



**ANEXO I:
MEMORIA DE CÁLCULO PARA PROYECTO BÁSICO DE REFORMA Y AMPLIACIÓN
DE LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS DEL HOSPITAL SAN PEDRO**



ÍNDICE

1 -	OBJETO, PREMISAS Y DOCUMENTACIÓN	2
2 -	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA	2
3 -	CUMPLIMIENTO CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)	6
3.1 -	Seguridad estructural (SE)	7
3.2 -	Acciones en la edificación (SE-AE)	9
3.2.1 -	Cargas gravitatorias	10
3.3 -	Cimentaciones (SE-C)	11
3.4 -	Estructuras de acero (SE-A)	13
3.4.1 -	Bases de cálculo	13
3.4.2 -	Durabilidad	14
3.4.3 -	Materiales	15
3.4.4 -	Análisis estructural	15
3.4.5 -	Estados límite últimos	15
3.4.6 -	Estados límite de servicio	16
3.4.7 -	Programa de cálculo	16
3.5 -	Cumplimiento de la instrucción de hormigón estructural CE	17
3.5.1 -	Estructura	17
3.5.2 -	Memoria de cálculo	17
3.5.3 -	Estado de cargas consideradas	18
3.5.4 -	Características de los materiales	18
3.5.5 -	Coeficientes de seguridad y niveles de control	19
3.5.6 -	Durabilidad	19
3.6 -	Recomendaciones protección al fuego de la estructura	20
3.6.1 -	A alcance	20
3.6.2 -	Definiciones	20
3.6.3 -	Bases del Proyecto	20
3.6.4 -	Método de comprobación mediante tablas	21
3.6.5 -	Valores de cálculo adoptados:	25



La altura libre en planta baja y planta primera difieren ligeramente, no siendo en ningún caso inferiores a 3.5m.



Figura 2. Sección por ampliación longitudinal (superior) y transversal (inferior)

A la vista de los condicionantes arquitectónicos, se proyectan como soluciones estructurales idóneas, las formadas por:

Estructura horizontal

Teniendo en cuenta las luces y cargas existentes se diseñan las siguientes tipologías:

- Vigas metálicas mediante perfiles de sección abierta tipo IPE
- Viguetas metálicas mediante perfiles de sección abierta tipo UPN
- Forjado de chapa colaborante de 6+5cm
- Cubierta ligera con panel sándwich

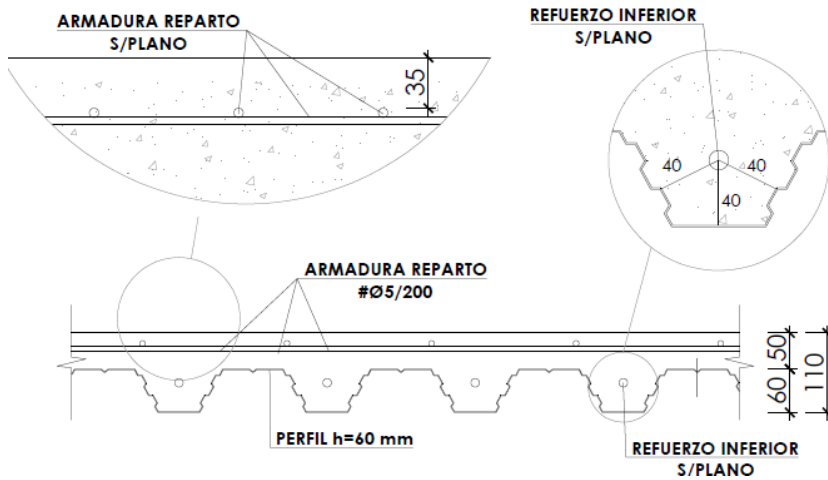


Figura 3. Sección tipo forjado

Estructura vertical

Pilares de acero de sección tubular tipo SHS.

La estructura metálica se compone de una serie de módulos premontados en taller y compuestos de pilares, vigas y viguetas, según esquemas indicados debajo.

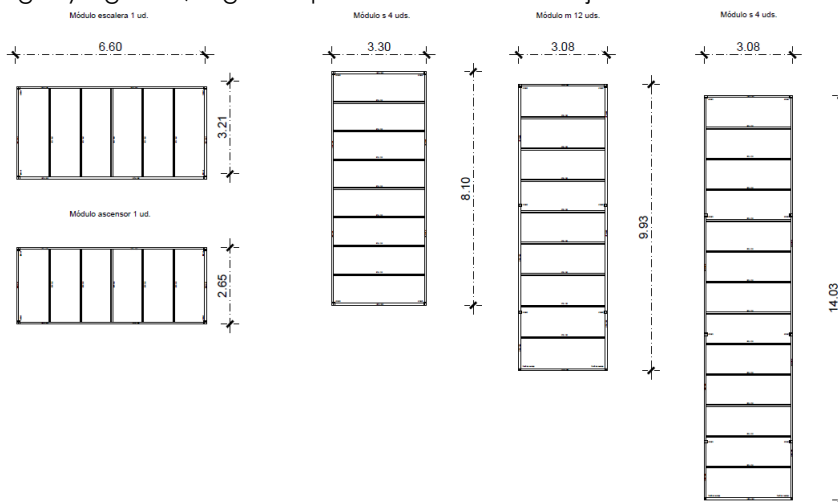


Figura 4. Módulos fabricados en taller (dimensiones en planta)

Excepcionalmente, en las fachadas lindero con el edificio existentes, los módulos estructurales presentan un voladizo, dispuesto con el fin de retranquear la cimentación de la nueva estructura con respecto a la del edificio existente, evitando así posibles afecciones.

