



PROYECTO EJECUCIÓN

ANEJO 01. MEMORIA DE CÁLCULO DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA:

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

ÍNDICE ANEJO 01 MEMORIA DE CÁLCULO DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

- 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA ESTRUCTURAL
- 1.2. PRESTACIONES DEL EDIFICIO

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

- 2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO
- 2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

- 3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE)
- 3.2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE-AE)
- 3.3. CIMIENTOS (DB SE-C)
- 3.4. HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08)
- 3.5. ACERO ESTRUCTURAL (DB-SE-A)
- 3.6. NORMA SISMORESISTENTE (NCSR 02)

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DEL METODO DE CÁLCULO UTILIZADO POR EL PROGRAMA CYPECAD



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

La actuación consiste en el proyecto de un nuevo centro de salud en Lezkairu, Pamplona.

La edificación se proyecta con planta baja, planta primera, planta segunda y cubierta. Sobre la cubierta se ubica la sala de instalaciones.

La superficie en planta de la edificación es de aproximadamente de 31,5 x 40 metros, si bien dicha superficie en planta baja y primera varía debido a los volúmenes añadidos que generan los accesos.

Se ha proyectado un pequeño sótano donde se ubica el cuarto de maquinaria para la recogida de basuras.

1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:

CIMENTACIÓN:

Según las recomendaciones del estudio geotécnico que se incluye como anejo a la memoria y el planteamiento estructural del proyecto se adopta la siguiente solución estructural:

Zapatas de hormigón armado para cimentación de pilares y pantallas de hormigón "in situ".

Zapata corrida en muros perimetrales del edificio y muros de contención de los patios ingleses. Los muretes de zócalo y los muros de cerramiento que no soportan cargas gravitatorias de la edificación se han cimentado sobre vigas de cimentación.

El apoyo de las zapatas se llevará hasta la zona elegida mediante un relleno de hormigón en masa HM-15 de tal forma que se asegure que todas las zapatas del edificio apoyan en el mismo sustrato resistente (sustrato terciario).

Una vez realizada la excavación de las zapatas se deberá proceder continuamente y con celeridad a la cimentación no permitiendo la variación de las características geotécnicas de los materiales por fenómenos climáticos o de otra naturaleza.

ESTRUCTURA PORTANTE Y HORIZONTAL:

La estructura horizontal de la edificación se resuelve mediante forjados unidireccionales pretensados (tipo prelosa), apoyados en pórticos de hormigón armado excepto en zonas localizadas (ver planos de proyecto) en los que se ha empleado losa maciza de hormigón armado. Para la estructura horizontal se emplea hormigón HA-25.

La estructura vertical se resuelve con pilares y pantallas de hormigón armado ejecutados "in situ" empleando hormigón HA-25.

Las escaleras serán de losa de hormigón armado ejecutado in situ, que apoyarán en la estructura portante del edificio.

Sobre la cubierta de la edificación se proyecta con estructura de acero el cerramiento de la sala de instalaciones y la solución de los lucernarios de la cubierta del patio interior.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

1.2. PRESTACIONES DEL EDIFICIO

En el proyecto se ha tenido en cuenta lo establecido en los documentos básicos DB-SE de Bases de Cálculo, DB-SE-AE de Acciones en la Edificación, DB-SE-C de Cimientos, DB-SE-A de Acero, así como en las normas EHE de Hormigón Estructural y NCSE-02 de construcción sismorresistente; para 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, de modo que no se produzcan en el mismo o en alguna de sus partes, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, vigas, pilares, losas, muros u otros elementos estructurales que comprometan directamente la resistencia mecánica, la estabilidad del edificio o que se produzcan deformaciones inadmisibles. Su justificación se realiza en el apartado 3 Cumplimiento de la Seguridad Estructural en el Proyecto de Ejecución.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

2.1.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

Se incluye captura del estudio geotécnico:

1. Nivel geotécnico 0, rellenos de arcillas con cantos y fragmentos de roca margosa.

El espesor máximo observado en los sondeos es de 0,70 metros en el sondeo S2, si bien se interpreta un espesor de 2,60 metros en el ensayo de penetración P1. Este nivel será eliminado en la excavación de la cimentación. La topografía de la parcela no es homogénea, sino que presenta una morfología elevada en forma de domo que hace pensar en que en la zona central de la misma el espesor de rellenos sea superior al observado en los sondeos. En el momento de redacción del presente informe no disponemos de levantamiento topográfico de la parcela, pero se ha observado durante la ejecución de los ensayos de campo que, en algunos puntos, la rasante de la misma podría estar a más de 2 metros por encima de las aceras que la circundan.

2. Nivel geotécnico Ia, Margas grises con alteración III. Material correspondiente al perfil de meteorización del sustrato terciario, el cual se ha observado en el sondeo S1 con un espesor de 0,20 metros y en el S2 con un espesor de 1,10 metros. Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante los ensayos de penetración dinámica (DPSH) y un ensayo de penetración estándar (SPT), obteniéndose un valor de carga de 3,00 kg/cm². Los parámetros geotécnicos asociados a este conjunto de materiales, considerando un valor de N₃₀ igual a 29, son:



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Naturaleza	Cohesiva
Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,80-2,00
Cohesión no drenada c_u (kg/cm ²)	1,81
Ángulo de rozamiento no drenado (°)	0,00
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	0,36
Ángulo de rozamiento efectivo (°)	26,28
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	235,63
Carga admisible (kg/cm ²)	3,00

3. **Nivel geotécnico Ib**, margas grises sanas. Este nivel se ha observado a partir de 0,60 y 1,80 metros en los sondeos S1 y S2 respectivamente, interpretándose a partir de 4,00 metros en el ensayo P1 y de 0,80 metros en el P2. La base de este tramo no se ha observado, aunque por criterios geológicos se conoce que la profundidad a la que se encuentra es muy superior a la profundidad máxima investigada. Estos materiales representan el sustrato rocoso terciario poco alterado y sano, representado en la zona de estudio por la unidad Margas de Pamplona. Su comportamiento resistente se ha estimado a partir del resultado de tensión de rotura obtenido en los ensayos realizados, usando el método de Serrano y Olalla (1993), obteniéndose un valor de carga admisible de 6,00 kg/cm². Los parámetros geotécnicos asociados al sustrato rocoso sano serían:

Naturaleza	Roca
Peso específico aparente γ (g/cm ³)	2,42-2,44
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	4,06
Ángulo de rozamiento efectivo (°)	24,69
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	3.023,00
Carga admisible (kg/cm ²)	6,00
Resis. fuste pilotes (kg/cm ²)	2,08
Resis. punta pilotes (kg/cm ²)	30,30
Resis. fuste micropilotes (kg/cm ²)	1,50-4,00*
Resis. punta micropilotes (kg/cm ²)	7,57

(*) Valores variables dependiendo del método de inyección del micropilote (IU-IRS).

2.1.2. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN:

Para la determinación de las características del terreno se ha realizado un estudio geotécnico que se incorpora al proyecto como anexo.

Estudio geotécnico realizado por:

GEEA GEOLOGOS

Para establecer las características geotécnicas de la parcela objeto de estudio, se ha realizado un reconocimiento que ha consistido en la realización de 2 sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y 2 ensayos de penetración dinámica D.P.S.H.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Tipología de cimentación recomendada en el estudio geotécnico (captura geotécnico):

A partir de los trabajos realizados y de los resultados obtenidos en ellos, se considera como opción de cimentación más adecuada la realización de una cimentación mixta superficial y semiprofunda mediante zapatas y pozos, apoyada en el sustrato rocoso sano (NG Ib, margas grises sanas), con una tensión de trabajo admisible no superior a 6,00 kg/cm².

Nivel freático:

Durante la fase de ejecución de los sondeos no se ha observado la presencia del nivel freático en la zona, siendo la profundidad máxima investigada igual a 6,00 metros.

Agresividad al hormigón:

El contenido en sulfatos de la muestra analizada la clasifica como no agresiva al hormigón.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL:

2.2.1 DATOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA:

Se consideran las acciones sobre la estructura que describe el CTE en el documento DB SE-AE.

En acciones gravitatorias se diferencian el peso propio, las cargas muertas y la sobrecarga de uso. Dentro de las cargas muertas está la tabiquería, el solado, los recrecidos y el falso techo.

Se tiene en cuenta la reducción de sobrecarga de uso para elementos verticales según el artículo 3.1.2 del DB SE-AE del CTE.

También se tiene en cuenta la acción del viento según el CTE.

En el apartado de justificación del DB SE-AE se cuantifican las acciones consideradas en el cálculo.

2.2.2 PROGRAMA DE NECESIDADES:

El programa de necesidades es la construcción de una edificación que albergue un centro de salud.

El edificio debe dimensionarse para poder soportar la categoría de uso tipo B definida en la tabla 3.1 del DB SE-AE del Código técnico de la edificación.

