

DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

1. LA ESTRUCTURA, PROTAGONISTA DEL PROYECTO

En este proyecto la estructura juega un papel determinante puesto que refleja los ejes definidores de los espacios de la guardería. Desde el momento en el que se decidieron estos ejes, tuve muy claro que la estructura debía ser fiel a la claridad con la que el espacio era configurado y además, conseguir que su materialidad contribuyera a aflorar las sensaciones que se pretendían conseguir por los usuarios en cada una de esos espacios.

Por un lado, en la **planta baja**, el objetivo era crear un espacio de protección frente al exterior, de **cobijo**, en el que los niños se sintieran seguros y aislados, en el que no se sintieran en inferioridad frente a la desmedida magnitud de los edificios que rodean a la guardería. Es por ello que el material escogido es el hormigón, concretamente muros de carga hormigón que quedan arriostrados por la fachada Este. Se persigue la voluntad de que los niños sean conscientes de la estructura del edificio, es por ello que en todas las zonas en las que ellos acceden la superficie del hormigón queda vista.

Por el contrario, en la **planta primera**, se busca la sensación de **libertad**. Tanto las aulas como la plataforma de juegos son espacios que miran hacia zonas verdes, los niños lanzan su mirada hacia ellas, buscan aprovechar el aire que confinan los edificios sobre la guardería. Para reforzar esta sensación de libertad, de liviandad, es necesario optar por una estructura y unos materiales ligeros. Es por ello que se opta por un revestimiento de las aulas y los espacios auxiliares de paneles Sándwich Robertson Formawall y una estructura metálica, tanto para el forjado intermedio como para el de cubierta.

Estas decisiones estructurales se manifiestan de manera directa en el alzado del edificio, leyéndose perfectamente la idea de proyecto: Un zócalo resistente y rotundo sobre el que se deposita la planta superior del edificio. La transición de los dos niveles queda resuelta con un perfil perimetral que además de colaborar estructuralmente, resuelve la terminación del pavimento y potencia la dualidad estructural.

Cabe destacar la ventaja que supone la incorporación en el diseño de la estructura desde el inicio del proyecto. De este modo, se evitan adoptar soluciones que posteriormente pudieran empeorar el resultado final y la coherencia que se consigue juega en favor de la lectura del edificio.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL

En el siguiente apartado de la memoria se va a realizar la descripción y justificación de la solución estructural adoptada en el proyecto, así como el predimensionado de determinadas zonas de la estructura del edificio en base a la normativa vigente.

El proyecto se desarrolla con una modulación de 1,45m x 1,45m excepto en las zonas intermedias a los espacios principales, en el que se utiliza un módulo de 1,45m x 1,65m. La luz mayor que tiene que salvar la estructura metálica es de 7,25m.

Como ya hemos comentado en el apartado anterior se destila de esta solución estructural dos partes diferenciadas del proyecto.

- Planta baja

La planta baja del edificio se resuelve con una serie de muros de hormigón armado, de 35 cm de espesor que a modo de costillas configuran los espacios interiores de la guardería.,

En la zona de servicios cuando es necesario perforar del muro se hace de manera total, sin necesidad de dejar vigas de canto.

Estos muros de hormigón se apoyan en la cimentación a sus correspondientes zapatas corridas cuyo cálculo de armado y dimensionamiento se especifican más adelante.

