

**ASISTENCIA TÉCNICA
EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL**

**AUTOR DEL PROYECTO
ARQUITECTO DAVID CARVAJAL RODRÍGUEZ-CADARSO
ARQUITECTO JUAN LUIS PIÑEIRO FERRADÁS**

**REHABILITACIÓN DA “CASA DO PATÍN” COMA
EQUIPAMENTO SOCIAL E CULTURAL**

**SITUACIÓN
RÚA SAN MIGUEL Nº2-4-6, RUA ALFOLÍES Nº 10
BOUZAS, VIGO**

**PROMOTOR
OBRAS E PROXECTOS MUNICIPAIS**

ÍNDICE GENERAL**I. MEMORIA**

1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.4 PRESTACIONES DEL EDIFICIO.....	5
2. MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	6
2.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO.....	6
2.2 SISTEMA ESTRUCTURAL	7
3. CUMPLIMIENTO DEL CTE.....	8
3.1 DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL	8
SEGURIDAD ESTRUCTURAL (SE).....	9
ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (SE-AE).....	11
CIMENTACIONES (SE-C).....	13
ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02).....	14
BASES DE CÁLCULO	15
CUMPLIMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08	17
CARACTERÍSTICAS DE LOS FORJADOS.....	22
ESTRUCTURAS DE ACERO (SE-A).....	25
ESTRUCTURAS DE MADERA (SE-M).....	27
ESTRUCTURAS DE FABRICA (SE-F).....	28
3.2 DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....	29
3.2.1. SECCIÓN SI 6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.....	29
5. ANEJOS A LA MEMORIA.....	31
5.1 ANEJO CALCULO DE LA ESTRUCTURA.....	31
5.1.1. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	31
5.2 ANEJO CALCULO DE MICROPILOTES.....	33
5.2.1 CIMENTACIÓN PROFUNDA CON MICROPILOTES	33

MEMORIA ESTRUCTURA

AUTOR DEL PROYECTO
ARQUITECTO DAVID CARVAJAL RODRÍGUEZ-CADARSO
ARQUITECTO JUAN LUIS PIÑEIRO FERRADÁS

REHABILITACIÓN DA “CASA DO PATÍN” COMA
EQUIPAMENTO SOCIAL E CULTURAL

SITUACIÓN
RÚA SAN MIGUEL Nº2-4-6, RUA ALFOLÍES Nº 10
BOUZAS, VIGO

PROMOTOR
OBRAS E PROXECTOS MUNICIPAIS

1 MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A. Sistema estructural:

A.1 Cimentación:

Descripción del sistema:

Cimentación profunda mediante micropilotes empotrados como mínimo 3 m en el nivel geotécnico IV formado por sustrato rocoso de naturaleza gneísica en G. M. III. Según se indica en documentación gráfica de proyecto.

Parámetros

Se apoyará la cimentación nueva sobre el primer nivel de terreno siendo éste un relleno antrópico. Este nivel se encuentra a unos espesores entre 1.50-1.80m aproximadamente.

Tensión admisible del terreno

0.40 N/mm². En el empotramiento en el nivel geotécnico 4.

A.2 Estructura portante:

Descripción del sistema:

El sistema estructural se compone de un entramado metálico formado por pilares metálicos y vigas metálicas y forjado de chapa colaborante en planta alta. La cubierta se resuelve con cerchas metálicas y correas metálicas según se indica en documentación gráfica de proyecto.

Parámetros

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que nos ocupa son principalmente la resistencia mecánica y estabilidad, la seguridad, la durabilidad, la economía, la facilidad constructiva, la modulación y las posibilidades de mercado

Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE.

A.3 Estructura horizontal:

Descripción del sistema:

El sistema estructural se compone de un entramado metálico formado por pilares metálicos y vigas metálicas y forjado de chapa colaborante en planta alta. La cubierta se resuelve con cerchas metálicas y correas metálicas según se indica en documentación gráfica de proyecto.

Parámetros

Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE y EHE-08

1.4 PRESTACIONES DEL EDIFICIO

Por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE. Se indicarán en particular las acordadas entre promotor y proyectista que superen los umbrales establecidos en CTE.

Requisitos básicos:	Según CTE		En proyecto	Prestaciones según el CTE en proyecto
Seguridad	DB-SE	Seguridad estructural	DB-SE	De tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

Requisitos básicos:	Según CTE		En proyecto	Prestaciones que superan el CTE en proyecto
Seguridad	DB-SE	Seguridad estructural	DB-SE	No procede

Limitaciones

Limitaciones de uso del edificio:	El edificio solo podrá destinarse a los usos previstos en el proyecto. La dedicación de algunas de sus dependencias a uso distinto del proyectado requerirá de un proyecto de reforma y cambio de uso que será objeto de licencia nueva. Este cambio de uso será posible siempre y cuando el nuevo destino no altere las condiciones del resto del edificio ni sobrecargue las prestaciones iniciales del mismo en cuanto a estructura, instalaciones, etc.
Limitaciones de uso de las dependencias:	
Limitación de uso de las instalaciones:	

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO¹

Justificación de las características del suelo y parámetros a considerar para el cálculo de la parte del sistema estructural correspondiente a la cimentación.

Bases de cálculo

Método de cálculo:	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 la misma.
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

Empresa:	G. CONTROL		
Nombre del autor/es firmantes:	LUIS ALBERTO	EMILIO OTEROMARTÍNEZ	EDUARDO VILLOTA CARREÑO
Número de Sondeos:	Un sondeo a rotación con recuperación de testigo. Tres calicatas de reconocimiento superficial. Tres ensayos de penetración dinámica continua.		
Descripción de los terrenos:	Nivel 1: Materiales de relleno antrópico. Espesor entre 1.50-1.80m. Nivel 2: Depósitos marino-costeros. Espesor entre 2.00-2.70m. Nivel 3: Sustrato rocoso gneísico (G. M. IV) Espesor entre 1.00-1.90m. Nivel 4: Sustrato rocoso gneísico (G.M. III). Espesor de al menos 3.60m.		
Resumen parámetros geotécnicos:	Cota de cimentación	Empotramiento de 3m aproximadamente en el nivel 4.	
	Estrato previsto para cimentar	Empotramiento de 3m aproximadamente en el nivel 4.	
	Nivel freático	Dudoso se detecta, a 6.2 m bajo la boca de ensayo.	
	Tensión admisible considerada	0.40 N/mm ²	
	Peso específico del terreno	$\gamma=25/26$ kN/m ³	
	Angulo de rozamiento interno del terreno	$\varphi=32/38^\circ$	
	Coeficiente de empuje en reposo	$K' = 1 - \tan \varphi$ (estudio geotécnico)	

¹ Este apartado, si bien está incluido en la memoria de estructuras, debe cumplimentarse en este momento al formar parte del proyecto básico, tal y como se establece en el Anejo I del CTE.

2.2 SISTEMA ESTRUCTURAL

Se establecerán los datos y las hipótesis de partida, el programa de necesidades, las bases de cálculo y procedimientos o métodos empleados para todo el sistema estructural, así como las características de los materiales que intervienen.