2.2.3 BASES DE CALCULO Y PROCEDIMIENTO O MÉTODOS EMPLEADOS PARA TODO EL SISTEMA ESTRUCTURAL:

El periodo de servicio previsto del edificio es de 50 años.

MÉTODO DE CÁLCULO:

Para la obtención de las solicitaciones se ha considerado los principios de la Mecánica Racional y las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y Elasticidad.

El método de cálculo aplicado es de los Estados Límites, en el que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio, agotamiento, rotura, adherencia, anclaje y fatiga (si procede).

En los estados límites de utilización, se comprueba: deformaciones (flechas), y vibraciones (si procede).

Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad definidos en el art. 12º de la norma EHE y las combinaciones de hipótesis básicas definidas en el art 4º del CTE DB-SE.

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.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

CÓDIGO/nº REV: EX1702.MA.01.01

Fecha: 04/12/2018

Página 7 / 46

ah
PC 05.1.3



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Para la obtención de las sollicitaciones determinantes en el dimensionado de los elementos de los forjados (vigas, losas, nervios) se obtendrán los diagramas envolventes para cada esfuerzo.

Para el dimensionado de los soportes se comprueban todas las combinaciones definidas.

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO:

En el dimensionamiento de la cimentación y la estructura se ha utilizado el programa Cypecad versión 2018, distribuido por la empresa Cype Ingenieros, con razón social en la Avda. Eusebio Sempere, 5, de Alicante.

Se incluye en el anexo 01 dentro de este anejo la descripción del método de cálculo empleado por este programa.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN:

HORMIGÓN Y ACERO DE ARMAR:

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN			General	Elementos que varían	
				Ciment. Y Eltos en contacto con terreno y sótano	Estructura hormigón visto
Com pone ntes	Cemento RC-16	Tipo - Resistencia	EN 197-1 CEM I 42,5 N	EN 197-1 CEM I 42,5 N	EN 197-1 CEM I 42,5 N
	Agua Art. 27	Contenido máx. del ion cloruro	3 gr./litro		
	Aridos Art. 28	Clase	Machacado		
		Tamaño máx.	20 mm	24 mm	IIa IIa=20 mm IIa=275 Kg IIa=0,60
	Consistencia Art. 30.6 Ambiente Tabla 8.2.2 Recubrimiento mínimo armaduras. Tabla 37.2.4		Blanda IIa IIa=20 mm	Plástica IIa Cimen-70 mm	
	Contenido mínimo cemento Tabla 37.3.2.a Relación máxima agua/cemento. Tabla 7.3.2.a Compactación		IIa=275 Kg IIa=0,60	IIa=275 Kg IIa=0,60	
		Vibrado			
Acero	Tipo Acero Tabla 31.2.a Límite Elástico Tablas 31.2.a		B 500 S 500 N/mm2		
	Mallas electrosol. Tabla 31.3 Límite Elástico Tablas 31.2.a		B 500T 500 N/mm2		

ESPECIFICACIONES DE CÁLCULO Y CONTROL DE CALIDAD

	Tipo	Coeficiente parcial de seguridad	Nivel Control de la ejecución	Forma elaboración
Hormigones	HA-25/P/24/Ila HA-25/B/20/ Ila	1,5	Normal	Central
Acero	B 500 S	1,15	Normal	Instalación de ferralla
Coef. Mayorac. acciones		C. Permanentes 1,35 C. Variables 1,5		
control de calidad del acero	Armaduras en posesión de distintivo de calidad oficialmente reconocido según Anejo 19 (EHE-08) o Marcado CE.		Control de acero según Artículos 88.4.1 , 88.5.2 y 88.6 de la EHE-08	
Control de calidad del hormigón (cap.16 EHE-08) ESTADÍSTICO	Nº Lotes		según Tabla 86.5.4.1	
	Nº Amasadas		según Tabla 86.5.4.2	
	Nº Probetas		Dos por amasada	

La justificación de las cuantías mínimas exigibles a los elementos de hormigón armado y los recubrimientos elegidos en función de la clase de exposición se realiza en el apartado dedicado a la justificación de la EHE.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

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:	☒	☐
DB-SE-AE	3.1.2.	Acciones en la edificación	☒	☐
DB-SE-C	3.1.3.	Cimentaciones	☒	☐
DB-SE-A	3.1.7.	Estructuras de acero	☒	☐
DB-SE-F	3.1.8.	Estructuras de fábrica	☐	☒
DB-SE-M	3.1.9.	Estructuras de madera	☐	☒

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

	apartado		Procede	No procede
NCSE	3.1.4.	Norma de construcción sismorresistente	☒	☐
EHE	3.1.5.	Instrucción de hormigón estructural	☒	☐

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 Cimientos», «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.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.1. Seguridad estructural (DB SE)

La estructura se ha analizado y dimensionado frente a los estados límite, que son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

SE 1. RESISTENCIA Y ESTABILIDAD.

La estructura se ha calculado frente a los estados límite últimos, que son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. En general se han considerado los siguientes:

a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).

Las verificaciones de los estados límite últimos que aseguran la capacidad portante de la estructura, establecidas en el DB-SE 4.2, son las siguientes:

Se ha comprobado que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_d \leq R_d$ siendo:

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente

Se ha comprobado que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio y de todas las partes independientes del mismo, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$ siendo:

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

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

SE 2. APTITUD AL SERVICIO.

La estructura se ha calculado frente a los estados límite de servicio, que son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado los siguientes:

a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;

b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Las verificaciones de los estados límite de servicio, que aseguran la aptitud al servicio de la estructura, han comprobado su comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones y el deterioro, porque se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto en el DB-SE 4.3.

3.2. Acciones en la edificación (DB SE-AE)

3.2.1 ACCIONES GRAVITATORIAS. SEGÚN CTE SE-AE

ACCIONES GRAVITATORIAS (KN/m²). (FORJADOS Y LOSAS)

CTE SE-AE

ELEMENTO	TIPO DE FORJADO / LOSA								
	F1	F2	F3	F4	L0 / L1	L2	L3	L4	L5
	PRELOSA PRETENSADA 25+5 RF-120 BOVEDILLA P42	PRELOSA PRETENSADA 30+5 RF-120 BOVEDILLA P42	PRELOSA PRETENSADA 25+5 RF-120 BOVEDILLA P42	PRELOSA PRETENSADA 30+5 RF-120 BOVEDILLA P42	25cm / 30cm interior	Losa h:25cm rampa acceso	Losa h:25cm techo accesos	Losa h:30cm suelo sala instalaciones	Losa h:15cm zona lucernarios
FORJADO	4,05	4,40	4,05	4,40	6,25 / 7,50	6,25	6,25	7,50	3,75
PAVIMENTO (+RELLENOS)	1,20	1,20	-	-	1,20	3,80	-	-	-
ELEMENTOS DE COBERTURA	-	-	4,50	4,50	-	-	3,50	5,50	4,50
TABQUERIA	0,60	0,60	-	-	0,60	-	-	-	-
SOBRECARGA DE USO	2,00	2,00	-	-	2,00	3,00	-	1,00	1,00
SOBREC. NIEVE-VIENTO-CONS.	-	-	1,00	1,00	-	-	1,00	-	-
NOTA: A LAS CARGAS BASE DE CADA FORJADO TIPO SE SUMARAN, LAS CARGAS SUPERFICIALES, LINEALES Y PUNTUALES INDICADAS EN LOS PLANOS DE DEFINICIÓN DE FORJADOS									

FACHADAS Y PARTICIONES PESADAS

10 KN/m particiones pesadas.

3 KN/m fachadas.

ESCALERAS

Peso propio losa

Según canto

Peldañado

1.50 KN/m²

Sobrecarga de uso

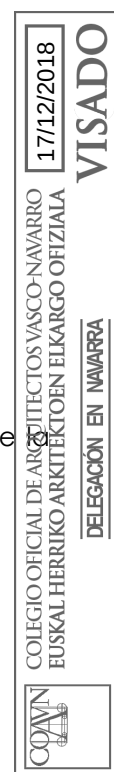
3.00 KN/m²

SOBRECARGAS LOCALES

-Cargas horizontales en barandillas y antepechos en vestíbulos: 1,6KN/ml

-Punzonamiento de piso: Carga concentrada de 2KN actuando en cualquier punto de planta, aplicada sobre pavimento acabado en una superficie cuadrada de 50mm de lado.

-



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.2.2.-ACCIÓN DEL VIENTO SEGÚN CTE SE-AE

Altura de coronación del edificio:	14,5m
Grado de aspereza del entorno	IV
Velocidad del viento	29 m/sg
Presión dinámica	0.52 KN/m ²

Presión y succión estática en las direcciones X e Y según artículo 3.3 del CTE SE-AE.

3.2.3.- ACCIONES TÉRMICA SEGÚN CTE SE-AE

Para la evaluación de la acción térmica se ha tenido en cuenta el artículo art. 3.4 de CTE SE-AE y además los siguientes factores:

- La forma y tamaño del edificio.
- Las temperaturas de referencia de construcción del edificio.
- Las temperaturas máxima y mínima, de verano e invierno respectivamente.