Cimentación y contención

A partir de los datos y conclusiones facilitados por el Informe Geotécnico, se proyectan las siguientes tipologías de cimentación y contención:

- Cimentación semi profunda de zapatas con pozos para no afectar a la cimentación existente. Los

pozos deberán empotrar 50cm en el estrato resistente.

- Solera de hormigón de 15cm sobre encachado de 20cm

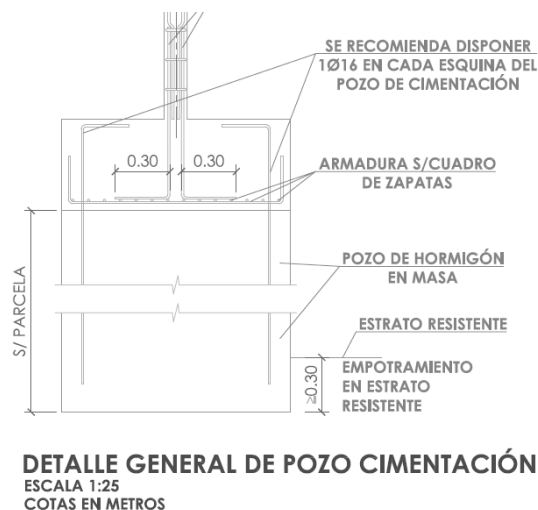


Figura 5. Detalle tipo pozo de hormigón bajo zapata

Los valores considerados del terreno existente, adoptados a partir del informe geotécnico son los siguientes:

Tensión Admisible:	$\sigma = 200 \text{ KN/m}^2$
Nivel freático	NF = -7.20m
Densidad del terreno:	$\gamma = 2 \text{ KN/m}^3$
Ángulo de rozamiento interno:	$\Phi = 35^\circ$
Cohesión:	c = 0 kPa
Módulo de deformación:	E = 32.8 MPa

Estos valores se deberán comprobar con las características reales del terreno.



3 - CUMPLIMIENTO CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

Prescripciones aplicables juntamente con DB SE

El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará juntamente con ellos:

	Apartado		Procedimiento	No procedimiento
DB-SE	0	Seguridad estructural:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-AE	3.2 -	Acciones en la edificación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-C	3.3 -	Cimentaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-A	3.4 -	Estructuras de acero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-F		Estructuras de fábrica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DB-SE-M		Estructuras de madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

	apartado		Procedimiento	No procedimiento
NCSE	¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	Norma de construcción sismorresistente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CE	3.5 -	Código estructural	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE núm. 74, martes 28 marzo 2006)

Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE).

1. El objetivo del requisito básico «Seguridad estructural» consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.
2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. Los Documentos Básicos «DB SE Seguridad Estructural», «DB-SE-AE Acciones en la edificación», «DB-SE-C Cimentaciones», «DB-SE-A Acero», «DB-SE-F Fábrica» y «DB-SE-M Madera», especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.
4. Las estructuras de hormigón están reguladas por la Instrucción de Hormigón Estructural vigente.

10.1 Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad: la resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

10.2 Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio: la aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

3.1 - Seguridad estructural (SE)

Análisis estructural y dimensionado

Proceso	-DETERMINACIÓN DE SITUACIONES DE DIMENSIONADO -ESTABLECIMIENTO DE LAS ACCIONES -ANÁLISIS ESTRUCTURAL -DIMENSIONADO	
Situaciones de dimensionado	PERSISTENTES	condiciones normales de uso
	TRANSITORIAS	condiciones aplicables durante un tiempo limitado.
	EXTRAORDINARIAS	condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesto el edificio.
Periodo de servicio	50 Años	
Método de comprobación	Estados límites	
Definición estado límite	Situaciones que de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple con alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido	
Resistencia y estabilidad	ESTADO LÍMITE ÚLTIMO: Situación que de ser superada, existe un riesgo para las personas, ya sea por una puesta fuera de servicio o por colapso parcial o total de la estructura: <ul style="list-style-type: none"> - pérdida de equilibrio - deformación excesiva - transformación de estructura en mecanismo - rotura de elementos estructurales o sus uniones - inestabilidad de elementos estructurales 	
Aptitud de servicio	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO: Situación que de ser superada se afecta: <ul style="list-style-type: none"> - el nivel de confort y bienestar de los usuarios - correcto funcionamiento del edificio - apariencia de la construcción 	

Acciones



Clasificación de las acciones	PERMANENTES	Aquellas que actúan en todo instante, con posición constante y valor constante (pesos propios) o con variación despreciable: acciones reológicas
	VARIABLES	Aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio: uso y acciones climáticas
	ACCIDENTALES	Aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia: sismo, incendio, impacto o explosión.
Valores característicos de las acciones	Los valores de las acciones se recogerán en la justificación del cumplimiento del DB SE-AE	
Datos geométricos de la estructura	La definición geométrica de la estructura está indicada en los planos de proyecto.	
Características de los materiales	Los valores característicos de las propiedades de los materiales se detallarán en la justificación del DB correspondiente o bien en la justificación de la EHE 08.	
Modelo análisis estructural	Se realiza un cálculo espacial en tres dimensiones modelizando la estructura mediante elementos tipo barra. A los efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales, por tanto, un cálculo en primer orden.	