Cimentación:

Datos y las hipótesis de partida

Indicadas en el Anexo correspondiente

Programa de necesidades

Indicadas en el Anexo correspondiente

Bases de cálculo

Indicadas en el Anexo correspondiente

Procedimientos o métodos
empleados para todo el sistema
estructural

Indicados en el Anexo correspondiente

Características de los materiales
que intervienen

Indicados en el Anexo correspondiente

Estructura portante:

Datos y las hipótesis de partida

Indicadas en el Anexo correspondiente

Programa de necesidades

Indicadas en el Anexo correspondiente

Bases de cálculo

Indicadas en el Anexo correspondiente

Procedimientos o métodos
empleados

Indicados en el Anexo correspondiente

Características de los materiales
que intervienen

Indicados en el Anexo correspondiente

Estructura horizontal: (o cubierta en su caso)

Datos y las hipótesis de partida

Indicadas en el Anexo correspondiente

Programa de necesidades

Indicadas en el Anexo correspondiente

Bases de cálculo

Indicadas en el Anexo correspondiente

Procedimientos o métodos
empleados

Indicados en el Anexo correspondiente

Características de los materiales
que intervienen

Indicados en el Anexo correspondiente

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

3.1 DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE

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

	apartado		Procede	No procede
DB-SE	3.1.1	Seguridad estructural:	X	
DB-SE-AE	3.1.2.	Acciones en la edificación	X	
DB-SE-C	3.1.3.	Cimentaciones	X	
DB-SE-A	3.1.7.	Estructuras de acero	X	
DB-SE-F	3.1.8.	Estructuras de fábrica	X	
DB-SE-M	3.1.9.	Estructuras de madera	X	

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

	apartado		Procede	No procede
NCSE	3.1.4.	Norma de construcción sismorresistente		x
EHE-08	3.1.5.	Instrucción de hormigón estructural	X	

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 limite	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 LIMITE 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: - pérdida de equilibrio - deformación excesiva - transformación estructura en mecanismo - rotura de elementos estructurales o sus uniones - inestabilidad de elementos estructurales	
Aptitud de servicio	ESTADO LIMITE DE SERVICIO Situación que de ser superada se afecta: 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 por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales y viguetas. Se establece la compatibilidad de deformación en todos los nudos considerando seis grados de libertad y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo. 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

$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$

$E_{d,dst}$: valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stab}$: valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Verificación de la resistencia de la estructura

$E_d \leq R_d$

E_d : valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d : 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 formula 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 han 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.

	Límite de flecha total a plazo infinito	Límite relativo de flecha activa
	$\text{flecha} \leq L/250$ $f \leq L / 500 + 1 \text{ cm}$	$\text{flecha} \leq L/500$ $f \leq L / 1000 + 0.5 \text{ cm}$
Flechas	Valores de acuerdo al artículo 50.1 de la EHE-08. Para la estimación de flechas se considera la Inercia Equivalente (I_e) a partir de la Formula de Branson. Se considera el modulo de deformación E_c establecido en la EHE-08, art. 39.6.	
Desplazamientos horizontales	El desplome total limite es 1/500 de la altura total. EL desplome local ES 1/250 de la altura de la planta.	

ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (SE-AE)

Acciones Permanentes (G):	Peso Propio de la estructura:	Corresponde generalmente a los elementos de hormigón armado, calculados a partir de su sección bruta y multiplicados por 25 (peso específico del hormigón armado) en pilares, paredes y vigas. En losas macizas será el canto h (cm) x 25 kN/m ³ .
	Cargas Muertas:	Se estiman uniformemente repartidas en la planta. 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).
	Peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento:	Éstos se consideran al margen de la sobrecarga de tabiquería.
Acciones Variables (Q):	La sobrecarga de uso:	Se adoptarán los valores de la tabla 3.1. Los equipos pesados no están cubiertos por los valores indicados. Las fuerzas sobre las barandillas y elementos divisorios: Se considera una sobrecarga lineal de 2 kN/m en los balcones volados de toda clase de edificios.
	Las acciones climáticas:	<u>El viento:</u> Las disposiciones de este documento no son de aplicación en los edificios situados en altitudes superiores a 2.000 m. La velocidad del viento se obtiene del anejo E correspondiente a un periodo de retorno de 20 años. Los coeficientes de presión exterior e interior se encuentran en el Anejo D. <u>La temperatura:</u> En estructuras habituales de hormigón estructural o metálicas formadas por pilares y vigas, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan de juntas de dilatación a una distancia máxima de 40 metros <u>La nieve:</u> Este documento no es de aplicación a edificios situados en lugares que se encuentren en altitudes superiores a las indicadas en la tabla 3.11. En cualquier caso, incluso en localidades en las que el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal $S_k=0$ se adoptará una sobrecarga no menor de 0.20 kN/m ²
	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 documento básico solamente se recogen los impactos de los vehículos en los edificios, por lo que solo representan las acciones sobre las estructuras portantes. Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes al impacto de vehículos están reflejados en la tabla 4.1

Cargas gravitatorias por niveles.

Conforme a lo establecido en el DB-SE-AE en la tabla 3.1 y al Anexo A.1 y A.2 de la EHE-08, las acciones gravitatorias, así como las sobrecargas de uso, tabiquería y nieve que se han considerado para el cálculo de la estructura de este edificio son las indicadas:

Q₂ Forjado de chapa colaborante.
Categoría C según
C.T.E. DB-SE-AE

Peso propio forjado	3,96 kN /m ²
Cargas permanentes	2,00 kN /m ²
Sobrecarga de uso	3,00 kN /m ²
TOTAL	8,96 kN /m ²
Sobrecarga puntual 4 KN.	

Q₁ Cubierta.
Categoría G según
C.T.E. DB-SE-AE

Peso propio correas	0,20 kN /m ²
Falso techo tabla madera	0,20 kN /m ²
Thermochip	0,25 kN /m ²
Lámina + zinc	0,30 kN /m ²
Sobrecarga nieve y mantenimiento	0,50 kN /m ²
TOTAL	1,45 kN /m ²
Sobrecarga puntual 2 KN.	

CIMENTACIONES (SE-C)**Bases de cálculo**

Método de cálculo:	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 la misma.
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

Empresa:	G. CONTROL		
Nombre del autor/es firmantes:	LUIS ALBERTO	EMILIO OTEROMARTÍNEZ	EDUARDO VILLOTA CARREÑO
Número de Sondeos:	Un sondeo a rotación con recuperación de testigo. Tres calicatas de reconocimiento superficial. Tres ensayos de penetración dinámica continua.		
Descripción de los terrenos:	Nivel 1: Materiales de relleno antrópico. Espesor entre 1.50-1.80m. Nivel 2: Depósitos marino-costeros. Espesor entre 2.00-2.70m. Nivel 3: Sustrato rocoso gneísico (G. M. IV) Espesor entre 1.00-1.90m. Nivel 4: Sustrato rocoso gneísico (G.M. III). Espesor de al menos 3.60m.		
Resumen parámetros geotécnicos:	Cota de cimentación	Empotramiento de 3m aproximadamente en el nivel 4.	
	Estrato previsto para cimentar	Empotramiento de 3m aproximadamente en el nivel 4.	
	Nivel freático	Dudoso se detecta, a 6.2 m bajo la boca de ensayo.	
	Tensión admisible considerada	0.40 N/mm ²	
	Peso específico del terreno	$\gamma=25/26$ kN/m ³	
	Angulo de rozamiento interno del terreno	$\varphi=32/38^\circ$	
	Coeficiente de empuje en reposo	$K' = 1 - \tan \varphi$ (estudio geotécnico)	

Cimentación:

Descripción:	Cimentación profunda mediante micropilotes empotrados como mínimo 3 m en el nivel geotécnico IV formado por sustrato rocoso de naturaleza gneísica en G. M. III. Según se indica en documentación gráfica de proyecto.
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 tabla 42.3.5 de la instrucción de hormigón estructural (EHE-08) atendiendo a elemento estructural considerado.
Condiciones de ejecución:	Sobre la superficie de excavación del terreno se debe de extender una capa de hormigón de regularización llamada solera de asiento que tiene un espesor mínimo de 10 cm y que sirve de base a la losa de cimentación.

ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02)

Según la "Norma de Construcción Sismorresistente": Parte General y Edificación (NCSE-02)" aprobada por Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre, la obra prevista se encuadra dentro del grupo de construcciones de normal importancia (construcción cuya destrucción por un terremoto puede originar víctimas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible, ni pueda dar lugar a efectos catastróficos).

En los criterios de aplicación de la norma, se especifica que si la aceleración sísmica básica (a_b) es igual o mayor de 0,04 g deberán tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Siendo

- g = aceleración de la gravedad
- a_b = aceleración sísmica básica, definida en el punto 2.1 de la Norma y cuyo valor se obtiene del "Mapa de Peligrosidad Sísmica" y del Anejo 1 de la misma. En Galicia $a_b < 0,04$ g, excepto en los municipios cuya relación se incluye en el Anejo 1 de la Norma en cuyo caso $a_b = 0,04$ g
- ρ = Coeficiente de Riesgo = 1,0 para este caso según el apartado 2.2 de la Norma.
- S = coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

$$\text{para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g \quad S = \frac{C}{1,25}$$

$$\text{para } 0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

$$\text{para } 0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b \quad S = 1,0$$

en donde C: coeficiente de terreno, depende de las características de cimentación.

TIPO TERRENO	CARACTERÍSTICAS	COEFICIENTE C
I	Roca Compacta, o Similar	1,0
II	Roca Muy Fracturada, Cohesivos Duros	1,3
III	Compacidad Media, Cohesivos Firme	1,6
IV	Compacidad Baja, Cohesivo Blando	2,0

Para obtener el valor del Coeficiente C de cálculo se determinarán los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie. Se adoptara como valor de C, el obtenido en la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum C_i \times e_i}{30}$$

Pero para el caso que nos ocupa de edificación de importancia normal situada en el término municipal de **Vigo (Pontevedra)**, cuya aceleración sísmica básica a_b es inferior a 0,04g, la aplicación de esta norma no es obligatoria.

Por lo que se concluye que, según la NCSE-02, no es obligatoria la aplicación de medidas correctoras de las acciones sísmicas para la construcción que nos ocupa.

BASES DE CÁLCULO

Criterios de verificación

La verificación de los elementos estructurales se ha realizado:

<input type="checkbox"/>	Manualmente	<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	Nombre del programa: CYPECAD Versión: CYPE: Versión 2014.k Contrato de mantenimiento en vigor Empresa: CYPE Ingenieros S.A. Domicilio: Avda. Eusebio Sempere Nº-5 03003 Alicante
		<input type="checkbox"/>	Parte de la estructura:	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 comprueba los estados relacionados con fallos estructurales como son la estabilidad y la resistencia.
Estado límite de servicio	Se comprueba los estados relacionados con el comportamiento estructural en servicio.

Modelado y análisis

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

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 fuese 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	¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	si <input type="checkbox"/>	
		<input checked="" type="checkbox"/>	no existen juntas de dilatación			¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	no <input checked="" type="checkbox"/>	
					d<40 metros			

<input checked="" 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

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.
------------------------	--

Geometría

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

MÉTODOS DE CÁLCULO:**Hormigón Armado**

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona, y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático, (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral), 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.

La determinación de las solicitaciones se ha realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad.

De acuerdo con la Norma EHE-08, el proceso general de cálculo empleado es el de los "estados límites", en el que se trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad de que se alcancen aquellos estados límites que ponen la estructura fuera de servicio.

Las comprobaciones de los estados límites últimos (equilibrio, agotamiento o rotura, inestabilidad o pandeo, adherencia, anclaje y fatiga) se realizan para cada hipótesis de carga, con acciones mayoradas y propiedades resistentes de los materiales minoradas, mediante una serie de coeficientes de seguridad.

Las comprobaciones de los estados límites de utilización (fisuración y deformación) se realizan para cada hipótesis de carga con acciones de servicio (sin mayorar) y propiedades resistentes de los materiales de servicio (sin minorar).

La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural, se harán 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 solicitaciones determinantes en el dimensionado de los elementos de los forjados (vigas, viguetas, losas, nervios) se obtendrán los diagramas envolventes para cada esfuerzo.

Los pórticos se han calculado elásticamente, admitiéndose en los nudos una redistribución de momentos "de negativos a positivos" de hasta un 15% del máximo momento flector.

En el caso de los elementos verticales se ha considerado una reducción del 10% de su resistencia de cálculo, para tener en cuenta la dificultad de puesta en obra y compactación.

Los muros de hormigón armado de contención del terreno perimetral al edificio se han calculado con el esfuerzo correspondiente de empuje al reposo, al considerar que la estructura no tendrá desplazamientos que den lugar a cuñas de descarga. La estabilidad de los muros de contención no está asegurada hasta que tengan su apoyo en los forjados del edificio. Por lo que no se deberán incorporar tierras a los muros de contención hasta que los forjados sobre los que se apoya tengan 28 días de edad y la resistencia característica del hormigón sea la indicada en el proyecto de ejecución.

Acero Laminado

De acuerdo con la Norma la determinación de las tensiones y las deformaciones, y las comprobaciones de la estabilidad estática y elástica de la estructura, se han realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad, aunque admitiéndose ocasionalmente estados plásticos locales.

Empleando estos métodos de cálculo, suponiendo la estructura sometida a las acciones ponderadas y eligiendo en cada caso la combinación de acciones más desfavorable, se ha comprobado que el conjunto estructural y cada uno de sus elementos son estáticamente estables, y las tensiones así calculadas no sobrepasan las condiciones de agotamiento fijadas.

En el cálculo de los elementos comprimidos se ha tenido en cuenta el pandeo.

También se ha comprobado que, sometida la estructura a las acciones características de servicio (coeficiente de ponderación igual a 1) y eligiendo los casos de combinaciones de acciones más desfavorables, no se sobrepasan las deformaciones máximas admisibles.

CUMPLIMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

(RD 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural)

Estructura

Descripción del sistema estructural:	El sistema estructural se compone de un entramado metálico formado por pilares metálicos y vigas metálicas y forjado de chapa colaborante en planta alta. La cubierta se resuelve con cerchas metálicas y correas metálicas según se indica en documentación gráfica de proyecto.
--------------------------------------	---

Programa de cálculo:

Nombre comercial:	CYPECAD Nº de licencia CYPE: 79790 Versión 2015.d Contrato de mantenimiento en vigor
-------------------	--

Empresa	CYPE Ingenieros S.A.
---------	----------------------

Descripción del programa: idealización de la estructura: simplificaciones efectuadas.	El programa realiza un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales y viguetas. Se establece la compatibilidad de deformación en todos los nudos considerando seis grados de libertad y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo. 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.
---	--

Memoria de cálculo

Método de cálculo

El dimensionado de secciones en la estructura se realiza según la Teoría de los Estados Límites de la vigente EHE-08, artículo 8, utilizando el Método de Cálculo en Rotura.