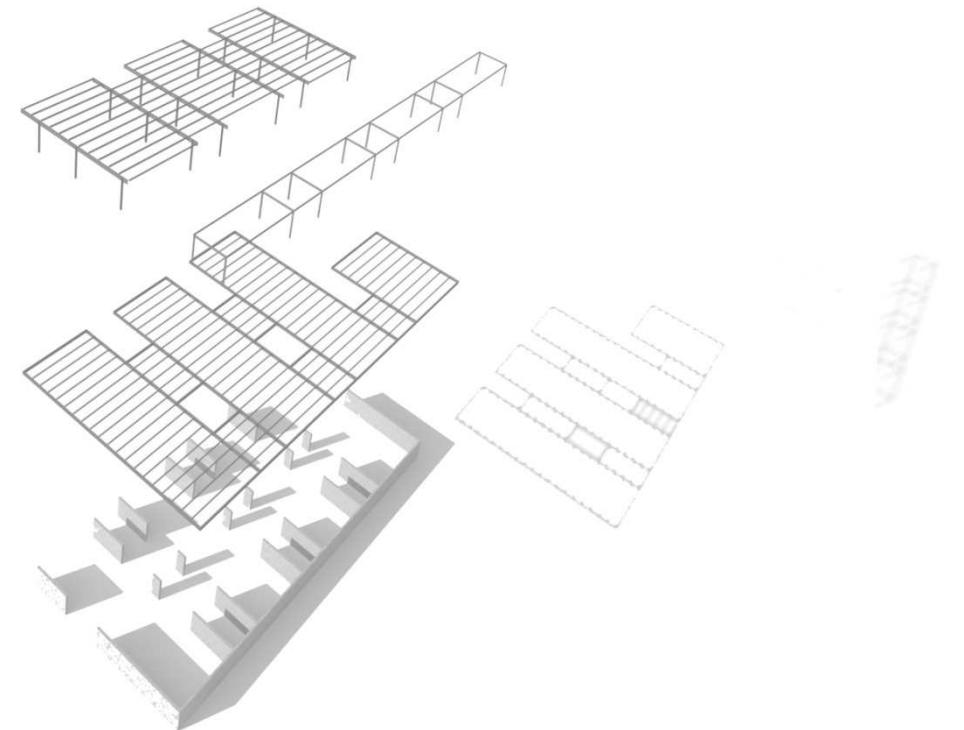
- Planta primera

Toda la planta superior, incluido el forjado intermedio, se resuelven con estructura metálica. Cabe diferenciar las distintas soluciones adoptadas:

El forjado intermedio, que constituye el suelo del patio de juegos y el de las aulas, es un forjado de chapa colaborante de 12 cm en total de espesor que se apoya sobre una parilla de vigas IPE 270.

La cubierta de las aulas está constituida por una chapa grecada acabada con hormigón y sobre la que se coloca una cubierta de losas filtrantes. El soporte inferior de esta cubierta es un entramado de vigas principales IPE300 y vigas IPE 100 perpendiculares a estas. La estructura vertical sobre la que se apoya este entramado está constituida por grupos de tres pilares IPE 180 en cada banda.

El revestimiento de las aulas, de paneles sándwich, es el recuerdo de los muros de hormigón, pero esta vez con materiales ligeros. El espesor total de este cerramiento coincide con el espesor de las costillas de hormigón de la planta inferior. Es necesario por tanto soldar a la parte superior de las vigas principales una chapa metálica que complete los 35 cm de espesor del muro y a su vez, sirva de base para los paneles exteriores y el revestimiento interior.



La zona de las pequeñas edificaciones auxiliares que sirven de apoyo al patio de juegos se resuelve de una forma similar a las aulas pero con cierta independencia. La voluntad de crear un alzado continuo, una superficie de protección en beneficio del juego y la seguridad de los niños y a su vez crear una pequeña sombra, condujo a la decisión de utilizar una malla arquitectónica de chapa microperforada, lo que a su vez propiciará un aspecto unitario a la planta superior y un mayor protagonismo a las aulas. Esta envoltura de maya metálica tiene como soporte una pequeña estructura metálica compuesta por dos perfiles longitudinales IPE 270 que recorren todo el alzado Este en planta superior y perpendiculares a ellos, perfiles IPE 270 que atan el conjunto. La superficie inferior de estos perfiles transversales sirve de apoyo para colgar las cubiertas de los espacios auxiliares (almacén, aseo y ascensor). Los pilares sobre los que se apoya esta pequeña pérgola son perfiles IPE200. Los extremos se resuelven quedando los pilares vistos y sirviendo de continuación de la envoltura de la malla metálica.

La caja de la escalera es un punto especial. Está constituida por una caja de cristal que queda exenta de los pilares para evitar puentes térmicos. Esta caja llega hasta superiormente hasta la prolongación de la cubierta del ascensor la cual se apoya en el extremo en los dos pilares vistos que hemos citado anteriormente.

La solución de las cubiertas de los espacios auxiliares se resuelve con una cubierta tipo Deck.

3. ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

En resumen, los elementos utilizados en la estructura del edificio que serán objeto de cálculo son los siguientes:

- Zapatas corridas de hormigón armado: Ancho mínimo 0,5m, excepto en muros cortos intermedios con un ancho mínimo de 1m. Canto 0,5m.
- Muros de carga de hormigón de 0,35m de espesor
- Forjado Sanitario tipo Cupolex
- Vigas principales forjado intermedio IPE 270
- Vigas secundarias forjado intermedio IPE 270
- Vigas principales cubierta aulas IPE 300
- Vigas secundarias cubierta aulas IPE 100
- Vigas longitudinales (largas) espacios auxiliares IPE 270
- Vigas transversales (cortas) espacios auxiliares IPE 270
- Pilares aulas IPE 180
- Pilares espacios auxiliares IPE 200

4. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

- NORMATIVA EMPLEADA

Se han tenido en cuenta las siguientes normativas vigentes:
CTE DB SE (seguridad estructural)
CTE DB SE-AE (seguridad estructural – acciones en la edificación)
CTE DB SE-A (seguridad estructural – acero)
CTE DB SE-C (seguridad estructural – cimientos)
CTE DB SI (resistencia al fuego de las estructuras de H.A. y acero)
EHE 08 (cálculo en hormigón armado)
NCSE 02 (cálculo sísmoresistente)

- SISTEMA DE UNIDADES

Las unidades utilizadas en este cálculo son las que corresponden al sistema internacional de unidades de medida SI.
m. N. cm. KN/m2 N/mm2 KN/m KN·m