Verificación de la estabilidad

Ed, dst [Ed, stb]	Ed, dst: valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras. Ed, stb: valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.
-------------------	---

Verificación de la resistencia de la estructura

Ed [Rd]	Ed: valor de cálculo del efecto de las acciones Rd: valor de cálculo de la resistencia correspondiente
---------	---

Combinación de acciones

El valor de cálculo de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria y los correspondientes coeficientes de seguridad se han obtenido de la fórmula 4.3 y de las tablas 4.1 y 4.2 del presente DB.

El valor de cálculo de las acciones correspondientes a una situación extraordinaria se ha obtenido de la expresión 4.4 del presente DB y los valores de cálculo de las acciones se ha considerado 0 o 1 si su acción es favorable o desfavorable respectivamente.

Verificación de la aptitud de servicio

Se considera un comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro si se cumple que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Flechas	La limitación de la flecha total es de 1/350 de la luz. La limitación de la flecha activa es de 1/500 de la luz
---------	--



Desplazamientos horizontales	El desplome total limite es 1/500 de la altura total en situaciones persistentes o transitorias y de 1/250 de cada planta.
------------------------------	--

3.2 - Acciones en la edificación (SE-AE)

Acciones Permanentes (G):	Peso Propio de la estructura:	Corresponde generalmente a los elementos calculados a partir de su sección bruta y multiplicados por 78,5 (peso específico del acero estructural), o 25 (peso específico del hormigón armado)
	Cargas Muertas:	Son elementos tales como el pavimento y la tabiquería (aunque esta última podría considerarse una carga variable, si su posición o presencia varía a lo largo del tiempo). Se estiman uniformemente repartidas en la planta.
	Peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento:	Estos se consideran al margen de la sobrecarga de tabiquería. .

Acciones Variables (Q):	La sobrecarga de uso:	Se adoptarán los valores según DB SE AE.
	Las acciones climáticas:	El viento: Se ha considerado una carga de viento en la estructura según DB SE AE. La temperatura: Las dimensiones de la estructura no son superiores a 40m ya que existen juntas de dilatación en cada bloque. No es necesario considerar acciones térmicas. La nieve: Se ha considerado una carga de nieve en la estructura según DB SE AE.
	Las acciones químicas, físicas y biológicas:	Las acciones químicas que pueden causar la corrosión de los elementos de acero se pueden caracterizar mediante la velocidad de corrosión que se refiere a la pérdida de acero por unidad de superficie del elemento afectado y por unidad de tiempo. La velocidad de corrosión depende de parámetros ambientales tales como la disponibilidad del agente agresivo necesario para que se active el proceso de la corrosión, la temperatura, la humedad relativa, el viento o la radiación solar, pero también de las características del acero y del tratamiento de sus superficies, así como de la geometría de la estructura y de sus detalles constructivos. El sistema de protección de las estructuras de acero se regirá por el DB-SE-A. En cuanto a las estructuras de hormigón estructural se regirán por el Art.3.4.2 del DB-SE-AE.



	Acciones accidentales (A):	Los impactos, las explosiones, el sismo, el fuego. Las acciones debidas al sismo están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. En este caso, debido a la situación geográfica del edificio (Logroño, La Rioja), no será necesario tener en cuenta la acción sísmica.
--	----------------------------	--

3.2.1 - Cargas gravitatorias

1 ACCIONES GRAVITATORIAS

CARGAS REPARTIDAS *KN/m2*

FORJADO COLABORANTE 5+6	1,99 kN/m2
CUBIERTA	0,5-0,6 kN/m2
CUBIERTA ZONA BANCADA LOSA 18cm	4,5 kN/m2
CUBIERTA ZONA ASCENSOR LOSA 20cm	5,0 kN/m2

PLANTA	CARGA MUERTA (KN/m2)	SOBRECARGA USO (KN/m2)	CARGA NIEVE (KN/m2)
PLANTA BAJA ZONA HOSPITAL	2,50	5,00	
PLANTA PRIMERA ZONA HOSPITAL	2,50	5,00	
PLANTA CUBIERTA ZONA GENERAL (MANTENIMIENTO)	1,00	0,40	0,60
ZONA INSTALACIONES	4,00	3,00	0,60

CARGAS LINEALES *KN/ml*

FACHADA	4,00	KN/ml
PETO CUBIERTA/TERRAZAS	1,00	KN/ml



3.3 - Cimentaciones (SE-C)

Bases de cálculo

Método de cálculo:	de	El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites Últimos (apartado 3.2.1 DB-SE) y los Estados Límites de Servicio (apartado 3.2.2 DB-SE). El comportamiento de la cimentación debe comprobarse frente a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud de servicio.
Verificaciones:		Las verificaciones de los Estados Límites están basadas en el uso de un modelo adecuado para el sistema de cimentación elegido y el terreno de apoyo de esta.
Acciones:		Se ha considerado las acciones que actúan sobre el edificio soportado según el documento DB-SE-AE y las acciones geotécnicas que transmiten o generan a través del terreno en que se apoya según el documento DB-SE en los apartados (4.3 - 4.4 - 4.5).