Redistribución de esfuerzos:

En la estructura de hormigón se realiza una plastificación de hasta un 15% de momentos negativos en vigas, según la EHE-08.

Deformaciones

Límite de flecha total a plazo infinito	Límite relativo de flecha activa
$\text{flecha} \leq L/250$ $f \leq L / 500 + 1 \text{ cm}$	$\text{flecha} \leq L/500$ $f \leq L / 1000 + 0.5 \text{ cm}$
Valores de acuerdo al artículo 50.1 de la EHE-08. Para la estimación de flechas se considera la Inercia Equivalente (I_e) a partir de la Formula de Branson. Se considera el modulo de deformación E_c establecido en la EHE, art. 39.6.	

Cuantías geométricas

Serán como mínimo las fijadas por la instrucción en la tabla 42.3.5 de la Instrucción vigente.

Estado de cargas consideradas:

Las combinaciones de las acciones consideradas se han establecido siguiendo los criterios de:

NORMA ESPAÑOLA EHE-08
DOCUMENTO BÁSICO SE (CÓDIGO TÉCNICO)

Los valores de las acciones serán los recogidos en:

DOCUMENTO BÁSICO SE-AE (CÓDIGO TÉCNICO)
Capítulo III de EHE-08 y las recogidas según el anejo 2 UNE EN 1991-1-2:2004, Eurocódigo 1.

cargas verticales (valores en servicio)

Q₂ Forjado de chapa colaborante.
Categoría C según
C.T.E. DB-SE-AE

Peso propio forjado	3,96 kN /m ²
Cargas permanentes	2,00 kN /m ²
Sobrecarga de uso	3,00 kN /m ²
TOTAL	8,96 kN /m ²
Sobrecarga puntual 4 KN.	

Q₁ Cubierta.
Categoría G según
C.T.E. DB-SE-AE

Peso propio correas	0,20 kN /m ²
Falso techo tabla madera	0,20 kN /m ²
Thermochip	0,25 kN /m ²
Lámina + zinc	0,30 kN /m ²
Sobrecarga nieve y mantenimiento	0,50 kN /m ²
TOTAL	1,45 kN /m ²
Sobrecarga puntual 2 KN.	

Horizontales: Viento

Se ha considerado la acción del viento de acuerdo en función de la situación y altura correspondiente a cada uno de los elementos.

Cargas Térmicas

Dadas las dimensiones del edificio no se ha previsto una junta de dilatación, por lo que al haber adoptado las cuantías geométricas exigidas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5, no se ha contabilizado la acción de la carga térmica.

Características de los materiales:

HORMIGON		Toda la obra	Cimentación	Pilares Muros H.A.	Forjados Losas H.A.
Ambiente de Exposición Art. 8.2 EHE-08	Clase General		IIIa		IIa
	Clase Específica				
Durabilidad Art. 37.3 EHE-08	Relación máx. Agua/Cemento		0.50		0.60
	Cantidad mín. Cemento Kg./m ³		300		275
Tipo			HA30/B/20/IIIa		HA30/B/12/IIa
Materiales	Cemento		CEM II/A-V 42.5		CEM II/A-V 42.5
	Árido machacado tamaño máx.		20 mm		12 mm
Docilidad	Consistencia		Blanda		Blanda
	Compactación		Vibrado		Vibrado
	Asiento Cono de Abrams (cm.)		6 - 9		6 - 9
Resistencia Característica F _{ck} (N/mm ²)	A 7 días		>24		>24
	A 28 días		>34		>34
Ensayos de control de hormigón			Estadístico		Estadístico
Coeficiente parcial de seguridad γ_c Acciones persistentes o transitorias			1.5		1.5
ACERO					
Barras	Designación	B-500 S			
	Lím. Elástico-N/mm ²	500			
Malla Electrosoldada	Designación	B-500 S			
	Lím. Elástico-N/mm ²	500			
Nivel de control de calidad Marca aenor une 36-068-94		NORMAL			
Coeficiente parcial de seguridad γ_s		1.15			
EJECUCION					
Nivel de Control		NORMAL			
Coeficiente de ponderación γ_f	Variables	1.6			
	Frecuentes	1.35			
OBSERVACIONES		<ul style="list-style-type: none"> Utilizar superfluidificante SIKAMENT 300 Hormigón de limpieza HL-150/B/30 			

Durabilidad

Recubrimientos exigidos:

Al objeto de garantizar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, el artículo 37 de la EHE-08 establece los siguientes parámetros.

Recubrimientos:

Se considera para los elementos estructurales situados en el interior del edificio una exposición normal de humedad alta con proceso de corrosión de origen diferente de los cloruros, designada como tipo IIIa.

El recubrimiento mínimo que se establece de acuerdo con la tabla 37.2.4 es el siguiente:

En los hormigones expuestos a ambiente tipo IIIa los recubrimientos en elementos de tipo general serán de 35 mm. y en elementos tipo lámina o prefabricados el valor del recubrimiento mínimo es de 30 mm.

En función de este recubrimiento mínimo indicado y del tipo de elemento que se trate se obtienen los siguientes márgenes de recubrimiento, para que sumados al mínimo indicado tengamos los recubrimientos nominales:

Elemento y nivel de control	Margen
Elementos prefabricados con control intenso de ejecución	0 mm
Elementos in situ con nivel intenso de control de ejecución	5 mm
Restantes casos	10 mm

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 69.8.2 de la vigente EHE-08.

Cantidad mínima de cemento:

De acuerdo con lo indicado en el artículo 37.3 de la EHE-08 se establece como requisito general una cantidad mínima de cemento que de acuerdo a la tabla 37.3.2.a resultan los siguientes valores de mínimo contenido de cemento.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de Exposición		
		IIa	IIIa	
Mín. contenido cemento	Armado	275 kg/m ³	300 kg/m ³	

Cantidad máxima de cemento:

Para el tamaño de árido previsto de 20 mm. la cantidad máxima de cemento es de 375 kg/m³.

Resistencia mínima recomendada:

Se establece así mismo un criterio de selección de resistencia mínima que aún no siendo de obligado cumplimiento es una resultante de las restantes condiciones solicitadas al hormigón.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de Exposición		
		IIa	IIIa	
Resistencia mínima N/mm ²	Armado	30	30	

Relación agua cemento:

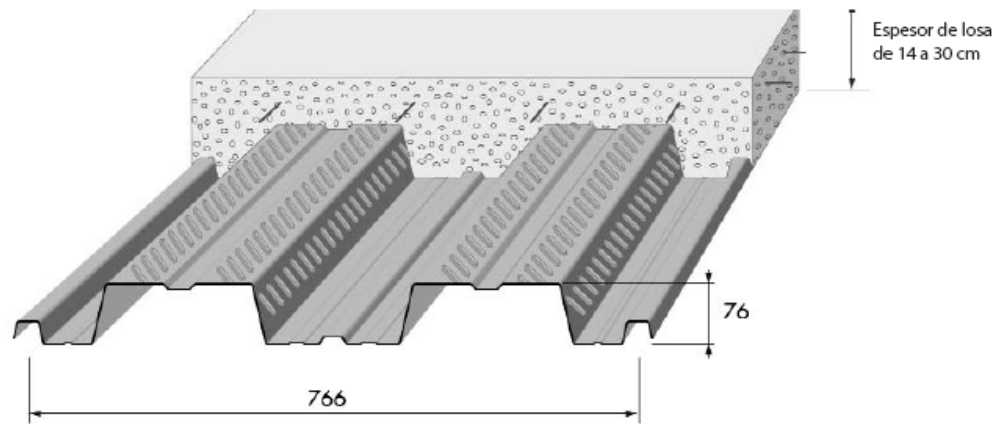
De acuerdo con lo indicado en el artículo 37.3 de la EHE-08 se establece como requisito general una cantidad mínima de cemento que de acuerdo a la tabla 37.3.2.a resultan los siguientes valores de máxima relación de agua/cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de Exposición		
		IIa	IIIa	
Máxima relación a/c	Armado	0.6	0.5	

CARACTERÍSTICAS DE LOS FORJADOS.