La comprobación de la estructura para las acciones térmicas se realiza mediante un cálculo pseudo-no lineal, es decir, un cálculo lineal que contemple la pérdida de rigidez de la estructura.

Para ello se emplea la rigidez secante en las distintas secciones de los pilares y los forjados.

3.2.4.- NIEVE

Se consideran los valores representados en el punto 3.2.1 de este documento.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.2.5 COMBINACION DE ACCIONES CONSIDERADAS:

HORMIGÓN ARMADO Y ACERO:

De acuerdo con las acciones determinadas en función de su origen, y teniendo en cuenta tanto si el efecto de las mismas es favorable o desfavorable, así como los coeficientes de ponderación se realizará el cálculo de las combinaciones posibles del modo siguiente:

E.L.U. DE ROTURA. HORMIGÓN Y ACERO EN ESTRUCTURA: EHE-CTE

- Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

ACCIONES CARACTERISTICAS

Para comprobar **tensiones sobre el terreno** (tensiones en zapatas, vigas y losas de cimentación) y **desplazamientos**.

- **Situaciones no sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Situación 1: Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	1.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)		

Situación 2: Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)	-1.00	1.00



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.3. Cimentaciones (DB SE-C)

El comportamiento de la cimentación en relación a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) se ha comprobado frente a los estados límite últimos asociados con el colapso total o parcial del terreno o con el fallo estructural de la cimentación. En general se han considerado los siguientes:

- a) pérdida de la capacidad portante del terreno de apoyo de la cimentación por hundimiento, deslizamiento o vuelco;
- b) pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo a la cimentación;
- c) pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural; y
- d) fallos originados por efectos que dependen del tiempo (durabilidad del material de la cimentación, fatiga del terreno sometido a cargas variables repetidas).

Las verificaciones de los estados límite últimos, que aseguran la capacidad portante de la cimentación, son las siguientes:

En la comprobación de estabilidad, el equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

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

En la comprobación de resistencia, la resistencia local y global del terreno se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$E_d \leq R_d$ siendo:

E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones;

R_d el valor de cálculo de la resistencia del terreno.

La comprobación de la resistencia de la cimentación como elemento estructural se ha verificado cumpliendo que el valor de cálculo del efecto de las acciones del edificio y del terreno sobre la cimentación no supera el valor de cálculo de la resistencia de la cimentación como elemento estructural.

El comportamiento de la cimentación en relación a la aptitud al servicio se ha comprobado frente a los estados límite de servicio asociados con determinados requisitos impuestos a las deformaciones del terreno por razones estéticas y de servicio. En general se han considerado los siguientes:

- a) los movimientos excesivos de la cimentación que puedan inducir esfuerzos deformaciones anormales en el resto de la estructura que se apoya en ellos, y que aunque no lleguen a romperla afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o funcionamiento de equipos e instalaciones;
- b) las vibraciones que al transmitirse a la estructura pueden producir falta de confort en las personas o reducir su eficacia funcional;
- c) los daños o el deterioro que pueden afectar negativamente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

La verificación de los diferentes estados límite de servicio que aseguran la aptitud al servicio de la cimentación, es la siguiente:

El comportamiento adecuado de la cimentación se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

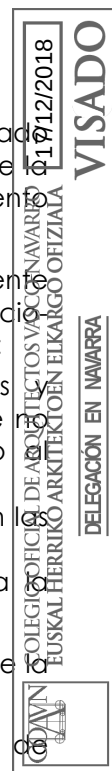
$E_{ser} \leq C_{lim}$ siendo:

E_{ser} el efecto de las acciones;

C_{lim} el valor límite para el mismo efecto.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Los diferentes tipos de cimentación requieren, además, las siguientes comprobaciones y criterios de verificación, relacionados más específicamente con los materiales y procedimientos de construcción empleados:

CIMENTACIONES DIRECTAS.

En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento de la resistencia del terreno para cualquier mecanismo posible de rotura, es adecuado. Se han considerado los estados límite últimos siguientes: a) hundimiento; b) deslizamiento; c) vuelco; d) estabilidad global; y e) capacidad estructural del cimiento; verificando las comprobaciones generales expuestas.

En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que no resultan excesivos y que no podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños. Se han considerado los estados límite de servicio siguientes: a) los movimientos del terreno son admisibles para el edificio a construir; y b) los movimientos inducidos en el entorno no afectan a los edificios colindantes; verificando las comprobaciones generales expuestas y las comprobaciones adicionales del DB-SE-C 4.2.2.3.

ELEMENTOS DE CONTENCIÓN.

En el comportamiento de los elementos de contención se han considerado los estados límite últimos siguientes: a) estabilidad; b) capacidad estructural; y c) fallo combinado del terreno y del elemento estructural; verificando las comprobaciones generales expuestas.

En el comportamiento de los elementos de contención se han considerado los estados límite de servicio siguientes: a) movimientos o deformaciones de la estructura de contención o de sus elementos de sujeción que puedan causar el colapso o afectar a la apariencia o al uso eficiente de la estructura, de las estructuras cercanas o de los servicios próximos; b) infiltración de agua no admisible a través o por debajo del elemento de contención; y c) afección a la situación del agua freática en el entorno con repercusión sobre edificios o bienes próximos o sobre la propia obra; verificando las comprobaciones generales expuestas.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.

En las excavaciones se han tenido en cuenta las consideraciones del DB-SE-C 7.2 y en los estados límite últimos de los taludes se han considerado las configuraciones de inestabilidad que pueden resultar relevantes; en relación a los estados límite de servicio se ha comprobado que no se alcanzan en las estructuras, viales y servicios del entorno de la excavación.

En el diseño de los rellenos, en relación a la selección del material y a los procedimientos de colocación y compactación, se han tenido en cuenta las consideraciones del DB-SE-C 7.3, que deberán seguir también durante la ejecución.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.4. CUMPLIMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

3.4.1. Bases de cálculo:

La vida útil nominal considerada para la estructura proyectada es de 50 años.

Durante este periodo se debe satisfacer los requisitos siguientes:

- Seguridad y funcionalidad estructural: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que la estructura tenga un comportamiento mecánico inadecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, considerando la totalidad de su vida útil.
- Seguridad en caso de incendio: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de la estructura sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.
- Higiene, salud y protección del medio ambiente: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que se provoquen impactos inadecuados sobre el medio ambiente como consecuencia de la ejecución de las obras.

Para asegurar la fiabilidad requerida a la estructura, ésta se ha comprobado mediante cálculo frente a los estados límite últimos y de servicio que se consideran en el DB-SE y que se desarrollan en el punto 3.1 y frente al estado límite de durabilidad.

Además de las exigencias que establece el CTE en el documento DB-SE comentadas en el punto 3.1 de esta memoria, las estructuras de hormigón tienen que cumplir como exigencia de aptitud al servicio una limitación en las aberturas características de fisura según la tabla 5.1.1.2 de la EHE-08 y que se justifica en este apartado.

3.4.2. Bases de cálculo adicionales orientadas a la durabilidad:

La EHE-08, define un estado límite, de Durabilidad, que consiste en verificar que el tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa es mayor que el valor de cálculo de la vida útil del edificio.

Para poder realizar la comprobación del estado límite de durabilidad, se define el tipo de ambiente al que está sometido cada elemento estructural, definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto. El tipo de ambiente se define según la tabla 8.2.2 (clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras) y la tabla 8.2.3.a (clases de exposición relativas a otros procesos del deterioro distintos de la corrosión).

Para que la estructura cumpla con el estado límite de durabilidad se ha seguido una estrategia que considera todos los posibles mecanismos de degradación, y se han adoptado medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentra sometido cada elemento.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.4.2.1. Justificación de las clases de exposición consideradas para los elementos de la estructura:

Elemento estructural	Clase general de exposición	Clase específica de exposición	justificación
Cimentación y elementos estructurales en contacto con el terreno	Ila	-	Elementos enterrados o sumergidos
Resto de estructura	Ila	-	Exteriores en ausencia de cloruros y expuestos a lluvias

3.4.2.2. Estrategia para la durabilidad:

a) Se han seleccionado las **formas estructurales adecuadas**, de acuerdo con lo indicado en el artículo 37.2.2 de la EHE-08.

b) **Calidad** adecuada del **hormigón** de acuerdo con lo indicado en el artículo 37.2.3 de la EHE-08.

Requisitos generales:

Contenido mínimo de cemento, tabla 37.3.2.a: -ambiente Ila = 275 kg/m³

Máxima relación a/c, tabla 37.3.2.a: -ambiente Ila = 0,60

c) Espesor de **recubrimiento** adecuado para la protección de las armaduras, según art. 37.2.4.