Estudio geotécnico realizado

Generalidades:	El análisis y dimensionamiento de la cimentación exige el conocimiento previo de las características del terreno de apoyo, la tipología del edificio previsto y el entorno donde se ubica la construcción. A partir del estudio geotécnico del que se dispone, se obtienen las siguientes características	
Empresa:	Laboratorios Entecsa	
Nombre del autor/es firmantes:	Marian Marqués González Julián Clemente García	
Titulación/es:	Dtra. Técnica I.T. Industrial Geólogo	
Número de Sondeos:	1 Sondeo mecánico a rotación con extracción continua de muestra 2 Pruebas de penetración dinámica tipo DPSH	
Descripción de los terrenos:	Nivel 1: Rellenos antrópicos Nivel 2: Gravas aluviales	
Resumen parámetros geotécnicos:	Cota de cimentación	Cota superficial de la zapata: -0.86m Cota superficial del forjado: -0.05m
	Estrato previsto para cimentar	Nivel 2
	Nivel freático	-7.20m
	Tensión admisible considerada	200 kN/m ²
	Peso específico del terreno	20.0 kN/m ³
	Ángulo de rozamiento interno del terreno	35°
	Cohesión del terreno	0 kN/m ²



Cimentación

Descripción:	Zapatas aisladas o combinadas sobre pozos de cimentación
Material adoptado:	Hormigón armado.
Dimensiones y armado:	Las dimensiones y armados se indican en planos de estructura. Se han dispuesto armaduras que cumplen con las cuantías mínimas indicadas en la instrucción de hormigón estructural CE atendiendo a elemento estructural considerado.
Condiciones de ejecución:	-



3.4 - Estructuras de acero (SE-A)

3.4.1 - Bases de cálculo

Criterios de verificación

La verificación de los elementos estructurales de acero se ha realizado:

<input type="checkbox"/>	Cálculo manual	<input type="checkbox"/>	Toda la estructura:											
		<input type="checkbox"/>	Parte de la estructura:											
<input checked="" type="checkbox"/>	Mediante programa informático	<input checked="" type="checkbox"/>	Toda la estructura	<table border="1"> <tr> <td>Nombre del programa:</td> <td>Sofistik</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>2018</td> </tr> <tr> <td>Empresa:</td> <td>Sofistik S. A</td> </tr> <tr> <td>Domicilio:</td> <td>Flataustr, 14 90411 Nürnberg, Alemania</td> </tr> </table>	Nombre del programa:	Sofistik	Versión:	2018	Empresa:	Sofistik S. A	Domicilio:	Flataustr, 14 90411 Nürnberg, Alemania		
Nombre del programa:	Sofistik													
Versión:	2018													
Empresa:	Sofistik S. A													
Domicilio:	Flataustr, 14 90411 Nürnberg, Alemania													
		<input type="checkbox"/>	Parte de la estructura:	<table border="1"> <tr> <td>Identificar los elementos de la estructura:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre del programa:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Empresa:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Domicilio:</td> <td></td> </tr> </table>	Identificar los elementos de la estructura:		Nombre del programa:		Versión:		Empresa:		Domicilio:	
Identificar los elementos de la estructura:														
Nombre del programa:														
Versión:														
Empresa:														
Domicilio:														

Se han seguido los criterios indicados en el Código Técnico para realizar la verificación de la estructura en base a los siguientes estados límites:

Estado límite último	Se comprueban los estados relacionados con fallos estructurales como son la estabilidad y la resistencia.
Estado límite de servicio	Se comprueban los estados relacionados con el comportamiento estructural en servicio.

Estados límite últimos

La verificación de la capacidad portante de la estructura de acero se ha comprobado para el estado límite último de estabilidad, en donde:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$	siendo: $E_{d,dst}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras $E_{d,stab}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras
-----------------------------	---

y para el estado límite último de resistencia, en donde:

$E_d \leq R_d$	siendo: E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones R_d el valor de cálculo de la resistencia correspondiente
----------------	--

Al evaluar E_d y R_d , se han tenido en cuenta los efectos de segundo orden de acuerdo con los criterios establecidos en el Documento Básico.



Estados límite de servicio

Para los diferentes estados límite de servicio se ha verificado que:

$E_{ser} \leq C_{lim}$	siendo: E_{ser} el efecto de las acciones de cálculo; C_{lim} valor límite para el mismo efecto.
------------------------	--

Modelado y análisis

El análisis de la estructura se ha basado en un modelo que proporciona una previsión suficientemente precisa del comportamiento de esta.

Las condiciones de apoyo que se consideran en los cálculos corresponden con las disposiciones constructivas previstas.

Se consideran a su vez los incrementos producidos en los esfuerzos por causa de las deformaciones (efectos de 2º orden) allí donde no resulten despreciables.

En el análisis estructural se han tenido en cuenta las diferentes fases de la construcción, incluyendo el efecto del apeo provisional de los forjados cuando así fuere necesario.

<input checked="" type="checkbox"/> la estructura está formada por pilares y vigas	<input type="checkbox"/> existen juntas de dilatación	<input type="checkbox"/> separación máxima entre juntas de dilatación $d > 40m$	<input type="checkbox"/> ¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> no existen juntas de dilatación		<input type="checkbox"/> ¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>

- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | La estructura se ha calculado teniendo en cuenta las solicitaciones transitorias que se producirán durante el proceso constructivo |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Durante el proceso constructivo no se producen solicitaciones que aumenten las inicialmente previstas para la entrada en servicio del edificio |

Geometría

En la dimensión de la geometría de los elementos estructurales se ha utilizado como valor de cálculo el valor nominal de proyecto.

3.4.2 - Durabilidad

Se han considerado las estipulaciones del apartado "3 Durabilidad" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero", y que se recogerán en el documento "Pliego de Condiciones Técnicas" de este proyecto.