Características técnicas de los forjados de chapa colaborante.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

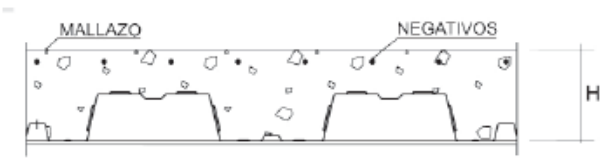


APLICACIONES

COFRAPLUS 76 es un perfil nervado con embuticiones, destinado a la construcción de losas de mixtas. COFRAPLUS 76 evita el desencofrado, aligera el forjado y ahorra la colocación de una capa de armados.

CARACTERISTICAS TECNICAS

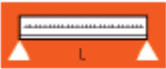
Espesor (mm)	Sección (cm²/m)	Inercia (cm⁴/m)	W (cm³/m)
0,7	6,41	72,66	16,55
0,8	7,33	83,27	18,91
1,0	8,7	98,89	22,46
1,2	10,07	114,5	26,0



Datos de la losa	Altura total de losa en mm			
	140	160	180	200
Volumen en L/m²	95,1	115,1	135,1	155,1
Peso en daN/m²	238	288	338	388
Mallazo	Ø4 200 X 300	Ø5 200 X 300	Ø5 200 X 300	Ø6 200 X 300

CUADRO DE CARGAS DE USO MAXIMO en daN/m²

Biapoyado



H 14		Luz en metros						H 16		Luz en metros					
		2	2,5	3	3,5	4	4,5			2	2,5	3	3,5	4	4,5
Espesor	0,7	1200	920	740	510	350	240	Espesor	0,7	1430	1100	880	620	420	290

Peso del hormigón 246 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

Peso del hormigón 296 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

H 18		Luz en metros					
		2	2,5	3	3,5	4	4,5
Espesor	0,7	1660	1280	1020	720	490	340

Peso del hormigón 346 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

Nota: Para cualquier otra hipótesis, solicitar cálculos.

Triapoyado



H 14		Luz en metros						H 16		Luz en metros					
		2	2,5	3	3,5	4	4,5			2	2,5	3	3,5	4	4,5
Espesor	0,7	1770	1380	1000	690	480	340	Espesor	0,7	2000	1560	1200	820	580	410

Peso del hormigón 246 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

Peso del hormigón 296 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

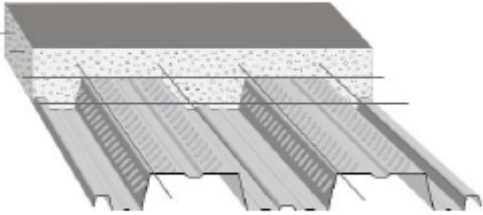
H 18		Luz en metros					
		2	2,5	3	3,5	4	4,5
Espesor	0,7	2220	1730	1450	960	680	480

Peso del hormigón 346 daN/m²
☐ Instalar un puntal en el centro del vano

Flecha ≥ L/350

Hormigón H-250, Densidad 2.500 daN/m³

Nota: Para cualquier otra hipótesis, solicitar cálculos.

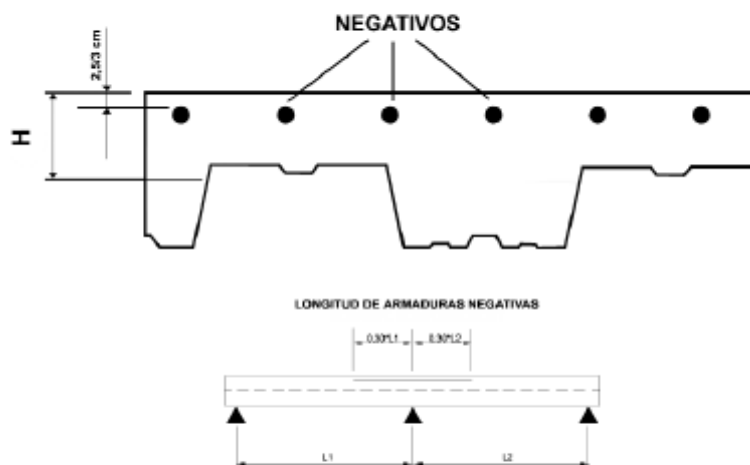


MALLAZO RECOMENDADO			
H14	H16	H18	H20
Ø 4 200x300	Ø 5 200x300	Ø 5 200x300	Ø 6 200x300

Armadura de los negativos

	Espesor (mm) de losa	140				160				180			
		0,7	0,8	1,0	1,2	0,7	0,8	1,0	1,2	0,7	0,8	1,0	1,2
SOBRECARGAS EN Kg/m²	400	Ø10 c/250	Ø10 c/250	Ø10 c/250	Ø10 c/250								
	500	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200	Ø10 c/200				
	600	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200
	700	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200
	800			Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200	Ø12 c/200
	900				Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200
	1000						Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200	Ø14 c/200
	1200										Ø16 c/200	Ø16 c/200	Ø16 c/200

Donde para una losa de 140 mm, con un espesor de 0,7 mm y una sobrecarga de 400 kg tenemos unos negativos de diámetro 10 mm cada 250 mm.



ENCOFRADO DE LOS BORDES

El encofrado de los bordes está constituido por remates de chapa de acero galvanizado doblados a escuadra. Largos usuales de 2 a 6 metros.

Espesor forjado d en mm	Espesor mínimo de chapa en mm
≤ 136	1,2
de 137 a 166	1,5
≥ 166	2

ESTRUCTURAS DE ACERO (SE-A)**Durabilidad**

Se han considerado las estipulaciones del apartado “3 Durabilidad” del “Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero”, y que se recogen en el presente proyecto en el apartado de “Pliego de Condiciones Técnicas”.

