente imagen se observa la modelización realizada.

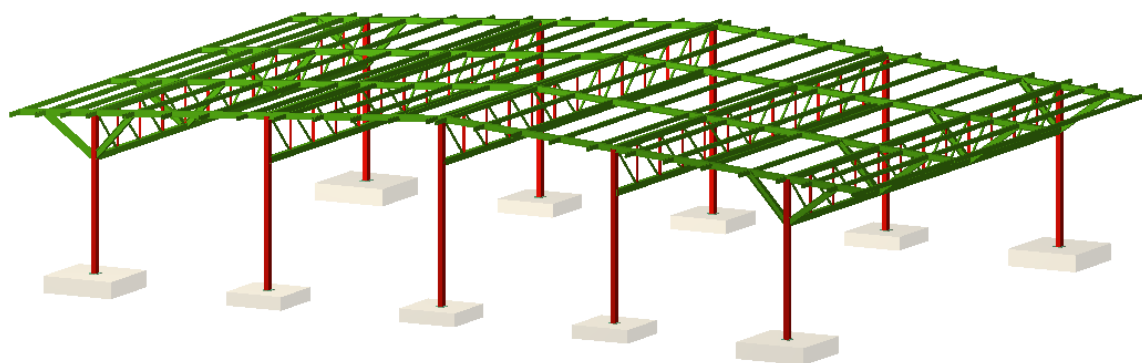


Imagen 2: estructura de patio cubierto

Edificio de nueva ejecución.

El nuevo edificio presenta planta sensiblemente rectangular, de dimensiones 50x27m en planta baja. En altura se plantea una planta de sótano de uso instalaciones, con dimensiones de 7,40x7,25 m para albergar caldera y silo. En planta baja se ubican las aulas y patio exterior.

La estructura planteada consiste en forjado sanitario a nivel de planta baja, realizado con losas alveolares de 20+5 cm de canto total, apoyado sobre muros de hormigón armado de 1,60m de altura total en el perímetro de la edificación y de 30cm de espesor. Los vanos interiores del forjado se apoyan sobre vigas de hormigón armado en sección L o T invertida, hormigonadas en dos fases, de modo que las losas alveolares se apoyen sobre las alas de las vigas.

El forjado de cubierta se plantea con losa maciza de 24cm de espesor en toda la superficie, excepto en la zona de sala de usos múltiples, donde se aumenta ligeramente el canto, hasta los 28cm de espesor, para salvar la luz de 8,60m sin pilares interiores. En los puntos que se ha detectado una mayor deformación, se plantea la ejecución de la losa mediante una contraflecha en el encofrado para minimizar el efecto visual de la deformación.

Sobre la losa maciza se plantea una cubierta con tabiques palomeros realizados con fábrica de ladrillo hueco doble a medio pie con correas prefabricadas de hormigón. El intereje máximo de las correas es de 1,80m.

El perímetro del sótano de instalaciones se realiza con muro de hormigón armado de 30cm de espesor.

Todos los pilares se proyectan de hormigón armado de 30x30cm de sección.

La cimentación del edificio se plantea con zapatas aisladas bajo pilares y zapatas corridas bajo muros de hormigón. Bajo los pilares se realizarán pozos de cimentación de altura máxima 4m hasta alcanzar el estrato de apoyo definido en el informe geotécnico.

Se contempla también dentro de esta actuación la ejecución de una pasarela de comunicación entre el edificio nuevo y el existente. La estructura de dicha pasarela se plantea con la misma tipología que el resto de la planta.