3.4.3 - Materiales

El tipo de acero utilizado en chapas y perfiles es: S275 JR

Designación	Espesor nominal t (mm)			Temperatura del ensayo Charpy °C	
	f _y (N/mm²)				f _u (N/mm²)
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235JO	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					2
S275JO	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355JO	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450JO	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

f_y tensión de límite elástico del material

f_u tensión de rotura

3.4.4 - Análisis estructural

La comprobación ante cada estado límite se realiza en dos fases: determinación de los efectos de las acciones (esfuerzos y desplazamientos de la estructura) y comparación con la correspondiente limitación (resistencias, y flechas y vibraciones admisibles respectivamente). En el contexto del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero" a la primera fase se la denomina de *análisis* y a la segunda de *dimensionado*.

3.4.5 - Estados límite últimos

La comprobación frente a los estados límites últimos supone la comprobación ordenada frente a la resistencia de las secciones, de las barras y las uniones.

El valor del límite elástico utilizado será el correspondiente al material base según se indica en el apartado 3 del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero". No se considera el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

Se han seguido los criterios indicados en el apartado "6 Estados límite últimos" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero" para realizar la comprobación de la estructura, en base a los siguientes criterios de análisis:

- Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada una de ellas de los valores de resistencia:
 - Resistencia de las secciones a tracción
 - Resistencia de las secciones a corte
 - Resistencia de las secciones a compresión
 - Resistencia de las secciones a flexión
 - Interacción de esfuerzos:
 - Flexión compuesta sin cortante
 - Flexión y cortante
 - Flexión, axil y cortante
- Comprobación de las barras de forma individual según esté sometida a:
 - Tracción
 - Compresión
 - Flexión
 - Interacción de esfuerzos:

- Elementos flectados y traccionados
- Elementos comprimidos y flectados

3.4.6 - Estados límite de servicio

Para las diferentes situaciones de dimensionado se ha comprobado que el comportamiento de la estructura en cuanto a deformaciones, vibraciones y otros estados límite, está dentro de los límites establecidos en el apartado "7.1.3. Valores límites" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero".

3.4.7 - Programa de cálculo

SOFISTIK es un programa genérico de elementos finitos que permite el análisis de estructuras bidimensionales o tridimensionales. Los modelos pueden estar formados por elementos finitos tipo placa, o elementos barra tipo beam o cable. El programa se estructura en módulos que realizan tareas específicas. Los módulos utilizados en este proyecto han sido:

- Módulo AQUA. Definición de materiales y secciones.
- Módulo SOFIMSHC. Definición del modelo geométrico matemático. El programa admite tanto elementos finitos tipo placa, como elementos tipo barra.
- Módulo SOFILOAD. Definición las acciones exteriores.
- Módulo ASE. Cálculo de elementos tipo barra y tipo placa sometidos a esfuerzo axial, momentos y cortantes. El programa es capaz de hacer análisis lineales según teoría de 1^{er} ó 2^o orden.
- Módulo MÁXIMA. Superposición de esfuerzos de hipótesis de cargas.
- Módulo AQB. Cálculo de tensiones para elementos tipo viga.

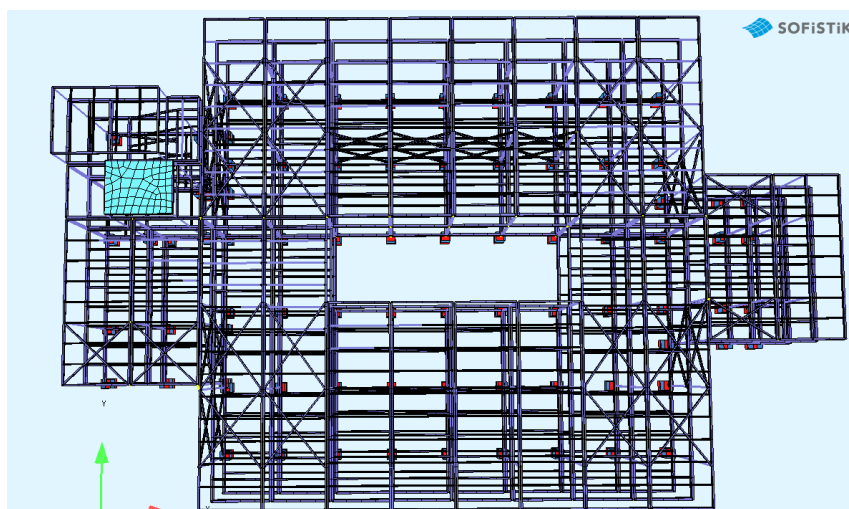


Figura 6. Modelo 3D de cálculo (vista desde arriba)

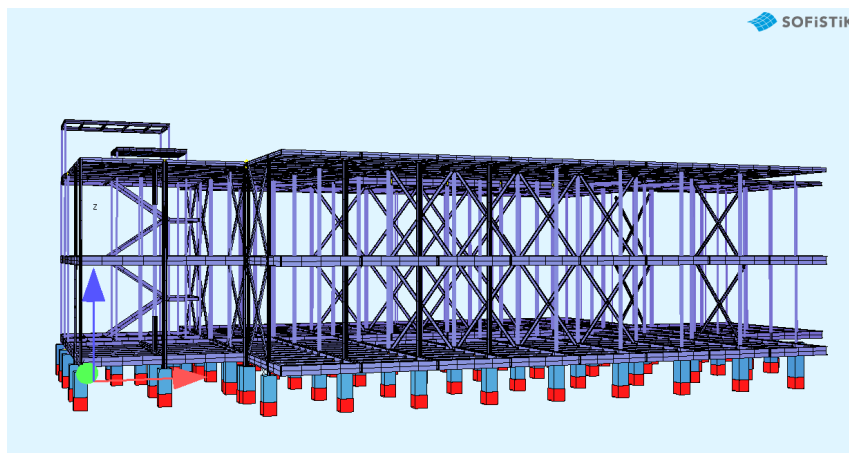


Figura 7. Modelo 3D de cálculo (vista en perspectiva)