Se incluyen dichas consideraciones en el pliego de condiciones

Materiales

El tipo de acero utilizado en chapas y perfiles es:

Elementos de acero laminado

		Toda la obra	Comprimido	Flectados	Traccionado
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S 275 JR			
	L.Elástico (N/mm ²)	260			
	T. Rotura (N/mm ²)	410			
Acero en Chapas	Clase y Designación	S 275 JR			
	L.Elástico (N/mm ²)	260			
	T. Rotura (N/mm ²)	410			

Elementos huecos de acero

		Toda la obra	Comprimido	Flectados	Traccionado
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S 275 JR			
	L.Elástico (N/mm ²)	260			
	T. Rotura (N/mm ²)	410			

Elementos de acero conformado

		Toda la obra	Comprimido	Flectados	Traccionado
Acero en Perfiles	Clase y Designación				
	L.Elástico (kp/cm ²)				
	T. Rotura (N/mm ²)				
Acero en Placas y Paneles	Clase y Designación				
	L.Elástico (kp/cm ²)				
	T. Rotura (N/mm ²)				

Uniones entre elementos

	Toda la obra	Comprimido	Flectados	Traccionado
Soldaduras		X	X	X
Tornillo Ordinario				
Tornillo Calibrado				
T. Alta Resistencia				
Roblones				
Perno/Torn. Anclaje				

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 uno 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:
 - o Flexión compuesta sin cortante
 - o Flexión y cortante
 - o Flexión, axil y cortante
- Comprobación de las barras de forma individual según esté sometida a:
 - Tracción
 - Compresión
 - Flexión
 - Interacción de esfuerzos:
 - o Elementos flectados y traccionados
 - o Elementos comprimidos y flectados

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”.

En los pórticos se dispondrán contraflechas equivalentes a las deformaciones producidas por las cargas permanentes.

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*.

Acabados superficiales

A la estructura metálica que precise protección antifuego se le aplicara una protección mediante el producto INTERCHAR o similar hasta conseguir la protección requerida en el estudio de cumplimiento de la norma en función de su factor de forma.

ESTRUCTURAS DE MADERA (SE-M)

La comprobación de la estabilidad estática y elástica, y el cálculo de las tensiones y de las deformaciones, se han realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad.

Se ha adoptado el proceso de descripción y cálculo propuesto en el Eurocódigo 5 norma UNE-ENV 1995-1-1 de marzo de 1997 y el propugnado por la norma DB SE-M. Este sistema de cálculo de la estructura se fundamenta en los Tensiones Básicas de la especie (en condiciones ideales, madera sin defectos, y con un contenido de humedad del 12%), en donde se incluyen los coeficientes de seguridad.

Sobre estas tensiones básicas se aplican una serie de coeficientes de ajuste que se refieren a la calidad de la madera, su contenido de humedad real y la duración de las cargas, obteniéndose entonces las Tensiones Admisibles.

Estas tensiones admisibles aún pueden ser corregidas por una serie de factores de modificación relativos a las características geométricas de las secciones, a las condiciones de los extremos de las piezas, a las características de las cargas, al sistema de fabricación, y a condiciones de inestabilidad, dando lugar a las Tensiones de Cálculo.

Con las tensiones de cálculo así obtenidas se efectúan las comprobaciones de la estabilidad elástica de las secciones de las piezas, comprobándose que en ningún caso son sobrepasadas por las tensiones de servicio.

La estructura de madera no debe sobrepasar los estados límites por encima de los cuales deja de ser capaz de cumplir la función para la que fue construida. Los estados límites últimos son los asociados previos al colapso de la estructura que pongan en peligro la seguridad de las personas (equilibrio, rotura o pérdida de estabilidad). Los estados límites de servicio corresponden a situaciones por encima de las cuales los criterios especificados de servicio dejan de cumplirse (deformaciones y vibraciones).

Cuadro de características adaptado al Eurocódigo 5 / CTE DN SE-M

Elementos estructurales					
	Toda la obra	Vigas	Pilares	Viguetas	Otros
Clase resistente		GL24h			
Tipo de madera estructural					
Especie de madera					
Valores característicos de las resistencias (N/mm2)					
• Flexión		24.00			
• Compresión paralela		24.00			
• Compresivo perpendicular		2.70			
• Tracción paralela		16.5			
• Tracción perpendicular		0.40			
• Cortante		2.7			
Clases de servicios		3			
Clases de duración de cargas		Permanente			
Factores de modificación					
• K _{mod} (resistencias)		0.50			
• K _{def} (deformaciones)		2.00			
Coeficientes parciales de seguridad (γ _M)					
• E.L.U. fundamentales		1.3			
• E.L.U. accidentales		1.0			
• E.L.U. fundamentales		1.0			
UNIONES					
Tipos de unión		Mecánica			
Sistemas de unión mecánica empleados		Tirafondos			
ACCIONES					
Valores característicos de las acciones:		Coeficientes parciales de seguridad para E.L.U.)			
		ACCIONES PERMANENTES			γ _G = 1.35
		ACCIONES variables			γ _Q = 1.50
OBSERVACIONES					

ESTRUCTURAS DE FABRICA (SE-F)

Para el cálculo y comprobación de tensiones de las fábricas se ha tenido en cuenta lo indicado en la norma DB SE-F, tanto en lo que se refiere a las fábricas sustentantes, portantes y de arriostramiento, como a las sustentadas.

Se ha considerado la resistencia característica a compresión, cortante, flexión y deformabilidad de las fábricas de acuerdo con lo indicado en el artículo 4.6 de la norma DB SE-F, junto con el coeficiente parcial de seguridad γ_M .

Se ha considerado que las fábricas portantes de ladrillo se ejecutarán con ladrillo cerámico perforado de resistencia normalizada de las piezas $f_b = 20 \text{ N/mm}^2$ y resistencia del mortero $f_m = 15 \text{ N/mm}^2$ con lo que se obtiene una resistencia característica a compresión de la fábrica $f_k = 8 \text{ N/mm}^2$.

Se ha considerado que las fábricas sustentadas de ladrillo se ejecutarán con ladrillo cerámico hueco de resistencia normalizada de las piezas $f_b = 20 \text{ N/mm}^2$ y resistencia del mortero $f_m = 10 \text{ N/mm}^2$.

La determinación de la resistencia característica de las fábricas puede determinarse mediante ensayos sobre probetas de fábrica según los criterios que se indican en el anejo C de la norma.

Se establecerán juntas de dilatación para evitar la fisuración producida por la retracción y las variaciones higrométricas. La distancia máxima entre juntas será de 15 metros de acuerdo con lo indicado en el artículo 2.2 de la norma.

Se ha realizado el análisis del comportamiento estructural de las fábricas de acuerdo con lo indicado en el capítulo 5 de la norma DB-SE-F.

Las disposiciones constructivas de las fábricas y su ejecución se adaptarán a lo indicado en los capítulos 6 y 7, respectivamente de la norma DB-SE-F.

3.2 DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**3.2.1. SECCIÓN SI 6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA**

La resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas, soportes y tramos de escaleras que sean recorrido de evacuación, salvo que sean escaleras protegidas), es suficiente si:

- alcanza la clase indicada en la Tabla 3.1 de esta Sección, que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura (en la Tabla 3.2 de esta Sección si está en un sector de riesgo especial) en función del uso del sector de incendio y de la altura de evacuación del edificio;
- soporta dicha acción durante un tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el Anejo B.

Sector	Uso del recinto inferior al forjado considerado	Material estructural considerado ⁽¹⁾			Estabilidad al fuego de los elementos estructurales	
		Soportes	Vigas	Forjado	Norma	Proyecto ⁽²⁾
Pública Concurrencia	Pública Concurrencia	Acero	Acero en interior Madera en patín	Chapa colaborante	R30/ R90	R30/ R90

(1) Debe definirse el material estructural empleado en cada uno de los elementos estructurales principales (soportes, vigas, forjados, losas, tirantes, etc.)