- MATERIALES

HORMIGÓN
Designación **HA – 30 / B / 20 / IIa**
Clase general de exposición IIa
Cemento CEM II 42,5
Máxima relación a/c 0,6
Resistencia característica del hormigón 30 N/mm2 (fck)
Recubrimiento mínimo nominal 35 mm
Módulo de elasticidad a los 28 días 28600 N/mm2 (Ec28)
Consistencia Blanda
Diámetro máximo de árido 20 mm

ACERO PARA ARMAR
Designación **B – 500S**
Límite Elástico 500 N/mm2 (fyk)
Módulo de Poisson 0,3 (ν)
Módulo de Elasticidad 200000 N/mm2 (Es)

ACERO LAMINADO
Designación **S275**
Límite Elástico 275 N/mm2 (fyk)
Módulo de Poisson 0,3 (ν)
Módulo de Elasticidad 200000 N/mm2 (Es)

- COEFICIENTES DE MINORACIÓN DE RESISTENCIA

Hormigón **1,5** (γc)
Acero para armar **1,15** (γs)
Acero laminado **1,05** (γs)

- ENSAYOS A REALIZAR

Se realizarán los ensayos pertinentes de cada material en función del nivel de control de la obra, que será nivel normal, de acuerdo con la EHE – 08 para el hormigón y el CTE SE – A para el Acero.

5. ESTIMACIÓN DE CARGAS - ACCIONES

6. COMBINACIÓN DE CARGAS

Para la realización de las hipótesis se ha tenido en cuenta tanto los coeficientes de mayoración de las acciones como los coeficientes de simultaneidad.
Dado que la sobrecarga de uso resulta mucho mayor que la producida por el viento y la nieve se llega a la conclusión de que será ésta la que domine sobre las otras. Es el programa Metal 3D, utilizado para el cálculo, el encargado de seleccionar la combinación más desfavorable.
Estados Límites Últimos (ELU)

Tipo de acción	Situación permanente o transitoria		Situación accidental	
	Favorable	Desfavorable	Favorable	Desfavorable
G permanente	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
G' perm. no const.	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,50$	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
Q variable	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,50$	$\gamma_Q=0$	$\gamma_Q=1,00$
Accidental			$\gamma_A=1,00$	$\gamma_A=1,00$

Estados Límites de Servicio (ELS)

Tipo de acción		
	Favorable	Desfavorable
G permanente	$g_G=1,00$	$g_G=1,35$
G' perm. no const.	$g_G=1,00$	$g_G=1,50$
Q variable	$g_Q=0,00$	$g_Q=1,50$

Los coeficientes de simultaneidad para sobrecargas serán los siguientes:

	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Zonas destinadas al público	0,70	0,70	0,60
Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento	0,00	0,00	0,00

Para nieve serán:

	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Nieve altitud < 1000 m.	0,50	0,50	0,00

Las situaciones consideradas serán las siguientes:

Estados Límite Últimos:
Situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Estados Límite de Servicio:
Combinación característica o poco frecuente (acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,1} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente (acciones de corta duración que pueden ser reversibles)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasi permanente (acciones de larga duración)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

7. MODELO DE CÁLCULO

Para la obtención de las solicitaciones y el dimensionamiento de los elementos estructurales se ha empleado el programa de cálculo METAL 3D, herramienta DE CypeCAD, que permite realizar un análisis de las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D por métodos matriciales para todos los elementos que componen la estructura.

8. ESTADOS LÍMITE

La estructura se ha analizado y dimensionado frente a los estados límite, que son aquellas situaciones en que, en caso de verse superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales por los cuales ha sido concebido.

- ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

La estructura se ha calculado frente a los estados límites últimos, que son aquellos que en caso de verse superados constituyen un riesgo para las personas por producirse un colapso total o parcial del edificio.

En general se ha considerado:

- a. Pérdida de equilibrio del edificio o de una parte de este, considerándolo como cuerpo rígido.
- b. Fallo por deformación excesiva convirtiendo la estructura en un mecanismo.
- c. Rotura de los elementos estructurales o de sus uniones
- d. Desgaste por efectos de la fatiga o la corrosión.

Se ha comprobado que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la condición: $E_d \leq R_d$, siendo E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones, R_d el valor de cálculo de la resistencia correspondiente. Se ha comprobado que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio y todas las partes independientes del mismo, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la condición: $E_d, d_{st} \leq E_d, STB$, siendo E_d, d_{st} el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras, E_d, STB el valor de cálculo de las acciones estabilizadoras.

- ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

La estructura se ha calculado frente a los Estados Límites de Servicio, que son los que, en caso de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, el correcto funcionamiento del edificio o la semejanza de la construcción.

Los E.L.S. pueden ser reversibles o irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que exceden los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado las siguientes:

- a. Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecte a la semejanza de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones.
 - b. Las vibraciones que causan una falta de confort de las personas, o que afectan a la funcionalidad de la obra.
 - c. Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la semejanza, la durabilidad o la funcionalidad de la obra.
- Las verificaciones del s. E.L.S., que aseguran la aptitud al servicio de la estructura, han comprobado los su comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones y el deterioro, porque se cumple, por las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido por dicho efecto al DB-SE 4.3.