Clase de exposición:	Tipo de cemento:	Resist. característica del hormigón:	Vida útil:	Recubrimiento mínimo:	Recubrimiento nominal:
Ila	EN 197-1 CEM I 42,5 N	25	50	20	30

Nota: el recubrimiento puede venir condicionado por criterios de durabilidad (recubrimiento nominal) o por necesidades de resistencia al fuego de la estructura (recubrimiento mecánico)

d) Control de la **abertura máxima de fisura**, según art. 37.2.6.

Clase de exposición:	Tipo de hormigón:	Ancho de fisura:
Ila	Hormigón armado	0,3

3.4.3. Análisis estructural:

Los coeficientes de minoración de los materiales son los correspondientes a un control de ejecución de la estructura normal según la tabla 15.3 de la EHE-08.

El análisis global de la estructura se realiza mediante un análisis lineal con redistribución del 15% de momentos negativos según el art.4 del anejo 12 de la EHE-08.

El análisis con redistribución limitada solamente se utiliza para comprobaciones en estado límite último.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.4.4. Cuantías geométricas:

Serán como mínimo las fijadas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5.

3.4.5. Límites de deformación en estructuras de hormigón armado:

3.4.5.1. Limitación de las flechas en elementos flectados:

Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, losa, vigas y forjados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de fluencia pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

El dimensionado se ha realizado satisfaciendo las limitaciones de flecha máxima relativa admisible que vienen en el código técnico de la edificación (art. 4.3.3.1) y que se detallan en la tabla siguiente:

En general:

Elemento	Total diferida	Activa
Jácena de apeo de muros de carga de fábrica de ladrillo	L/1000	-
Jácena de apeo de estructuras de pilares y jácenas	L/750	-
Pisos con tabiques frágiles	-	L/500
Pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	Menor de L/250 y L/500+1cm	L/400
Resto de los casos	-	L/300

Siendo L la luz del vano.

3.4.5.2. Limitación de los desplazamientos horizontales:

Desplome local (relativo a la altura entre plantas)	$\delta / h < 1/250$
Desplome total (relativo a la altura total del edificio)	$\delta / H < 1/500$

3.4.5.3. Exigencias en estructuras susceptibles de experimentar vibraciones:

Las estructuras y sus elementos, en especial los que trabajan a flexión, han sido diseñados con modos propios de oscilación mayores que los que se muestran en la tabla siguiente:

Uso Estructura	Frecuencia (Hz)
Gimnasios o palacios de deporte	>8,0
Salas de fiestas o conciertos sin asientos fijos	>7,0
Salas de fiestas o conciertos con asientos fijos	>3,4

3.4.7. Resistencia al fuego de la estructura:

Resistencia al fuego de los distintos elementos estructurales: R 90

Para cumplir con las exigencias de resistencia al fuego de los distintos elementos estructurales, se ha tenido en cuenta el anejo C del DB SI.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Se adjunta la relación espesor mínimo (mm)/distancia mínima equivalente al eje de la armadura (mm) para los distintos elementos estructurales:

SE LE EXIGE A LA ESTRUCTURA UN R-90 (tabla 3.1 DB SI-6)

LA RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO EN CASO DE INCENDIO SE GARANTIZA CUMPLIENDO CON LAS DISTANCIAS MÍNIMAS EQUIVALENTES A EJE DE ARMADURA Y ANCHOS MÍNIMOS QUE INDICA EL DB SI EN SU ANEJO C.

am (distancias mínimas equivalentes al eje de la armadura) (PREVALECE EL RECUBRIMIENTO DE LA EHE-08 SI ESTOS SUPONEN DISTANCIAS MAYORES)

Para soportes (tabla C.2) R90 → am =30mm/ancho mín=250mm; Para muros (tabla C.2) R90 → am =20mm/ancho mín=140mm; Para vigas con tres caras expuestas al fuego (tabla C.3)

R90 → am =30mm/ancho mín=250mm; Para losas (tabla C.4) REI90 → am =25mm/espesor mín=100mm;

Para forjados, se exigirá justificación DB-SI al suministrador.

(nota: con los recubrimientos nominales establecidos en el cuadro de características de la EHE, se cumplen las distancias mínimas equivalentes al eje de la armadura requeridas por el DB-SI)



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.5. CUMPLIMIENTO DEL DB-SE-A (Acero):

3.5.1. Bases de cálculo:

Para verificar el cumplimiento del apartado 3.2 del Documento Básico SE, se ha comprobado: La estabilidad y la resistencia (estados límite últimos) y la aptitud para el servicio (estados límite de servicio):

Estados límite últimos

La determinación de la resistencia de las secciones se hace de acuerdo a lo especificado en el capítulo 6 del documento DB SE A, partiendo de las esbelteces, longitudes de pandeo y esfuerzos actuantes para todas las combinaciones definidas en la presente memoria, teniendo en cuenta la interacción de los mismos y comprobando que se cumplen los límites de resistencia establecidos para los materiales seleccionados.

Estados límite de servicio

Se comprueba que todas las barras cumplen, para las combinaciones de acciones establecidas en el apartado 4.3.2 del Documento Básico SE, con los límites de deformaciones, flechas y desplazamientos horizontales.

3.5.2. Durabilidad:

Los perfiles de acero están protegidos de acuerdo a las condiciones de uso y ambientales y a su situación, de manera que se asegura su resistencia, estabilidad y durabilidad durante el periodo de vida útil, debiendo mantenerse de acuerdo a las instrucciones de uso y plan de mantenimiento correspondiente.

NOTAS SOBRE TRATAMIENTO DE PROTECCIÓN DE LA ESTR. METÁLICA

1. Preparación de las superficies: Grado 2 1/2 de la norma ISO 8051-4. Obtener por chorreado en taller.
 2. Capa de imprimación anticorrosiva: No deberá ser menor de 50micras y de base de silicato rico en zinc.
 3. Capas intermedias y de acabado: El sistema de pintura deberá cumplir las prescripciones establecidas para clase de exposición C3 y tendrá un grado de durabilidad alto. El fabricante de las pinturas deberá establecer el tipo y espesor para dichas prescripciones.
 4. Las uniones realizadas en obra se deberán proteger con el mismo criterio establecido para el resto de la estructura.
- Nota. Todo el conjunto de capas debe ser compatible, por lo que el fabricante será único.

3.5.3. Análisis estructural:

El análisis estructural se ha realizado con el modelo descrito en el Documento Básico SE A, discretizando las barras de acero con las propiedades geométricas obtenidas de las bibliotecas de perfiles de los fabricantes o calculadas de acuerdo a la forma y dimensiones de los perfiles.

Las secciones a efectos de dimensionamiento se clasifican de acuerdo a la tabla 5.1 del Documento Básico SE A, aplicando los métodos de cálculo descritos en la tabla 5.2 y los límites de esbeltez de las tablas 5.3, 5.4, y 5.5 del mencionado documento.

3.5.4. Límites de deformación:

3.5.4.1. Limitación de las flechas en elementos flectados:

- 1.-Techos en general (FLECHA ACTIVA): L/250.
- 2.-Techos en general (FLECHA TOTAL): L/200.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

3.5.4.1. Limitación de desplome:

Desplomes en pilares: $h/250$

3.6. ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02)

En la determinación de las acciones sísmicas se ha considerado la Norma de Construcción Sismorresistente.

Localidad/Provincia	Pamplona/Navarra
Clasificación de la construcción:	Construcción de importancia normal Edificio dotacional, centro de salud.
Tipo de Estructura:	hormigón armado
Aceleración Sísmica Básica (a_b):	$A_b=0.04$ g, (siendo g la aceleración de la gravedad) APLICABLE
Coefficiente de contribución (K):	K=1
Coefficiente adimensional de riesgo (ρ):	$\rho=1$, (en construcciones de normal importancia)
Coefficiente de amplificación del terreno (S):	0,8
Coefficiente de tipo de terreno (C):	1
Aceleración sísmica de cálculo (a_c):	0,032
Método de cálculo adoptado:	Análisis modal espectral
Factor de amortiguamiento:	Estructura de hormigón armado compartimentada: 5%
Número de modos de vibración considerados:	4 modos de vibración
Coefficiente de comportamiento por ductilidad:	$\mu = 2$ (ductilidad baja)

En Pamplona, octubre 2018

Los arquitectos,

Miguel A. Alonso del Val

Rufino J. Hernández Minguillón

Marcos Escartín Miguel

Mikel Zabalza Zamarbide



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

ANEXO 01:

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO POR EL PROGRAMA CYPECAD:

A: ESTRUCTURA:

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).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene aunque se introduzcan vigas y no forjados en la planta.

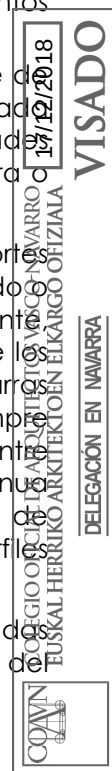
Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona, y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se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

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.