(2) La resistencia al fuego de un elemento puede establecerse de alguna de las formas siguientes:
comprobando las dimensiones de su sección transversal obteniendo su resistencia por los métodos simplificados de cálculo con datos en los anejos B a F, aproximados para la mayoría de las situaciones habituales;
adoptando otros modelos de incendio para representar la evolución de la temperatura durante el incendio;
mediante la realización de los ensayos que establece el R.D. 312/2005, de 18 de marzo.

Tipo de forjado	Estabilidad al fuego de los elementos estructurales		Requerimientos
	Norma	Proyecto	
Pilares metálicos tipo HEB160+platabandas laterales de 10mm.	R90	R90	Pintura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 1,534 mm.
Pilares metálicos tipo HEB140+platabandas laterales de 10mm.	R90	R90	Pintura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 1,601 mm.

<p>Vigas metálicas forjado de chapa colaborante:</p> <p>HEB160</p> <p>IPE220</p> <p>Forjado de chapa</p>	R90	R90	<p>HEB160</p> <p>Para las vigas embebidas con el forjado: Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor aproximado de 0,907 mm a confirmar por el fabricante o aplicador.</p> <p>IPE220</p> <p>Para las vigas de borde de forjado: Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 0,907 mm a confirmar por el fabricante o aplicador.</p> <p>IPE160:</p> <p>Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor aproximado de 3,500 mm a confirmar por el fabricante o aplicador.</p> <p>IPE220:</p> <p>Para las vigas de borde de forjado: Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 3,500 mm a confirmar por el fabricante o aplicador.</p> <p>Forjado</p> <p>Armatura de positivos según fabricante.</p> <p>Para toda esta planta si la estructura es oculta se podrá utilizar un proyectado de mortero de vermiculita para dar la protección a fuego necesaria como sistema alternativo.</p>
<p>RHS60x40x5</p> <p>Zancas escalera 200x20</p>	R90	R90	<p>RHS60x40x5</p> <p>Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 2,044 mm.</p> <p>Zancas escalera 200x20</p> <p>Pntura intumescente Interchar 1120 o similar con un espesor de 1,163 mm.</p>
<p>Cubierta:</p> <p>Viga tipo V1</p>	R30	R30	<p>Pntura intumescente Interchar 404 o similar con un espesor de 272micras.</p>

Lo espesores de la pintura intumescente están referidos a tablas del producto y corresponden solo a pintura intumescente. Será el aplicador/fabricante el encargado de establecer el espesor en función del factor de forma de cada uno de los perfiles según documentación de proyecto.

La reducción a R30 de la estructura de cubiertas ligeras se refiera a la estructura principal mientras que a la secundaria-correas no se le exige resistencia a fuego R.

•

5. ANEJOS A LA MEMORIA.

5.1 ANEJO CALCULO DE LA ESTRUCTURA

5.1.1. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Acero corrugado

Se efectuará el control a nivel Normal, según EHE-08, sobre barras corrugadas, considerando que el suministro de acero se efectuará con materiales en posesión de marca Aenor según normas UNE y UNE-EN. Se realizará durante el transcurso de las obras en dos (2) ocasiones sobre una muestra de dos barras de 1.50m de cada uno de los diámetros empleados y marca utilizados los siguientes ensayos:

- Sección equivalente.
- Características geométricas de los resaltes.
- Ensayo doblado a 180°.
- Ensayo doblado - desdoblado a 90°.
- Tensión del límite elástico.
- Carga unitaria de rotura.
- Alargamiento de rotura.
- Relación tensión - rotura. Límite elástico.

Se deberán repetir los ensayos de recepción del acero si se cambia la procedencia del mismo, tanto por el proveedor de la ferralla elaborada como por el fabricante del acero.

Hormigón

De acuerdo con las características de la obra, el control de Hormigón vertido en obra se realizará de forma estadística adaptándose a un nivel de control Normal según la EHE-08.

Se dividirá la obra en lotes de acuerdo a la norma EHE-08. Comprendiendo cada lote dos determinaciones incluyendo cada una de ellas la ejecución de cinco (5) probetas cilíndricas de 15x30. De cada lote se romperán a compresión dos probetas a la edad de siete días y tres a la edad de 28 días.

Para el control de hormigones se ha considerado que será suministrado por una central de hormigón con sello de calidad, con lo que se evitan los ensayos correspondientes a los componentes.

Se realizarán ensayos previos sobre los hormigones vistos, al margen del plan de control de la Obra.

La división en lotes de control se realizará de acuerdo con la tabla 86.5.4.1.a de la norma EHE-08, expresada a continuación:

Límite superior	Tipo de elementos estructurales		
	Estructuras que tienen elementos comprimidos (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Estructuras que tienen únicamente elementos sometidos a flexión (forjados de hormigón con pilares metálicos, tableros, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puentes, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Número de amasadas	50	50	100
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m ²	1000 m ²	-
Número de plantas	2	2	-

Acero estructural

Se plantea el control de recepción de materiales en lo que respecta al acero estructural, según la norma UNE.

Para realizar la comprobación de la calidad de las soldaduras ejecutadas se realizará el siguiente ensayo no destructivo:

- Uniones en ángulo: Se realizarán inspecciones superficiales mediante líquidos penetrantes, inspeccionando al menos el 50% de las soldaduras en ángulo.
- Uniones a tope: Se realizarán inspecciones radiográficas de las soldaduras a tope, controlando el 50% de las soldaduras, en primera fase, pasando posteriormente al 100% si fuera necesario.

Para el control de la pintura de la estructura metálica se procederá a determinar el espesor de las diferentes capas así como la compatibilidad entre ellas.

Madera estructural

Se realizarán por cada tipo y partida de madera suministrada al menos dos series de ensayos, comprendiendo cada una las siguientes determinaciones:

- Identificación de la madera. Clasificación por el método del microscopio.
- Determinación de la humedad por desecación.
- Higroscopicidad.
- Contracción lineal y volumétrica.
- Dureza.
- Resistencia a la tracción y a la flexión dinámica.
- Determinación de la resistencia a la compresión axial de la madera.

Se realizarán en al menos dos ocasiones sobre el material empleado en los herrajes cincados o galvanizados en caliente de la estructura de madera las siguientes series de ensayos:

- Medición del espesor del cincado o galvanizado con determinación de su adherencia.
- Inspección de soldaduras y protección de las mismas.
- En los elementos metálicos realizados en acero inoxidable se procederá a realizar en dos ocasiones durante la obra los siguientes ensayos:
- Identificación del material. Composición química del acero.
- Ensayo de tracción.

Fábricas

Se realizará un control de calidad de recepción de materiales y de ejecución de las fábricas de acuerdo con lo indicado en el capítulo 8 de la norma DB-SE-F.