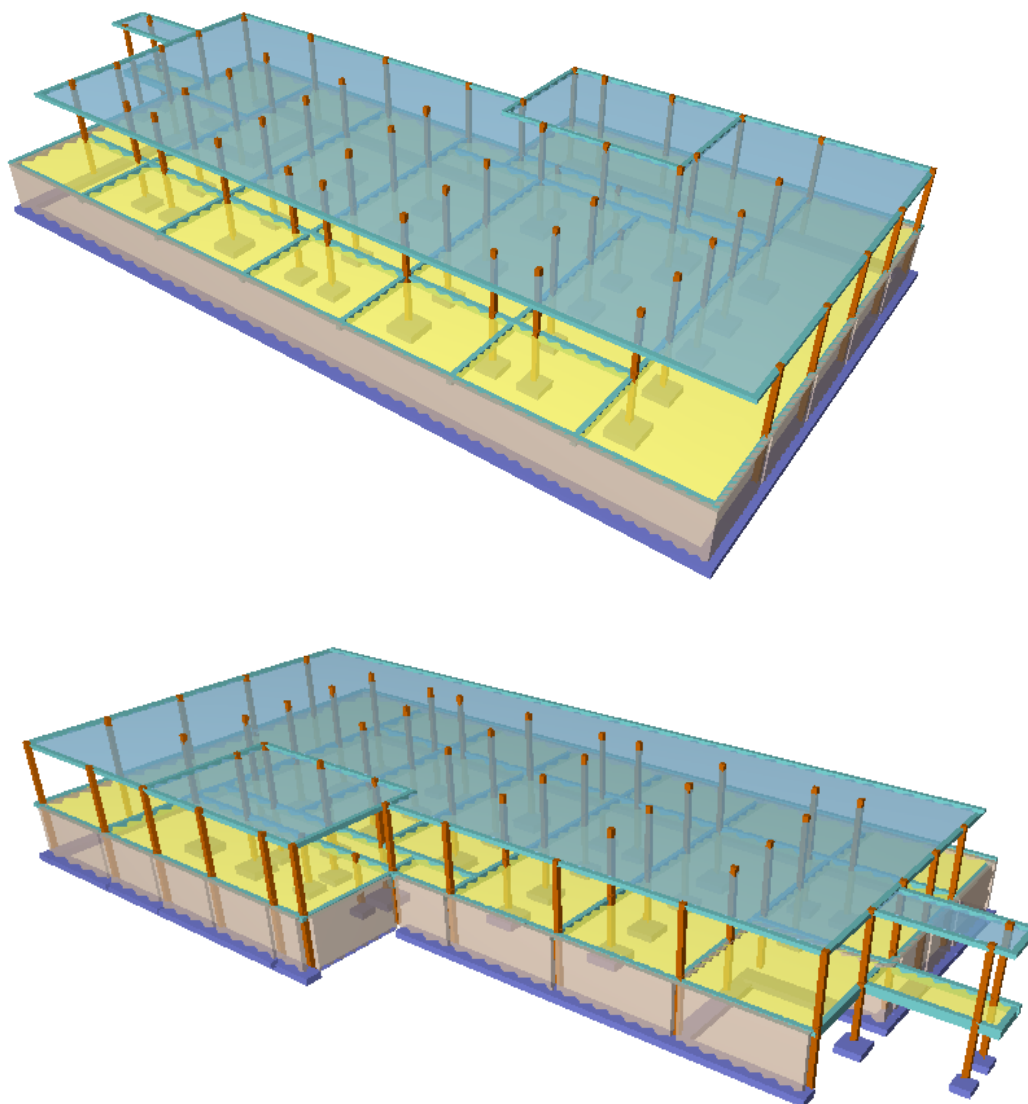


Imagen 3: vista de modelización de edificio de ampliación

Rampas y escaleras de urbanización.

Debido a las diferentes cotas que presenta la parcela del colegio, se plantea la realización de rampas y escaleras para salvar los desniveles.

Las rampas de escalera y de urbanización se plantean con solera realizada directamente sobre el terreno, con un enchachado de 30cm de espesor y una losa de hormigón armado de 15 cm de espesor. Los muros para generar los distintos bancales se plantean en hormigón armado con un espesor de 20cm y dos alturas distintas, para salvar una altura de 60cm y para salvar un desnivel máximo de 1,20m. En los planos de estructura se definen las zapatas y armados para cada uno de los tipos definidos.

5.3 BASES DE CÁLCULO

El dimensionamiento de la estructura se ha realizado según los principios de la mecánica racional y teoría de estructuras, adaptadas al diseño estructural.

El cálculo se ha realizado siguiendo el principio de los estados límites, que establece que la seguridad de la estructura en su conjunto, o en cualquiera de sus partes, se garantiza comprobando que la sollicitación no supera la respuesta última de las mismas.

La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural, se hacen de acuerdo a un cálculo lineal de primer orden, es decir admitiendo proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones, el principio de superposición de acciones, y un comportamiento lineal y geométrico de los materiales y la estructura.

Para la obtención de las sollicitaciones determinantes en el dimensionado de los elementos de los forjados se obtienen los diagramas envolventes para cada esfuerzo.