A.1: Discretización de la estructura

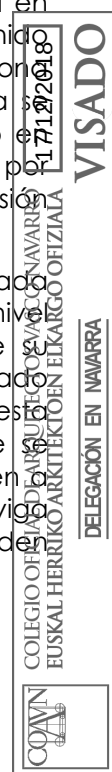
La estructura se discretiza en elementos tipo barra, emparillados de barras y nudos, y elementos finitos triangulares de la siguiente manera:

- **1. Pilares:** Son barras verticales entre cada planta, definiendo un nudo en arranque de cimentación o en otro elemento, como una viga o forjado, y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal. Se consideran las excentricidades debidas a la variación de dimensiones en altura. La longitud de la barra es la altura o distancia libre a cara de otros elementos.
- **2. Vigas:** se definen en planta fijando nudos en la intersección con las caras de soporte (pilares, pantallas o muros), así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales y, análogamente, en las puntas de voladizos y extremos libres o en contacto con otros elementos de los forjados. Por tanto, una viga entre dos pilares está formada por varias barras consecutivas, cuyos nudos son las intersecciones con las barras de forjados. Siempre poseen tres grados de libertad, manteniendo la hipótesis de diafragma rígido entre todos los elementos que se encuentren en contacto. Por ejemplo, una viga continua que se apoya en varios pilares, aunque no tenga forjado, conserva la hipótesis de diafragma rígido. Pueden ser de hormigón armado o metálicas en perfiles seleccionados de biblioteca.
- **3. Vigas de cimentación:** son vigas flotantes apoyadas sobre suelo elástico, discretizadas en nudos y barras, asignando a los nudos la constante de muelle definida a partir del coeficiente de balasto (ver anexo de Losas y vigas de cimentación).



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- **4. Vigas inclinadas:** Se definen como barras entre dos puntos que pueden estar en un mismo nivel o planta o en diferentes niveles, creándose dos nudos en dichas intersecciones. Cuando una viga inclinada une dos zonas independientes no produce el efecto de indeformabilidad del plano con comportamiento rígido, ya que poseen seis grados de libertad sin coartar.
- **5. Forjados unidireccionales:** Las viguetas son barras que se definen en los paños huecos entre vigas o muros, y que crean nudos en las intersecciones de borde y eje correspondientes de la viga que intersectan. Se puede definir doble y triple vigueta, que se representa por una única barra con alma de mayor ancho. La geometría de la sección en **T** a la que se asimila cada vigueta se define en la correspondiente ficha de datos del forjado.
- **6. Forjados de Placas Aligeradas.** Son forjados unidireccionales discretizados por barras cada 40 cm. Las características geométricas y sus propiedades resistentes se definen en una ficha de características del forjado, que puede introducir el usuario, creando una biblioteca de forjados aligerados. Se pueden calcular en función del proceso constructivo de forma aproximada, modificando el empotramiento en bordes, según un método simplificado.
- **7. Losas macizas:** La discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.
- **8. Losas de cimentación:** son losas macizas flotantes cuya discretización es idéntica a las losas normales de planta, con muelles cuya constante se define a partir del coeficiente de balasto. Cada paño puede tener coeficientes diferentes.
- **9. Forjados reticulares:** la discretización de los paños de forjado reticular se realiza en mallas de elementos finitos tipo barra cuyo tamaño es de un tercio del intereje definido entre nervios de la zona aligerada, y cuya inercia a flexión es la mitad de la zona maciza, y la inercia a torsión el doble de la de flexión. La dimensión de la malla se mantiene constante tanto en la zona aligerada como en la maciza, adoptando en cada zona las inercias medias antes indicadas. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.
- **10. Pantallas H.A.:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formado por rectángulos múltiples entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado es constante en altura, pudiendo disminuirse el espesor. En una pared (o pantalla) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar como elemento lineal. Tanto vigas como forjados se unen a las paredes a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección, mediante una viga que tiene como ancho el espesor del tramo y canto constante de 25 cm. No coinciden los nudos con los nudos de la viga.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- **11. Muros de hormigón armado y muros de sótano:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado puede ser diferente en cada planta, pudiendo disminuirse su espesor en cada planta. En una pared (o muro) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición, no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar, u otro elemento en función de sus dimensiones. Tanto vigas como forjados y pilares se unen a las paredes del muro a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección.

Todo nudo generado corresponde con algún nodo de los triángulos.

La discretización efectuada es por elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante. Están formados por seis nodos, en los vértices y en los puntos medios de los lados con seis grados de libertad cada uno y su forma es triangular, realizándose un mallado del muro en función de las dimensiones, geometría, huecos, generándose un mallado con refinamiento en zonas críticas que reduce el tamaño de los elementos en las proximidades de ángulos, bordes y singularidades.

A.2: REDISTRIBUCIONES CONSIDERADAS:

Coefficientes de Redistribución de Negativos. Se acepta una redistribución de momentos negativos en vigas y viguetas de hasta un 30%. Este parámetro puede ser establecido opcionalmente por el usuario, si bien se recomienda un 15% en vigas y un 25% en viguetas (valor por defecto). Esta redistribución se realiza después del cálculo.

Coefficiente de Empotramiento en última planta. De forma opcional se pueden redistribuir los momentos negativos en la unión de la cabeza del último tramo de pilar con extremo de viga; dicho valor estará comprendido entre 0 (articulado) y 1 (empotramiento), aunque se aconseja 0.3 como valor intermedio.

Se realiza una interpolación lineal entre las matrices de rigidez de barras biempotradas empotradas-articuladas, que afecta a los términos $E I/L$ de las matrices:

$$K \text{ definitiva} = \alpha \cdot K \text{ biempotradas} + (1 - \alpha) \cdot K \text{ empot - artic.}$$

siendo α el valor del coeficiente introducido.

Coefficiente de Empotramiento en cabeza y pie de pilar, en bordes de forjados, vigas; articulaciones en extremos de vigas. Es posible también definir un coeficiente de empotramiento de cada tramo de pilar en su cabeza y/o su pie en la unión (0 = articulado; 1 = empotrado) (valor por defecto). Los coeficientes de cabeza del último tramo de pilar se multiplican por éstos. En la rótula plástica se considera físicamente en el punto de unión de la cabeza o pie con la viga o forjado tipo losa/reticular que acomete al nudo.

A.3: RIGIDECES CONSIDERADAS:

Para la obtención de los términos de la matriz de rigidez se consideran todos los elementos de hormigón en su sección bruta.

Para el cálculo de los términos de la matriz de rigidez de los elementos se han distinguido los valores:

EI/L: rigidez a flexión

GJ/L: rigidez torsional

EA/L: rigidez axil



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

y se han aplicado los coeficientes indicados en la siguiente tabla:

ELEMENTO	(EI_y)	(EI_z)	(GJ)	(EA)
Pilares	S.B.	S.B.	S.B. · x	S.B. coef.rigidez z axil
Vigas inclinadas	S.B.	S.B.	S.B. · x	S.B.
Vigas de hormigón y metálicas	S.B.	□	S.B. · x	□
Viguetas	S.B./36	□	S.B. · x	□
Zuncho de borde	S.B. · 10 ⁻¹⁵	□	S.B. · x	□
Apoyo y empot. en muro	S.B. · 10 ²	□	S.B. · x	□
Pantallas y muros	S.B.	S.B.	E.P.	SB · coef.rig.axil I
Losas y reticulares	S.B.	□	S.B. · x	□
Placas Aligeradas	S.B.	□	S.B. · x	□

S.B.: sección bruta del hormigón

□: no se considera por la indeformabilidad relativa en planta

X: coeficiente reductor de la rigidez a torsión

E.P.: elemento finito plano

Coeficientes de Rigidez a Torsión. Existe una opción que permite definir un coeficiente reductor de la rigidez a torsión (**x**), ver tabla anterior, de los diferentes elementos. Esta opción no es aplicable a perfiles metálicos. Cuando la dimensión del elemento sea menor o igual a la que el valor definido para barras cortas se tomará el coeficiente definido en las opciones. Se considerará la sección bruta (S.B.) para el término de torsión **GJ**, y también cuando sea necesaria para el equilibrio de la estructura.

Coeficiente de Rigidez Axil. Se considera el acortamiento por esfuerzo axil en pilares, muros y pantallas H.A. afectado por un coeficiente de rigidez axil variable entre 1 y 99.99 para poder simular el efecto del proceso constructivo de la estructura y su influencia en los esfuerzos y desplazamientos finales. El valor aconsejable es entre 2 y 3.

A.3: MOMENTOS MINIMOS:

En las vigas también es posible cubrir un momento mínimo que sea una fracción del supuesto isostático **pl²/8**. Este momento mínimo se puede definir tanto para momentos negativos como para positivos con la forma **pl²/x**, siendo **x** un número entero mayor que 8. El valor por defecto 0, es decir, no se aplican.