3.5 - Cumplimiento de la instrucción de hormigón estructural CE

(RD 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural)

3.5.1 - Estructura

Descripción del sistema estructural:

Estructura horizontal
Forjados mixtos de chapa colaborante 6+5cm

3.5.2 - Memoria de cálculo

Método de cálculo:	El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites de la vigente CE, utilizando el Método de Cálculo en Rotura.	
Redistribución de esfuerzos:	Se realiza una plastificación de hasta un 15% de momentos negativos en vigas.	
Deformaciones:	Lím. flecha total	Lím. flecha activa
	L/350	L/500
Cuantías geométricas:	Para la estimación de flechas se considera la Inercia Equivalente (I_e) a partir de la Fórmula de Branson.	
	Se considera el módulo de deformación E_c . Serán como mínimo las fijadas por la Instrucción vigente.	



3.5.3 - Estado de cargas consideradas

Las combinaciones de las acciones consideradas se han establecido siguiendo los criterios de:	NORMA ESPAÑOLA CE DOCUMENTO BÁSICO SEGURIDAD ESTRUCTURAL (CÓDIGO TÉCNICO)
Los valores de las acciones serán los recogidos en:	DOCUMENTO BÁSICO SE-AE (CÓDIGO TÉCNICO)
Horizontales: Viento	Se ha considerado la acción del viento según se puede consultar en el Anejo de este documento
Cargas Térmicas	Dadas las dimensiones del edificio, no es necesario considerarlas.

Se pueden consultar en el apartado anterior de este documento "Cargas gravitatorias".

3.5.4 - Características de los materiales

Cimentaciones y contenciones

-Hormigón	HA-25/F/20/XC2
-Tipo de cemento.	CEM I
-Tamaño máximo de árido.	20 mm.
-Máxima relación agua/cemento	0.60
-Mínimo contenido de cemento.	275 kg/m ³
-f _{ck} .	25 Mpa (N/mm ²)
-Tipo de acero.	B-500SD
-f _{yk}	500 N/mm ² =5100 kg/cm ²

Estructura: forjado colaborante y losa

-Hormigón	HA-25/F/20/XC1
-Tipo de cemento.	CEM I
-Tamaño máximo de árido.	20 mm.
-Máxima relación agua/cemento	0.65
-Mínimo contenido de cemento.	250kg/m ³
-f _{ck} .	25 Mpa (N/mm ²)
-Tipo de acero.	B-500SD
-f _{yk}	500 N/mm ² =5100 kg/cm ²

3.5.5 - Coeficientes de seguridad y niveles de control

El nivel de control de materiales de acuerdo con el artº 14.3 del CE para esta obra es normal.

Hormigón cimentación	Coeficiente de minoración		1.50	
	Nivel de control		ESTADISTICO	
Hormigón estructura	Coeficiente de minoración		1.50	
	Nivel de control		ESTADÍSTICO	
Acero	Coeficiente de minoración		1.15	
	Nivel de control		NORMAL	
Ejecución cimentación	Coeficiente de mayoración			
	Cargas Permanentes...	1.35	Cargas variables	1.5
Ejecución estructura	Coeficiente de mayoración			
	Cargas Permanentes...	1.35	Cargas variables	1.5

El nivel de control de ejecución de la estructura se realizará según el artículo 22 del CE.

3.5.6 - Durabilidad

Recubrimientos exigidos:

Al objeto de garantizar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, el artículo 44 del CE establece los siguientes parámetros:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r$$

Control NORMAL: $\Delta r = 10 \text{ mm}$

ELEMENTO	AMBIENTE	r_{nom} (mm)
Cimentación	XC2	50
Forjado colaborante y losa	XC1	25

Para garantizar estos recubrimientos se exigirá la disposición de separadores homologados de acuerdo con los criterios descritos en cuando a distancias y posición en el artículo 43 del vigente CE.

Cantidad mínima de cemento:

Para el ambiente considerado XC1, la cantidad mínima de cemento requerida es de 250 kg/m³.

Para el ambiente considerado XC2, la cantidad mínima de cemento requerida es de 275 kg/m³.

Resistencia mínima recomendada:

Para ambiente XC1 se ha empleado una resistencia mínima de 25 MPa.

Para ambiente XC2, se ha empleado una resistencia mínima de 25 MPa.

Relación agua cemento:

La cantidad máxima de agua se deduce de la relación en ambiente XC1 ≤ 0.65 .

La cantidad máxima de agua se deduce de la relación en ambiente XC2 ≤ 0.60 .

Aditivos:

No se precisan

3.6 - Recomendaciones protección al fuego de la estructura

3.6.1 - Alcance

En este anejo se establecen métodos simplificados y tablas que permiten determinar, del lado de la seguridad, la resistencia de los elementos estructurales de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura, según UNE-EN 1363-1. Dichos métodos deben considerarse como condición suficiente para establecer la resistencia al fuego de los elementos estructurales de hormigón.

3.6.2 - Definiciones

Se denomina resistencia al fuego de una estructura o de una parte de ella a su capacidad para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (RD 312/2005).

Se denomina, asimismo, resistencia normalizada al fuego de una estructura o parte de la (usualmente sólo elementos aislados) a su resistencia al fuego normalizado, dado por la curva de tiempo-temperatura UNE-EN 1363-1. El tiempo máximo de exposición hasta que resulte inminente la pérdida de capacidad para satisfacer las funciones requeridas se denomina período de resistencia al fuego normalizado, y se expresa en minutos según una escala que establece la UNE-EN 13501-2.