- Recepción de piezas con declaración del suministrador sobre su resistencia y categoría de fabricación.
- Para bloques de piedra natural se confirmará la procedencia y las características especificadas en el proyecto, constatando que la piedra está sana y no presenta fracturas.
- Las piezas de categoría I tendrán una resistencia declarada, con probabilidad de no ser alcanzada inferior al 5%. El fabricante aportará la documentación que acredita que el valor declarado de la resistencia a compresión se ha obtenido a partir de piezas muestreadas según UNE EN 771 y ensayadas según UNE EN 772-1:2002, y la existencia de un plan de control de producción en fábrica que garantiza el nivel de confianza citado
- Las piezas de categoría II tendrán una resistencia a compresión declarada igual al valor medio obtenido en ensayos con la norma antedicha, si bien el nivel de confianza puede resultar inferior al 95%.
- El valor medio de la compresión declarada por el suministrador, multiplicado por el factor δ de la tabla 8.1 debe ser no inferior al valor usado en los cálculos como resistencia normalizada. Si se trata de piezas de categoría I, en las cuales el valor declarado es el característico, se convertirá en el medio, utilizando el coeficiente de variación y se procederá análogamente.
- Si no existe valor declarado por el fabricante para el valor de resistencia a compresión en la dirección de esfuerzo aplicado, se tomarán muestras en obra según UNE EN771 y se ensayarán según EN 772-1:2002, aplicando el esfuerzo en la dirección correspondiente. El valor medio obtenido se multiplicará por el valor δ de la tabla 8.1, no superior a 1,00 y se comprobará que el resultado obtenido es mayor o igual que el valor de la resistencia normalizada especificada en el proyecto.

5.2 ANEJO CALCULO DE MICROPILOTES

5.2.1 CIMENTACIÓN PROFUNDA CON MICROPILOTES

Para la determinación de las características de la cimentación se han considerado las indicaciones del informe geotécnico y las recomendaciones y la normativa del Ministerio de Fomento en la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.

RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILETE A COMPRESIÓN

Se debe comprobar:

$$N_{c,Rd} < N_{c,Ed}$$

donde:

- $N_{c,Rd}$: Resistencia estructural del micropilote sometido a esfuerzos de compresión, o máxima capacidad que se le puede asignar como elemento estructural frente a este tipo de esfuerzos.
- $N_{c,Ed}$: Esfuerzo axial de cálculo (compresión), obtenido a partir de acciones mayoradas.

La resistencia estructural del micropilote sometido a esfuerzos de compresión se puede determinar en general, mediante la siguiente expresión:

$$N_{c,Rd} = (0.85A_{cfd} + A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) R / 1.20 F_e$$

donde:

- A_c : Sección neta de lechada o mortero, descontando armaduras. Para calcularla se debe utilizar el diámetro nominal del micropilote.
- f_{cd} : Resistencia de cálculo del mortero o lechada de cemento a compresión: F_{ck}/γ_c
- f_{ck} : Resistencia característica del mortero o lechada de cemento a compresión simple, a los veintiocho días (28 d) de edad.
- γ_c : Coeficiente parcial de seguridad para el mortero o lechada¹⁴. Se tomará un valor de uno coma cincuenta ($\gamma_c = 1,50$).
- A_s : Sección total de las barras corrugadas de acero.
- f_{sd} : Resistencia de cálculo del acero de las armaduras corrugadas. Deberá considerarse menor o igual que cuatrocientos megapascals: F_{sk}/γ_s
- f_{sk} : Límite elástico del acero de las armaduras corrugadas, que puede obtenerse de la tabla 2.2.
- γ_s : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de las armaduras corrugadas¹⁵. Se tomará un valor de uno coma quince ($\gamma_s = 1,15$).
- f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular. Deberá considerarse menor o igual que cuatrocientos megapascals: F_{yk}/γ_a
- f_y : Límite elástico del acero de la armadura tubular, que puede obtenerse de la tabla 2.1.
- γ_a : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular¹⁶. Se tomará un valor de uno coma diez ($\gamma_a = 1,10$).
- A_a : Sección de cálculo de la armadura tubular de acero $\times F_{u,c}$
- $F_{u,c}$: Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular en función del tipo de unión (compresión). De rosca machihembrada, sin sección ensanchada y con contacto a tope en ambos extremos valor 1.0
- COEFICIENTE F_e Micropilote con tubería de revestimiento dejada «in situ» de forma permanente (camisa perdida) valor considerado 1,00
- R : Factor empírico de pandeo o coeficiente de reducción de la capacidad estructural del micropilote por efecto del pandeo, cuyo valor se tomará como se indica a continuación.

Deberá considerarse el efecto del pandeo, aplicando un factor de reducción menor o igual que la unidad ($R < 1$), cuando:

- El micropilote esté rodeado por arenas con compacidades flojas a medias o suelos cohesivos con consistencias blandas a medias (véase apéndice 6).
- En caso de que existan zonas del micropilote denominadas libres (sin coacción lateral), por existir huecos en el terreno, sobresalir el micropilote de la superficie del mismo, o estar rodeado por terrenos inestables.
- En los restantes casos se adoptará un valor del factor de pandeo igual a la unidad ($R = 1$).

De acuerdo con estas consideraciones se ha calculado el valor de carga máxima a compresión de cada uno de los micropilotes armados con barras Gewi de diámetro 32

Para el cálculo del empotramiento en roca se ha utilizado la expresión.

$$R_{e,d} \geq A_{Le} f_{e,d} A_{Pe} q_{pe,d}$$

Donde:

- $R_{e,d}$: Resistencia de cálculo en el empotramiento en roca.
- A_{Le} : Área lateral del micropilote en el empotramiento en roca.
- $f_{e,d}$: Resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento en roca.
- A_{Pe} : Área de la sección recta de la punta en el empotramiento en roca.
- $q_{pe,d}$: Resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento en roca.

En nuestro caso se ha despreciado el valor de resistencia en punta del micropilote

$$R_{e,d} = A_{Le} f_{e,d}$$

Teniendo en cuenta las distintas cargas por niveles, los materiales que componen la estructura, el cerramiento y los vanos existentes entre los distintos elementos estructurales, se obtienen las cargas transmitidas a los pilares a nivel de cimentación.

En función de las especificaciones y consideraciones anteriores resultan los siguientes valores de carga máxima y profundidad de empotramiento por tipo de pilotes para el nivel geotécnico de gravas y bolos:

MICROPILOTE BARRA GEWI B500S ϕ 32 mm

CARACTERÍSTICAS DEL MICROPILOTE

Diámetro de perforación en terreno	D_p	122	mm
Diámetro exterior de la camisa perdida	d_e	114	mm
Espesor de la camisa perdida. Conexión Roscada	t	6	mm
Límite elástico de la camisa perdida	f_y	235	N/mm ²
Diámetro de la barra corrugada de acero	ϕ_b	32	mm ²
Sección de la barra corrugada de acero	A_s	804	mm ²
Límite elástico del acero de la barra corrugada	f_y	500	N/mm ²
Coefficiente de seguridad	γ_s	1,15	
Resistencia estructural de micropilote a compresión	$N_{c,Rd}$	291	KN
Valor de comparación para cargas sin mayorar		194	KN

CALCULO DEL EMPOTRAMIENTO EN NIVEL GEOTÉCNICO 4 SUSTRATO ROCOSO GNEÍSICO G.M. III

Coefficiente de mayoración de acciones	γ	1,50	
Resistencia estructural de micropilote a compresión:	$N_{c,Rd}$	291	KN
Diámetro de perforación en el empotramiento	D	122	mm
Resistencia unitaria característica empotramiento en nivel geotécnico indicado	$R_{fc,d}$	0,40	N/mm ²
Longitud de empotramiento en sustrato nivel geotécnico indicado	L	3.00	m