Se recomienda colocar, al menos, una armadura capaz de resistir un momento **pl²/32** en negativos, y un momento **pl²/20** en positivos. Es posible hacer estas consideraciones de momentos mínimos para toda la estructura o sólo para parte de ella, y pueden ser diferentes para cada viga. Cada norma suele indicar unos valores mínimos.

Análogamente se pueden definir unos momentos mínimos en forjados unidireccionales por paños de viguetas y para placas aligeradas. Se pueden definir para toda la obra o para paños individuales y/o valores diferentes. Un valor de 1/2 del momento isostático (= **pl²/16** para carga uniforme) es razonable para positivos y negativos.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

17/12/2018

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARROS
EUSKAL HERRIKO ARKITEKTEN ELKARTEGIA

VISADO

DELEGACIÓN EN NAVARRA

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Las envolventes de momentos quedarán desplazadas, de forma que cumplan con dichos momentos mínimos, aplicándose posteriormente la redistribución de negativos considerada.

A.3: COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE ELEMENTOS:

Para el dimensionado de las secciones de hormigón armado en estados límites últimos se emplean el **método de la parábola-rectángulo y el diagrama rectangular**, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y para cada tipo de acero, de acuerdo con la normativa vigente. Se utilizan los límites exigidos por las cuantías mínimas y máximas indicadas por las normas, tanto geométricas como mecánicas, así como las disposiciones indicadas referentes a número mínimo de redondos, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas.

Vigas

Armadura Longitudinal por Flexión. La armadura se determina efectuando un cálculo a flexión simple en, al menos, 14 puntos de cada tramo de viga, delimitado por los elementos que contacta, ya sean viguetas, losas macizas o reticulares. En cada punto, y a partir de las envolventes de momentos flectores, se determina la armadura necesaria tanto superior como inferior (de tracción y compresión según el signo de los momentos) y se comprueba con los valores mínimos geométricos y mecánicos de la norma, tomando el valor mayor. Se determina para las dos envolventes, sísmicas y no sísmicas, y se coloca la mayor cuantía obtenida en ambos.

Otras consideraciones en el armado longitudinal. Dentro de la zona de apoyo del soporte o pilar se considera una variación lineal del canto de la viga (1/3), lo cual conduce a una reducción de la armadura necesaria, que será la mayor obtenida entre las caras de borde del soporte, no teniendo que coincidir con el eje del apoyo, siendo lo más normal próxima o en el borde de apoyo.

En cuanto a las pantallas y muros, dependiendo del ancho del lado al que acomete la viga, se calcula una longitud o luz de cálculo igual a la menor de:

- ☐ la distancia entre ejes de pantallas (o punto medio del eje de viga cortado)
- ☐ la luz libre (entre caras) más dos veces el canto

Con este criterio se obtienen las envolventes dentro de la pantalla y se obtiene la longitud de corte de las armaduras, que no superarán la luz de cálculo más dos cantos.

Si es necesaria la armadura de piel, lo cual se define en opciones debido al canto de la viga, se dispondrá en las caras laterales con el diámetro y separación mínima definida, de acuerdo a la norma y lo indicado en las opciones.

Armadura Longitudinal por Torsión. Conocida la armadura longitudinal por flexión, se calcula la armadura necesaria por torsión, de acuerdo a la norma, en cada sección. Si la armadura ya colocada en esquinas es capaz de absorber ese incremento respecto a la necesaria por flexión cumplirá. En caso contrario, será preciso aumentar la armadura longitudinal y una armadura adicional en las caras laterales, como si de armadura de piel se tratara.

La comprobación de compresión oblicua por torsión y cortante se efectúa a un canto útil de borde de apoyo de acuerdo a la formulación de cada norma.

Corte de las Armaduras Longitudinales. Una vez conocida la envolvente de capacidades necesarias en cada sección, superior e inferior, se determina para cada punto una ley desplazada un canto útil más la longitud neta reducida ($= \text{longitud de anclaje} \cdot \text{área necesaria} / \text{área real}$) en función de su posición ($II = \text{mala adherencia}$, $I = \text{buena adherencia}$), determinándose la longitud máxima en su zona para cada uno de los grupos de armado dispuesto en la dirección desfavorable o decreciente de los esfuerzos. De forma opcional estas longitudes se ajustan a unos mínimos definidos en función de un porcentaje de la luz y en múltiplos de 5 cm. En los extremos, se ancla la

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

17/12/2018

VISADO

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CARRETERAS Y OBRAS PÚBLICAS DE NAVARRA
EUSKAL HERRIKO ARTEKTOEN ELKARTEGIA

DELEGACIÓN EN NAVARRA

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

armadura de acuerdo a su terminación en patilla, calculando la rama vertical necesaria, colocando un mínimo si así se indica en las opciones. En apoyos intermedios se ancla la armadura de positivos a cada lado a partir del eje de apoyo, además de un mínimo de diez diámetros medidos desde la cara del soporte.

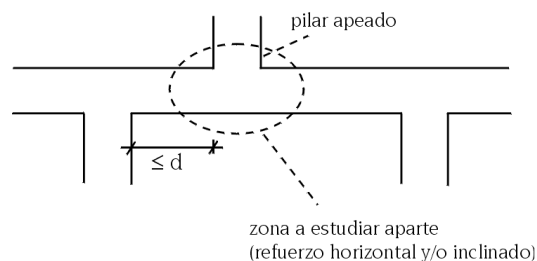
Cuando se genera la longitud máxima de barras, se cortan y se solapan las barras con un valor doble de la longitud de anclaje.

Con sismo, existe una opción en la que se ancla y solapa la armadura fuera de la zona confinada junto a los apoyos.

Armadura Transversal (Estribos). Para el dimensionado a esfuerzo cortante se efectúa la comprobación a compresión oblicua realizada en el borde de apoyo directo, y el dimensionado de los estribos a partir del borde de apoyo mencionado o de forma opcional a una distancia en porcentajes del canto útil, del borde de apoyo (Fig 18). En cuanto al estribado, o refuerzo a cortante, es posible seleccionar los diámetros mínimos y separaciones en función de las dimensiones de la viga, así como simetría en la disposición de los mismos y empleo de distintos calibres según la zona de la viga. Se pueden definir estribos simples (que es siempre el perimetral de la sección), dobles, triples, así como ramas verticales. También se pueden disponer los estribos y ramas juntos, hasta dos y tres en la misma sección.

Pilares apeados. Cargas próximas a los apoyos. Vigas de gran canto y vigas anchas.

En el caso particular de pilares apeados (sin vinculación exterior) en vigas, se dimensionan los estribos verticales con el valor del cortante en el borde de apoyo en ese tramo. Es importante recordar que, en el caso particular de pilares apeados o cargas puntuales próximas a los apoyos, es decir, a una distancia menor o igual a un canto útil, se produce una transmisión de la carga por bielas inclinadas de compresión y tracción que necesita armadura horizontal, en las mismas condiciones que en una ménsula corta, cuyos criterios de dimensionado no están contemplados en el programa. En este caso se debe realizar una comprobación y armado manual del tramo o tramos en los que esto ocurra, de acuerdo a lo que indique la norma para esos casos, además de complementar los dibujos de planos de vigas con los detalles adicionales correspondientes. También se puede resolver con barras inclinadas.



Comprobación de la fisuración en vigas.

De forma opcional, se puede establecer un límite del ancho de fisura. La formulación utilizada corresponde al Código Modelo CEB-FIP. La anchura característica se calcula como:

$$W_k = 1.7 \cdot S_m \cdot E_{sm}$$
$$S_m = 2c + 0.25 + K_1 K_2 \frac{\phi A_{c,eficaz}}{A_s}$$
$$E_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \frac{K_3}{2.5 K_1} \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \leq 0.4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Donde

c: Recubrimiento de la armadura de tracción

s: Separación entre barras. Si $s > 15d$, $s = 15d$

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

K_1 : 0.4 (barras corrugadas)

K_2 : 0.125 (flexión simple)

A_s : Área total de las barras en el área eficaz

$A_{c, eficaz}$: Área eficaz que envuelve a las armaduras, en una altura de 1/4 de la altura de la viga.

σ_s : Tensión de servicio de la armadura

σ_{sr} : Tensión de la armadura en el momento de la figuración

E_s : Módulo de elasticidad del acero K_3 : 0.5

Esta formulación se aplica en general, excepto para la norma NB-1 y Eurocódigo 2 que tienen su formulación específica. Si se activa esta comprobación y no se cumple, se alargan las barras o aumenta la cuantía para cumplir, emitiendo un mensaje de aviso (no es un error) en los errores de vigas.