Para el cálculo de la estructura se ha utilizado el paquete de programas informáticos de CypeCAD Ingenieros, que incluye CypeCAD Espacial y Nuevo Metal 3D, en los cuales se realiza un análisis de las sollicitaciones mediante cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez. En él se establece la compatibilidad de deformaciones en todos sus nudos, considerando 6 grados de libertad, concretamente en el módulo Cypecad se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano en cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo.

En todos los casos el análisis se ha realizado siguiendo las prescripciones del CTE-DB-SE, DB-SE-C, DB-SE-M y DB-SE-A, teniendo en consideración las acciones establecidas en el DB-SE-AE, así como lo establecido en la EHE-08.

5.3.1 Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Para determinar los valores de cálculo de las acciones en elementos de hormigón, se han considerado los coeficientes de ponderación indicados en la tabla 4.1. del DB-SE, teniendo en cuenta el efecto, favorable o desfavorable, de las acciones.

TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA		SITUACIÓN ACCIDENTAL	
	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE
Permanente	$g_G = 1,00$	$g_G = 1,35$	$g_G = 1,00$	$g_G = 1,00$
Pretensado	$g_P = 1,00$	$g_P = 1,00$	$g_P = 1,00$	$g_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$g_G^* = 1,00$	$g_G^* = 1,50$	$g_G^* = 1,00$	$g_G^* = 1,00$
Variable	$g_Q = 0,00$	$g_Q = 1,50$	$g_Q = 0,00$	$g_Q = 1,00$
Accidental	--	--	$g_A = 1,00$	$g_A = 1,00$

Los coeficientes parciales de seguridad de las acciones para la comprobación de los Estados Límites de Servicio se han adoptado según el artículo 12.2 de la EHE-08, que se muestra a continuación:

TIPO DE ACCIÓN		Efecto Favorable	Efecto Desfavorable
Permanente		$g_G = 1,00$	$g_G = 1,00$
Pretensado	Armatura pretesa	$g_P = 0,95$	$g_P = 1,05$
	Armatura postesa	$g_P = 0,90$	$g_P = 1,10$
Permanente de valor no constante		$g_G^* = 1,00$	$g_Q = 1,00$
Variable		$g_Q = 0,00$	$g_Q = 1,00$

Para determinar los valores de cálculo de las acciones en los elementos de madera y acero, se han considerado los coeficientes parciales de seguridad indicados en la tabla 4.1. del C.T.E. en el Documento Básico de Seguridad Estructural.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

TIPO DE VERIFICACIÓN	TIPO DE ACCIÓN	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

Las combinaciones de cálculo consideradas son las indicadas en el artículo 13 de la Instrucción EHE-08, que se muestran en la siguiente tabla y que coinciden con las descritas en el artículo 4.2.2. del CTE-DB-SE. El valor de los distintos coeficientes de ponderación se obtiene del cuadro anterior.

SITUACIÓN DE PROYECTO	COMBINACIÓN
Permanente o transitoria	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Situación accidental	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$
Situaciones sísmicas	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

En el caso de los estados límites de servicio, las combinaciones adoptadas, se han considerado de acuerdo a lo indicado en el artículo 13.3 de la EHE-08 y del artículo 4.3.2. del CTE-DB-SE, los coeficientes de ponderación se obtienen de la tabla anterior:

SITUACIÓN DE PROYECTO	COMBINACIÓN
Poco probable o característica	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Combinación frecuente	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$
Combinación cuasipermanente	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

donde:

$G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes

$G^*_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante

P_k : Valor característica de la acción del pretensado

$Q_{k,1}$: Valor característico de la acción variable determinante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$: Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$: Valor representativo frecuente de la acción variable determinante

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$: Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la accidental

A_k : Valor característico de la acción accidental

$A_{E,k}$: Valor característico de la acción sísmica

Las combinaciones de acciones se han realizado teniendo en cuenta los coeficientes indicados en la siguiente tabla del CTE.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad

		(ψ)		
		ψ0	ψ1	ψ2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)				
• Zonas residenciales (Categoría A)		0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)		0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)		0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)		0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)		0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)			(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)		0	0	0
Nieve				
• para altitudes > 1000 m		0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m		0,5	0,2	0
Viento		0,6	0,5	0
Temperatura		0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno		0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