Los tiempos nominales de resistencia al fuego utilizados en este Anejo pertenecen a la escala que establece la norma UNE-EN 13501-2 y son las siguientes: 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos.

Para la clasificación del comportamiento frente al fuego, se establecen tres criterios:

- Por capacidad portante de la estructura (criterio R).
- Por estanquidad al paso de llamas y gases calientes (criterio E).
- Por aislamiento térmico en caso de fuego (criterio I).

3.6.3 - Bases del Proyecto

COMBINACIONES DE ACCIONES

Para la obtención de los esfuerzos debidos a la acción del fuego y otras acciones concomitantes, se adoptará la combinación correspondiente a una situación accidental, de acuerdo con lo expresado en el Artículo 13º de esta Instrucción.

Cuando se utilice el método simplificado de la isoterma 500º, expuesto en el apartado 7, podrán adoptarse, simplificadaamente, como esfuerzos para la comprobación de la situación accidental de fuego, los obtenidos para la combinación pésima de acciones para temperatura ambiente disminuidos por un factor global η_{fi}

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} E_d$$

Donde:

- $E_{fi, d, t}$ Valor de los esfuerzos de cálculo a considerar en la comprobación de la situación accidental de fuego.
- E_d Valor de los esfuerzos de cálculo a considerar en la comprobación de situaciones permanentes o transitorias a temperatura ambiente.
- η_{fi} Factor reducción, que puede obtenerse con la siguiente expresión:

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \psi_{1,1}Q_{K,1}}{\gamma_G G_K + \gamma_{Q,1}Q_{K,1}}$$

Puede adoptarse, de forma simplificada:

- $\eta_{fi} = 0,6$ para casos normales.
- $\eta_{fi} = 0,7$ para zonas de almacenamiento

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LOS MATERIALES

Los coeficientes parciales de seguridad para los materiales se consideran iguales a la unidad, $\gamma_c = 1,0$ y $\gamma_s = 1,0$.

3.6.4 - Método de comprobación mediante tablas

GENERALIDADES

Mediante las tablas y apartados siguientes puede obtenerse la resistencia de los elementos estructurales a la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura de los elementos estructurales, en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras.

Para la aplicación de las tablas, se define como distancia equivalente al eje a_m , a efectos de resistencia al fuego, al valor:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} f_{yki}}$$

Siendo:

- A_{si} Área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa;
- a_{si} distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo, considerando los revestimientos en las condiciones que más adelante se establecen;
- f_{yki} resistencia característica del acero de las armaduras i ;
- Δa_{si} corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla A.6.5.1.



TABLA A.6.5.1
Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
$\leq 0,4$	+5	0	-5	-10	-10	-15
0,5	0		-10	-15		
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se decrementarán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla A.6.5.5.2.

Siendo μ_{fi} el coeficiente de sobredimensionado de la sección en estudio, definido como:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d,t}}{R_{fi,d,0}}$$

Donde:

$R_{fi,d,0}$ Resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.

Las correcciones para valores de μ_{fi} inferiores a 0,5 en vigas, losas y forjados, sólo podrán considerarse cuando dichos elementos estén sometidos a cargas distribuidas de forma sensiblemente uniforme.

Para valores intermedios se puede interpolar linealmente.

De forma simplificada, para situaciones con nivel de control normal, puede adoptarse como valor de μ_{fi} , 0,5 con carácter general y 0,6 en zonas de almacén.

Los valores dados en las tablas son aplicables a hormigones de densidad normal, de resistencia característica $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$, confeccionados con áridos de naturaleza silíceo.

Cuando se empleen hormigones con áridos de naturaleza caliza, pueden admitirse las reducciones siguientes:

- En vigas y losas, un 10% tanto en las dimensiones mínimas de la sección recta como en la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras (a_{min}).
- En muros no resistente (particiones), un 10% en el espesor mínimo.
- En muros resistentes y pilares, no se admitirá reducción alguna.

Cuando se empleen hormigones de resistencia característica comprendida entre $50 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$, con contenido de sílice activa menor del 6% en peso del contenido de cemento, las dimensiones mínimas de la sección establecidas en las tablas, deben incrementarse en:

- En elementos expuestos al fuego por una sola cara: $0,1 \cdot a_{min}$ para hormigones de resistencia característica comprendida entre $50 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2$ y $0,3 \cdot a_{min}$ para hormigones de resistencia característica comprendida entre $60 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$;

- En el resto de elementos: el doble de los valores definidos para el caso anterior.

Siendo a_{min} , la distancia mínima equivalente al eje especificada en las tablas correspondientes.

En zonas traccionadas con recubrimientos de hormigón mayores de 50mm debe disponerse una armadura de piel para prevenir el desprendimiento de dicho hormigón durante el período de resistencia al fuego, consistente en una malla con distancias inferiores a 150 mm entre armaduras (en ambas direcciones), anclada regularmente en la masa de hormigón.

FORJADO COLABORANTE

Apartado 4.3.2 del Eurocodigo 4: parte 1-1 y apéndice D

Si se requiere REI debemos cumplir un espesor mínimo. Este valor base es el mismo, pero debe compararse con h_{eff} y puede contarse con el pavimento.