Pilares, Pantallas y muros de hormigón armado

Pilares. El dimensionado de pilares de hormigón se realiza en flexión-compresión esviada. A partir de la tabla de armado seleccionada para la obra, se comprueban de forma secuencial creciente de cuantía los armados definidos, que pueden ser simétricos a dos caras, a cuatro o en un porcentaje de diferencia, se comprueba si todas las combinaciones posibles cumplen dicho armado en función de los esfuerzos. Se establece la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones y se comprueba que con dicho armado no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación, ya que la posición de las armaduras es conocida por la tabla. Se considera la excentricidad mínima o accidental, así como la excentricidad adicional de pandeo según la norma, limitando el valor de la esbeltez mecánica λ , de acuerdo a lo indicado en la norma

Pantallas y muros de hormigón armado. Conocido el estado tensional, una vez calculados los esfuerzos y para cada combinación, se comprueban en cada cara de armado tanto en vertical como en horizontal las tensiones y deformaciones del hormigón y del acero para la armadura dispuesta en las tablas, aumentándose de forma secuencial hasta que algún armado cumple para todas las combinaciones. Asimismo se comprueba en el sentido transversal, calculándose refuerzo si es necesario. Este proceso se repite para cada uno de los lados de la pantalla o muro. De acuerdo con la norma de aplicación se realizan las comprobaciones de cuantías mínimas máximas, separaciones mínimas y máximas, así como las comprobaciones dimensionales de los lados (el ancho de un lado es superior a cinco veces su espesor).

Se comprueban los límites de esbeltez en pantallas para cada lado, no verificándose para muros.

Muros de Fábrica. Se comprueban los límites de tensión en compresión y en tracción (10% de compresión) con un factor de cumplimiento del 80%.

Recuerde que la hipótesis de diafragma rígido a nivel de planta coarta deformaciones y produce esfuerzos de pico, que a veces son poco representativos, conduciendo a un armado elevado, ahí la utilidad del factor de cumplimiento, para permitir que unas zonas no penalicen el armado del resto del muro, supuesto un armado común por planta.

Forjados Unidireccionales

El cálculo de los forjados unidireccionales se realiza de forma individualizada para cada viga en flexión simple. Se obtiene el valor máximo del momento positivo MF expresado en $\text{kp} \times \text{m}$ (dado en m en S.I.) y por metro de ancho, mayorado.

Dado que en el proyecto se desconoce el forjado definitivo a ejecutar en obra, se debe exigir al suministrador del mismo el cumplimiento de las deformaciones máximas (flechas) en función de su módulo de flecha (EI), así como la verificación a cortante en función del tipo de viga a colocar, además del cumplimiento de los momentos positivos y el armado de negativos.

Puesto que se consulta el valor de los momentos positivos, no se hace la comprobación de si es o no necesaria armadura de compresión en vano. Por último, se recuerda que el valor expresado de los cortantes en extremos de viguetas en planos está mayorado y por metro de ancho.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

Placas Aligeradas

Proceso de cálculo utilizado. Conocido el momento positivo de cálculo M_d máximo, se busca en la columna de flexión positiva del forjado, $M_{ULT.}$, un valor superior al de cálculo. Paralelamente, y en función del ambiente definido para el paño, se busca en la columna de $M_{SER.}$ (1, 2 ó 3) y con el valor del momento de servicio (obtenido con las combinaciones de desplazamientos), y se comparan, hasta que se encuentre un valor que cumpla. Se elige el tipo de placa que cumpla ambas condiciones. Si no es posible se emite un mensaje advirtiendo que está fuera de tablas.

De la misma manera, y para la placa seleccionada por flexión y ambiente, se comprueba en la columna de cortante de flexión negativa y positiva del forjado si el cortante de cálculo es menor que el resistido por el forjado. Si no cumple se emite un aviso advirtiendo del hecho.

Las longitudes de las barras se determinan en función de la envolvente de momentos, y las longitudes mínimas definidas en las opciones.

Las envolventes se obtienen de acuerdo a los esfuerzos actuantes, redistribución considerada y momentos mínimos aplicados.

Cuando no se hayan definido datos para el cálculo de flecha, ambiente o cortante, no se realiza dicha comprobación.

Proceso constructivo. Puede seleccionar el cálculo con sopandas o como autoportante.

A. Con sopandas. El cálculo que realiza el programa cuando consideramos continuidad, con un valor del coeficiente de empotramiento en bordes=1, es un cálculo estático sometido a la carga total = carga permanente + sobrecarga, lo cual equivale a construir el forjado sobre sopandas, y al retirarlas, queda el forjado sometido a dicha carga total.

B. Como autoportante Los forjados de placas prefabricadas aligeradas se construyen normalmente sin sopandas, por lo que el estado final de esfuerzos se compone de dos estados:

1. La placa sometida al peso propio del forjado p , obteniéndose una ley de esfuerzos isostática ($M=pl^2/8$).
2. El forjado en continuidad sometido a la carga adicional posterior a la ejecución del forjado, formada por las cargas muertas y la sobrecarga de uso.

La superposición de ambos estados conduce a unos esfuerzos, que, en la mayoría de los casos, da mayores momentos positivos que negativos.

En la presente versión no se realiza el cálculo en dos fases, por lo que si el forjado se va a construir sin sopandas (caso B), puede obtener, de forma razonablemente aproximada, unos resultados acordes a lo esperado, modificando los coeficientes de empotramiento de los paños en la opción de continuidad.

Forjados de Losa Maciza

Armadura Base. De forma opcional se puede definir una armadura base superior e inferior longitudinal y transversal, que pueden ser diferentes, definibles y modificables según una tabla de armado. Esta armadura será colaborante siempre si se define. Es posible aumentarla, si por cálculo es preciso, a flexión, ya sea por trabajo como armadura comprimida o por cumplimiento de unos mínimos de cuantías especificadas en **Opciones**.

Armadura Longitudinal de Refuerzo. En cada nudo de la malla se conocen los momentos flectores en dos direcciones y el momento torsor. En general, las direcciones principales de la losa no coinciden con las direcciones de armado impuestas para la misma. Aplicando el método de **Wood**, internacionalmente conocido, que considera el efecto de la torsión para obtener el momento de armado en cada dirección especificada, efectuándose un reparto transversal en cada nudo con sus adyacentes a izquierda y a derecha en una banda de un metro, sumándose en cada nudo los esfuerzos del nudo más los del reparto, a partir de los cuales se obtiene el área necesaria superior e inferior en cada dirección, que se especifica por metro de ancho al dividir por



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

el tamaño de la malla o distancia entre nudos, para obtener un valor homogéneo y comparable en todos los nudos.

Se comprueba el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas, tanto superior, como inferior y total, así como las cuantías geométricas y mecánicas de la cara de tracción. También se comprueba que la armadura en una dirección sea un porcentaje de la otra, todo ello de acuerdo a las opciones activas.

Con todo ello se obtienen unas envolventes de cuantías y el área necesaria en cada dirección por metro de ancho y se calculan unos refuerzos longitudinales de acuerdo a las tablas de armado definidas. El punto de corte de las barras se realiza aumentando a dicha longitud la longitud neta reducida de anclaje según su posición (I ó II) y el decalaje de la ley en función del canto útil y según la normativa.

El cumplimiento de los diámetros máximos y separaciones se realiza por medio de las tablas de armado, en las que se especifican los diámetros y separaciones en función de un campo de variación de los cantos. La consideración de la torsión es opcional, aunque se aconseja que se considere siempre.

Armadura Transversal

A.-Punzonamiento. En superficies paralelas a los bordes de apoyo, considerando como tales a los pilares, pantallas, muros, vigas y apoyos en muros, y situada a una distancia de medio canto útil ($0.5 d$), se verifica el cumplimiento de la tensión límite de punzonamiento, de acuerdo a la norma. No debe olvidarse que la comprobación de punzonamiento es una comprobación de tensiones tangenciales, que es lo que realiza el programa, obteniendo el valor de las tensiones tangenciales a partir de los cortantes en los nudos próximos, interpolando linealmente en los puntos de corte del perímetro de punzonamiento.

B.-Cortante. A partir de la sección de comprobación a punzonamiento ($0.5 d$) y en superficies paralelas a una distancia de $0.75 d$, se realiza la comprobación a cortante en toda la superficie de la losa, hasta encontrarse todas las superficies radiadas a partir de los bordes de apoyo. Si es necesario reforzar, se indica el número y el diámetro de los refuerzos a colocar con la misma tipología que lo indicado para el punzonamiento.

Forjados Reticulares

Los criterios para los forjados reticulares son los mismos que los indicados para las losas macizas con las siguientes diferencias.

Armadura Base. Se puede definir o no una armadura base, distinguiendo para ello la zona macizada de la zona aligerada.

A. Armadura Base en Zona Maciza (Ábacos). Por defecto, se considera una armadura base formada por 2 redondos, según unas tablas, que se extiende de borde a borde de ábacos distribuida entre los ejes de los nervios y que colabora siempre que se considere.

Esta armadura ni se mide ni se dibuja en la versión actual de **CYPECAD**. Por tanto, es el proyectista quien debe suministrar un detalle tipo de dicha armadura base, también llamada «de montaje de ábacos», que complementa la información contenida en los planos, aunque en el cuadro de características se describa dicha armadura base.