5.3.2 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Los coeficientes de seguridad parcial adoptados para los materiales se han elegido según lo indicado en la EHE para los elementos de hormigón:

- Coef. de minoración hormigón $\gamma_c = 1,50$
- Coef. de minoración acero de armar $\gamma_s = 1,15$
- Coef. de minoración hormigón en situación accidental $\gamma_c = 1,30$
- Coef. de minoración acero de armar en situación accidental $\gamma_s = 1,00$

Los coeficientes de seguridad parcial adoptados para los elementos de acero, son los indicados en el apartado 2.3.3. del Documento básico SE-A del CTE:

- Coef. relativo a la plastificación del material $\gamma_{M0} = 1,05$
- Coef. relativo a los fenómenos de inestabilidad $\gamma_{M1} = 1,05$
- Coef. relativo a la resistencia última y a los medios de unión $\gamma_{M2} = 1,25$
- Coef. resist. al deslizamiento de uniones con tornillos en ELS $\gamma_{M3} = 1,10$
- Coef. resist. al deslizamiento de uniones con tornillos en ELU $\gamma_{M3} = 1,25$

5.3.3 Durabilidad

La durabilidad de una estructura es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que pueden llegar a provocar la degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

- Vida útil proyectada 50 años

5.3.3.1 Elementos de hormigón

En el planteamiento de la estrategia de durabilidad de la cimentación y la estructura se definen en primer lugar los ambientes a los que previsiblemente estarán expuestos los elementos de la estructura. En el informe geotécnico no se ha detectado que el terreno presenta agresividad para el cemento del hormigón por tanto los ambientes considerados son:

- Cimentación IIa
- Estructura IIa

Para conseguir una durabilidad adecuada del hormigón se deben cumplir los requisitos generales siguientes:

- Relación máxima agua/cemento
 - Ambiente IIa 0,60
- Mínimo contenido de cemento (kg/m³)
 - Ambiente IIa 275

Asimismo, según el ambiente estimado para la obra, en el artículo 37.2.4. de la EHE-08 se indican los recubrimientos mínimos a considerar en función del tipo de ambiente al que se encuentre sometido.

En base a esto, los recubrimientos nominales a adoptar en este caso serán:

- Cimentación (con hormigón de limpieza) 5,0 cm
- Cimentación (hormigonados contra el terreno) 8,0 cm
- Resto de estructura 3,0 cm

5.3.3.2 Elementos metálicos

En lo que respecta a los elementos de acero se determina su clase de exposición según se indica en el apartado 3 del CTE-DB-SE-A, para ello se ha tomado como referencia la norma ISO 12944-2, en la que se identifica la clase de exposición a la que se encuentra sometidos los elementos de acero.

Designación	Clase de exposición (corrosiv.)	Pérdida de masa por unidad de superficie/pérdida de espesor				Ejemplos de ambientes típicos en un clima templado	
		Acero de bajo contenido en carbono		Zinc		Exterior	Interior
		Pérdida de masa g/m ²	Pérdida espesor mm	Pérdida de masa g/m ²	Pérdida espesor mm		
C1	muy baja	≤10	≤1,3	≤0,7	≤0,1	---	Edificios con calefacción y con atmósferas limpias. Por ejemplo: oficinas, tiendas, colegios, hoteles.
C2	baja	>10 y hasta 200	>1,3 y hasta 25	>0,7 y hasta 5	>0,1 y hasta 0,7	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales en su mayor parte.	Edificios sin calefacción donde puedan ocurrir condensaciones. Por ejemplo: almacenes y polideportivos
C3	media	>200 y hasta 400	>25 y hasta 50	>5 y hasta 15	>0,7 y hasta 2,1	Atmósferas urbanas o industriales con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y con algo de contaminación del aire. Por ejemplo: plantas de procesamiento de alimentos, lavanderías, plantas cerveceras, plantas lácteas. Interior de puentes-cajón
C4	alta	>400 y hasta 650	>50 y hasta 80	>15 y hasta 30	>2,1 y hasta 4,2	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad	Plantas químicas, piscinas, barcos costeros y astilleros
C5-I	muy alta (industrial)	>650 y hasta 1500	>80 y hasta 200	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y con contaminación elevada
C5-M	muy alta (marina)	>650 y hasta 1500	>80 y hasta 200	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y con contaminación elevada

En base a esta clasificación se determinará el espesor del recubrimiento adecuado para la estructura metálica:

Grado	Descripción	Pérdida de peso	Ambiente Exterior	Ambiente Interior	E.P.S.
C1, C2	Muy bajo, bajo	<10-200 g/m ² 1,3-25 µm	Áreas rurales, baja contaminación, seco	Atmósfera neutra, edificios con calefacción	75 µm 200 µm
C3	Medio	200-400 g/m ² 25-50 µm	Atmósferas urbanas e industrial, contaminación moderada de SO ₃	Cuartos de producción con alta humedad y aire contaminado	200 µm
C4	Alto	40-650 g/m ² 50-80 µm	Industrial y costero	Plantas de procesamiento químico	240 µm (con zinc) 280 µm (con zinc)
C5-I	Muy Alta Industrial	650-1500 g/m ²	Industrial con alta humedad y atmósfera agresiva		320 µm
C5-M	Muy Alta Marina	650-1500 g/m ²	Costero, Costa afuera con alta salinidad		320 µm

En base a la situación en que se encuentra la estructura del patio cubierta, correspondería con un grado de exposición C2, mientras que la subestructura de cubierta del edificio de ampliación se puede englobar también dentro de un ambiente C2.

5.3.4 Materiales

Las designaciones de los materiales indican parte de las propiedades físicas, los utilizados en el presente proyecto son:

• Hormigón de cimentación	HA-25/B/20/IIa
• Hormigón en estructura	HA-25/B/20/IIa
• Acero armaduras	B-500 S
• Acero mallazo	B-500 T
• Pernos de anclaje conexiones metálicas	B-500 S
• Acero perfiles laminados	S 275 JR
• Acero chapas de anclaje y uniones	S 275 JR
• Resina anclajes químicos	HIT-HY-150
• Varilla roscada	HAS R-M16

Las resistencias características consideradas para estos materiales están implícitas en su denominación y son:

• Resistencia característica hormigón	25 N/mm ²
• Límite elástico acero de armar/mallazo	500 N/mm ²
• Límite elástico acero laminado	275 N/mm ²
• Resistencia a cortante de pernos M16	38,8 kN(*)
• Resistencia a tracción de pernos M16	21,4 kN(*)

(*) valores máximos de resistencia sin reducción por distancia entre pernos y a bordes de hormigón.

5.3.5 Características del terreno

En el informe geotécnico realizado por Galaicontrol, se indica que el terreno de apoyo de la cimentación se encuentra a la cota -4.20m con respecto al inicio de los sondeos.

La cota de cimentación prevista para el edificio de nueva ejecución se encuentra aproximadamente a -2,0m con respecto a la cota de inicio de los sondeos en la zona sin sótano y a una profundidad -3.80m en la zona de sótano, por tanto para alcanzar el sustrato de apoyo definido se realizarán pozos de hormigón ciclópeo.

En lo que respecta a la cimentación del patio cubierto, no se han realizado investigaciones en esta zona, por tanto se ha supuesto, que el sustrato competente se localiza sensiblemente a la misma profundidad que en la zona colindante, es por ello que se han definido también para los elementos de cimentación, pozos de hormigón ciclópeo de altura máxima 4m. La cota de apoyo definitiva será necesario verificarla con un estudio de geotecnia complementario.

En lo que respecta a los elementos de urbanización, dada la baja capacidad portante del terreno denominado nivel geotécnico 1, se plantea una mejora del terreno para dar apoyo a los muros y soleras. En el estudio de geotecnia complementario se definirá la profundidad que ha de alcanzar dicho relleno.

Para realizar el dimensionamiento de la cimentación y las contenciones se han tomado los siguientes parámetros para el dimensionamiento de la cimentación y los elementos de contención:

- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 30^\circ$
- Densidad aparente $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- Tensión admisible en nivel geotécnico 2 $0,25 \text{ N/mm}^2$
- Tensión admisible de muros de urbanización en terreno mejorado $0,08 \text{ N/mm}^2$

5.3.6 Acciones

5.3.6.1 Gravitatorias

Se indican a continuación las cargas consideradas en el dimensionamiento de la estructura:

Cubierta de patio cubierto:

- Cubrición con chapa simple $0,10 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso (*) $0,40 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de nieve $0,60 \text{ kN/m}^2$
- **Total** **$0,70 \text{ kN/m}^2$**

(*) Las sobrecargas de uso de mantenimiento y nieve son excluyentes en cubierta, de modo que para realizar el dimensionamiento se ha considerado el valor de la acción más desfavorable.