Table D.6 - Minimum effective thickness as a function of the standard fire resistance

Standard Fire Resistance	Minimum effective thickness h_{eff} [mm]
I 30	60 - h_3
I 60	80 - h_3
I 90	100 - h_3
I 120	120 - h_3
I 180	150 - h_3
I 240	175 - h_3

D.4 Effective thickness of a composite slab

(1) The effective h_{eff} is given by the formula:

$$h_{eff} = h_1 + 0,5 h_2 \left(\frac{\ell_1 + \ell_2}{\ell_1 + \ell_3} \right) \quad \text{for } h_2/h_1 \leq 1,5 \text{ and } h_1 > 40 \text{ mm} \quad (\text{D.15a})$$

$$h_{eff} = h_1 \left[1 + 0,75 \left(\frac{\ell_1 + \ell_2}{\ell_1 + \ell_3} \right) \right] \quad \text{for } h_2/h_1 > 1,5 \text{ and } h_1 > 40 \text{ mm} \quad (\text{D.15b})$$

The cross sectional dimensions of the slab h_1 , h_2 , ℓ_1 , ℓ_2 and ℓ_3 are given in Figures 4.1 and 4.2.

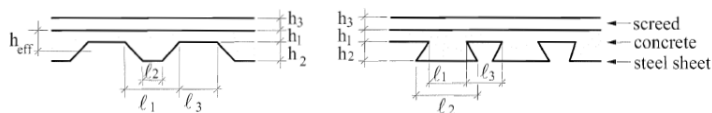


Figure 4.1: Symbols for trapezoidal sheeting

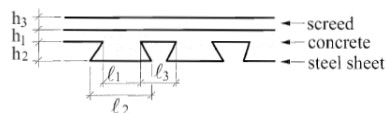
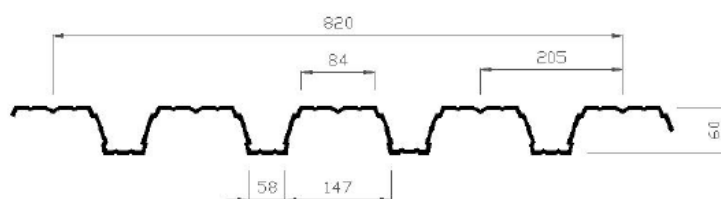


Figure 4.2: Symbols for re-entrant sheeting

Aplicando la fórmula a EUROCOL60



$h_1 = 121 \text{ mm}$

l2 = 58 mm
l3 = 84 mm
h2 = 60 mm

$$(121 + 58) / (121 + 84) = 0,873$$

Si h= 120 mm:
h1 = 60 mm
h eff = 60+ (0,5 x 60 x 0,873) = 86,19 mm

Si h= 100 mm:
h1 =60 mm
h eff = 40 x (1 + 0,75 x 0,873) = 66,19 mm

EUROCOL 60						
h (mm)	heff (mm)	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180
100 mm	66		Pav. 14 mm	Pav. 34 mm	Pav. 54 mm	Pav. 84 mm
120 mm	86			Pav. 14 mm	Pav. 34 mm	Pav. 64 mm
140 mm	106				Pav. 14 mm	Pav. 44 mm
160 mm	126					Pav. 24 mm
200 mm	166					
h eff min		60	80	100	120	150

Para R-90 con 110mm deberemos disponer, por tanto, un pavimento mínimo de 24mm.

Para cumplir R, debe colocarse una armadura adicional en el valle que resista el momento positivo en situación de incendio, con unas distancias $u_1 = u_2 = u_3 \Rightarrow 50$ mm (hasta R120). En este caso 1Φ10.

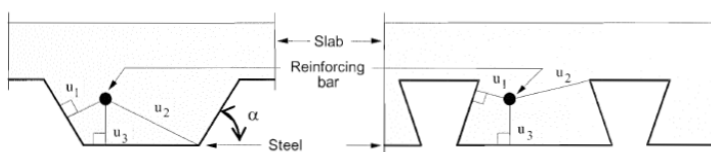
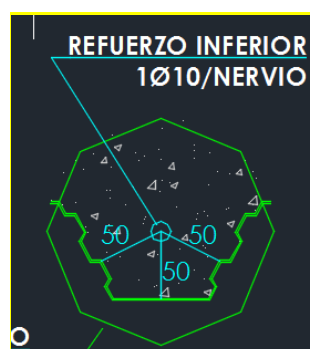
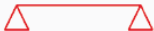


Figure D.2: Parameters for the position of the reinforcement bars





DOS APOYOS		<div>L (m)</div> <div></div>		ARMADURA ADICIONAL R (EN VALLE)											
		LUZ ENTRE APOYOS (m)													
H / REI	e (mm)	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
12 cm REI 60	0,80	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	-	-	-	-	-	
	1,00	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	-	-	-	-	
	1,20	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø8	1Ø8	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø6	1Ø8	-	-	-	
14 cm REI 90	0,80	1Ø6	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	-	-	-	
	1,00	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	-	-	
	1,20	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø8	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	-	-	
16 cm REI 120	0,80	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	-	-	
	1,00	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
	1,20	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
18 cm REI 120	0,80	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
	1,00	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
	1,20	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
20 cm REI 120	0,80	1Ø8	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
	1,00	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	
	1,20	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø12	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø14	1Ø16	1Ø16	

Armadura dispuesta en cada valle. Recubrimiento 50mm.

Armatura dispuesta en cada valle. Recubrimiento 50mm.

Tabla del perfil TZ-60 F (empresa TECZONE) (similar al EUROCOL 60)

3.6.5 - Valores de cálculo adoptados:

Forjados

La resistencia a fuego de todos los elementos que conforman la estructura (vigas de fachada y viguetas) será R-90.

Soportes

La resistencia a fuego de los soportes será R-90.