Forjado de techo planta semisótano y sanitario:

- Peso propio losas alveolares 20+5cm $4,45 \text{ kN/m}^2$
- Recrecido y solado $1,20 \text{ kN/m}^2$
- Tabiquería $1,20 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso zona mesas y sillas $3,00 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso zonas comunicación $5,00 \text{ kN/m}^2$
- **Total** **$9,85 / 11,85 \text{ kN/m}^2$**

Forjado de cubierta horizontal:

- Peso propio losa e = 24 y 28cm $6,00 / 7,00 \text{ kN/m}^2$
- Falso techo $0,20 \text{ kN/m}^2$
- Tabiques palomeros $1,00 \text{ kN/m}^2$
- Correas y panel sándwich $0,50 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso $1,00 \text{ kN/m}^2$
- **Total** **$8,70 / 9,70 \text{ kN/m}^2$**

Se ha considerado una carga lineal de fachada pesada de 12 kN/ml.

Para el dimensionamiento de los muros de contención de los elementos de urbanización se ha considerado un valor de carga en el trasdós de los muros de 5,0 kN/m².

5.3.7 Eólicas

De acuerdo con lo indicado en el CTE en el documento básico de Acciones, se han considerado los siguientes parámetros para el cálculo de las acciones producidas por el viento:

• Altura de coronación (aprox.)	7 m
• Zona eólica	B
• Velocidad del viento	27 m/s
• Grado de aspereza del entorno	III
• Coeficiente de exposición	2,10

5.3.8 Sísmicas

El municipio de Santiago de Compostela presenta una aceleración sísmica básica, según se indica en la NCSE-02, menor de 0,04g, por lo que no es necesaria la consideración de las acciones sísmicas en el dimensionamiento de la estructura.

5.3.9 Térmicas y reológicas

Las dimensiones en planta del patio cubierto resultan inferiores a los 40m, por tanto no hay ningún elemento cuya longitud supere el valor establecido en el DB-SE-AE, para tener en consideración las acciones térmicas en su dimensionamiento.

En lo que respecta a la estructura del edificio de ampliación, la dimensión máxima es de 50m, la distancia máxima entre juntas de dilatación exigida en el CTE-DB-SE-AE es de 40 m, para no tener en cuenta los efectos de las acciones térmicas en el dimensionamiento de la estructura, no obstante se ha realizado un análisis basado en la monografía de “Juntas en construcciones de hormigón” de J. Calavera Ruiz y E. González Valle, con el fin de comprobar si la longitud máxima planteada para la el edificio es válida o sería necesario disponer una junta.

En dicho análisis, se ha determinado en primer lugar la Variación de Temperatura de Cálculo, que será el mayor de los valores siguientes:

$$\Delta t_1 = T_s - T_m$$

$$\Delta t_2 = T_m - T_i$$

Donde:

T_s = Temperatura que, como término medio, es excedida solamente el uno por ciento del tiempo durante los meses de verano de Junio a Septiembre

T_m = Temperatura media durante la época normal de construcción en la zona que se va a construir el edificio. Como norma general puede definirse como época normal de construcción el período consecutivo del año durante el cual la temperatura mínima diaria no es inferior a 0°C

T_i = Temperatura igualada o excedida, por término medio, el noventa y nueve por ciento del tiempo durante los meses de invierno, de Diciembre a Febrero.

Para la obtención de los datos de las temperaturas se han tomado las temperaturas máximas, mínimas y medias, medidas en Santiago de Compostela, datos obtenidos de la página web del Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España, resultando las siguientes:

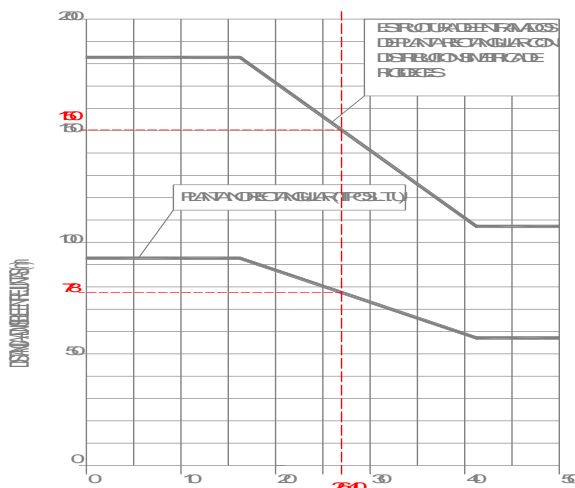
$$T_s = 39,4^\circ \quad ; \quad T_i = -9,0^\circ \quad ; \quad T_m = 13,00^\circ$$

$$\Delta t_1 = T_s - T_m = 39,4 - 13 = 26,40^\circ$$

$$\Delta t_2 = T_m - T_i = 13 - (-9,0) = 22^\circ$$

Por lo tanto, tenemos que $\Delta t = 26,4^\circ$

Una vez obtenida la variación de temperatura de cálculo se obtiene la longitud máxima entre juntas a partir del siguiente gráfico:



Se puede observar que para una planta con distribución de rigidez no simétrica (planta no rectangular) se podría alcanzar una distancia entre juntas de 78m, valor que se reduce en un 15% si se consideran los pilares empotrados en cimentación, quedando una distancia máxima de 66 metros. Mientras que para una planta con distribución de rigidez simétrica se pueden alcanzar aproximadamente los 150m, reduciendo esta longitud un 15% se obtendría una distancia máxima entre juntas de 127,5m.

Por lo tanto, en el caso concreto de la estructura del colegio, se considera el edificio como de planta rectangular, las dimensiones máximas, son inferiores a las distancias máximas deducidas del estudio realizado.

5.3.10 Protección contra-incendios

De acuerdo con lo dispuesto en la Tabla 3.1 de la Sección SI 6 del Documento Básico SI del CTE, la estabilidad al fuego exigible a los elementos estructurales de un edificio docente, con altura de evacuación inferior a 15m, es de R-60.

Se analizan a continuación los distintos elementos estructurales ante la acción del fuego.

Estructura de hormigón

Para los elementos de hormigón armado se indica en el Anejo C del DB-SI los valores de dimensiones y recubrimientos mínimos recomendados para garantizar la resistencia al fuego exigida en el articulado de dicho DB. En caso necesario se tendrán en cuenta los falsos techos, recubrimientos y acabados, para alcanzar la estabilidad exigida en el CTE.

En este caso las dimensiones mínimas de la losa de forjado es de 240mm en función de la zona, con un recubrimiento nominal es de 30mm, por tanto se cumplen las exigencias de la tabla C.4 del DB-SI

donde establece que el espesor mínimo de una losa de hormigón armado, para una resistencia al fuego R-60, será de 80mm y la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras será de 10mm.

En lo que respecta a los pilares de hormigón armado, son de sección cuadrado o rectangular, con dimensión mínima de 300mm de diámetro, con un recubrimiento nominal de 30mm, en la tabla C.2. del DB-SI, se indica que el espesor mínimo de los soportes, para un R-60, será de 200mm con un recubrimiento de 20mm.

En cuanto a los elementos prefabricados, el fabricante debe justificar que sus productos cumplen con las exigencias establecidas por la normativa vigente.

5.3.11 Normativa y documentación empleada

El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta las prescripciones recogidas en la siguiente normativa:

- Norma CTE-DB-SE-AE: Acciones en la edificación.
- Norma CTE-DB-SE: Seguridad estructural.
- Norma CTE-DB-SE-A: Seguridad estructural. Acero.
- Norma CTE-DB-SI: Seguridad en caso de incendio.
- Norma CTE-DB-SE-C: Seguridad estructural. Cimientos
- EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural

Para el presente Proyecto Básico y de Ejecución para la ampliación del CEIP Lamas de Abade de Santiago de Compostela, promovido por la Consellería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria, de la Xunta de Galicia, y de acuerdo con el artículo 233.3 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, dada la naturaleza de la obra, el proyecto incluye un estudio geotécnico de los terrenos, sobre los que ésta se va a ejecutar, así como los informes y estudios previos necesarios para la mejor determinación del objeto del contrato.

En este sentido, se ha contado con la documentación geotécnica facilitada por la Consellería de Cultura Educación y Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia, redactado por la empresa GalaiControl, con número de referencia SE-093/18, con fecha de junio de 2018.

Salvaterra de Miño, julio de 2018.



Silvia Rodríguez Rodríguez.
Arquitecta 4.802 del C.O.A.G.