B. Armadura Base en Nervios. Por defecto no se considera. Por tanto, se debe elegir y determinar en cada dirección. Existen unas tablas de armado que permiten su definición, así como su combinación posible en los refuerzos adicionales a colocar en los nervios. Si se indica en **Opciones** que se detalle, se dibujará y se medirá. En caso contrario, sólo será posible colocar un rótulo a nivel general sin medición ni dibujo en el cuadro de características.

Armadura Longitudinal de Refuerzo. Se aplican los mismos criterios que en el caso de las losas macizas, sólo que el armado se concentra en los nervios. Previamente se deben agrupar las envolventes de los elementos adyacentes al nervio para el cálculo concentrado de la armadura en la posición del nervio.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

17/12/2018

VISADO

DELEGACIÓN EN NAVARRA

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE NAVARRA
EUSKAL HERRIKO ARKITEKTEN ELKARTEGIA

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Armadura Transversal. En la zona de ábacos o zona maciza se efectúa un cálculo idéntico al de las losas macizas frente a cortante y punzonamiento.

En los nervios de la zona aligerada se efectúa la comprobación a cortante en los nervios cada 0.75 d. Si es necesario reforzar, coloca ramas verticales del diámetro necesario a la separación y número que se dibuja en planos y por pantalla.

A.4: DEFORMACIONES EN VIGAS:

De forma opcional se pueden definir los siguientes límites de flecha:

☐ Flecha instantánea:

Peso propio

Sobrecarga

Total

☐ Flecha total a plazo infinito

☐ Flecha activa

Para cada una de ellas se puede limitar el valor relativo L/xxx ó $L/xxx + xx$ cm; o la flecha absoluta en cm.

Cada norma puede establecer diferentes límites, y el usuario puede fijar lo que considere pertinente para cada cálculo.

Lo más habitual es la flecha activa.

Para la determinación de la flecha total a plazo infinito, se ha indicado en las opciones definición de los coeficientes de fluencia a plazo infinito a aplicar tanto para peso propio como para sobrecarga, que multiplicarán a la flecha instantánea para obtener la flecha diferida.

La flecha total será la suma de la flecha instantánea más la diferida.

Se determina la flecha máxima activa en vigas utilizando el método de la doble integración de curvaturas. Analizando una serie de puntos se obtiene la inercia bruta, homogeneizada, fisurada, el giro por hipótesis, calculado a partir de la ley de variación de curvaturas.

El programa calcula los esfuerzos y desplazamientos por hipótesis, partiendo del valor del módulo de elasticidad longitudinal secante del hormigón, por lo que la reducción de dicho módulo de elasticidad en función del clima, curado, etc. Se deberá corregir por medio de los correspondientes coeficientes de fluencia a aplicar a las deformaciones instantáneas y diferidas.

La flecha que se obtiene, llamada activa, es la diferida más la instantánea debida a las cargas permanentes (después de construir el tabique) y a las cargas variables. Los coeficientes de fluencia (o multiplicadores de la flecha instantánea) para el cálculo de las deformaciones en vigas se pueden consultar en las opciones generales, así como los valores por defecto.

Se calcula la flecha por el método indicado debido a las cargas permanentes (f_G) y las cargas variables (f_Q). La flecha activa total será:

$$f_A = Y_g \cdot f_G + Y_q \cdot f_Q$$

siendo

Y_g : Coeficiente global de fluencia para las cargas permanentes

Y_q : Coeficiente global de fluencia para las cargas variables



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Estos valores pueden variarse en función de los porcentajes de cada fracción de las cargas definidas como permanentes y variables en el diálogo de opciones de **Coeficientes de Fluencia-Flecha Activa**, así como de los propios coeficientes que se definan para su efecto instantáneo o diferido.

Se recomienda consultar la normativa de aplicación al respecto, bibliografía específica, y consultar a empresas de control de proyectos para una correcta definición de dichos coeficientes, dado que tanto el proceso constructivo, el grado de humedad y temperatura en la fecha de hormigonado, curado del hormigón, plazo de desencofrado, edad de puesta en carga, etc., son factores determinantes que pueden hacer que el valor de la flecha sea la mitad o el doble, por lo que los valores indicados en el programa son orientativos, y pueden servir para unas condiciones favorables habituales de construcción.

A.4: DEFORMACIONES ENFORJADOS:

Forjados Unidireccionales. No se comprueba en la versión actual. Por tanto, debe comprobarse manualmente una vez que se conozca el forjado a colocar, en base al módulo de flecha del mismo, conocidos los momentos positivos, negativos y armadura colocada.

Placas Aligeradas. De forma opcional se pueden definir los siguientes límites de flecha:

- ☐ Flecha instantánea:
 - Peso propio
 - Sobrecarga
 - Total
- ☐ Flecha total a plazo infinito
- ☐ Flecha activa

Para cada una de ellas se puede limitar el valor relativo L/xxx ó $L/xxx + xx$ cm; o la flecha absoluta en cm.

Cada norma puede establecer diferentes límites, y el usuario puede fijar lo que considere pertinente para cada cálculo.

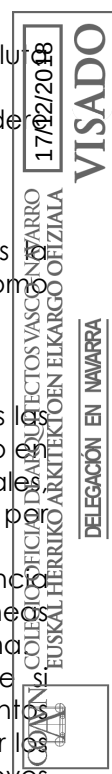
Lo más habitual es la flecha activa.

Para la determinación de la flecha total a plazo infinito, se ha indicado en las opciones de definición de los coeficientes de fluencia a plazo infinito a aplicar tanto para peso propio como para sobrecarga, que multiplicarán a la flecha instantánea para obtener la flecha diferida.

La flecha total será la suma de la flecha instantánea más la diferida.

Forjados de Losa maciza y Reticulares. Se proporcionan en cualquier nudo de la malla de todas las plantas los valores de los desplazamientos por hipótesis simples (aquellas que se hayan definido en el proyecto: permanentes o peso propio; variables, que incluyen sobrecargas de uso generales separadas, ...; viento y sismo). En particular, se puede obtener el desplazamiento máximo por hipótesis de cada paño.

Queda a juicio del proyectista la estimación de la flecha activa, con los coeficientes de fluencia que considere oportuno, y a partir de la determinación manual de las flechas instantáneas conocidas, deducidas de los desplazamientos verticales por hipótesis que suministra el programa. Se recuerda que en una losa los desplazamientos verticales son absolutos, es decir que si consultamos en un nudo junto a un pilar o soporte, veremos que también tienen desplazamientos verticales (según el eje **z**), luego para determinar la flecha entre dos soportes, debemos restar los desplazamientos de los soportes, ya que la flecha es un descenso relativo respecto a los apoyos extremos, o puntos de inflexión en una dirección dada de la deformación. Este efecto es más acusado en las plantas altas de los edificios por el acortamiento elástico de los pilares de hormigón.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Si los desplazamientos de pilares son muy pequeños, se puede estimar la suma de los desplazamientos debidos a las cargas gravitatorias verticales (**peso propio + sobrecargas**) y multiplicadas por un valor entre 2.5 y 3, según el proceso constructivo. De esta forma se obtienen unos valores aproximados en la práctica habitual de cálculo de edificios. Conocida la flecha absoluta, se podrá determinar la flecha relativa (**L/XXX**), observando los apoyos de las zonas adyacentes al punto de máxima flecha absoluta y tomando la luz menor de las posibles contiguas.

Recuerde que en losas macizas y reticulares, se deben respetar unos cantos razonables para las luces habituales y cargas normales de edificación dentro de las esbelteces que suelen indicar las normas (menores si es posible), así como una distribución de soportes con luces compensadas, es la mejor garantía para no tener problemas de deformaciones. Una ejecución adecuada con recubrimientos correctos también nos asegurará un comportamiento bueno frente a deformaciones excesivas.

Utilice los isovalores para visualizar los desplazamientos verticales, con las indicaciones anteriormente mencionadas.

B: CIMENTACIONES:

En el presente apartado se indican las consideraciones generales tenidas en cuenta para la comprobación y dimensionado de los elementos de cimentación definibles en **CYPECAD** bajo soportes verticales del edificio definidos 'con vinculación exterior'.

B.1: ZAPATA AISLADA:

CYPECAD efectúa el cálculo de zapatas de hormigón armado. Siendo el tipo de zapatas a resolver los siguientes:

- Zapatas de canto constante
- Zapatas de canto variable o piramidales

En planta se clasifican en:

- Cuadradas
- Rectangulares centradas
- Rectangulares excéntricas (caso particular: medianeras y de esquina)

Cada zapata puede cimentar un número ilimitado de soportes (pilares, pantallas y muros) en cualquier posición.

Las cargas transmitidas por los soportes, se transportan al centro de la zapata obteniendo resultante. Los esfuerzos transmitidos pueden ser:

N: axil

Mx: momento x

My: momento y

Qx: cortante x

Qy: cortante y

T: torsor



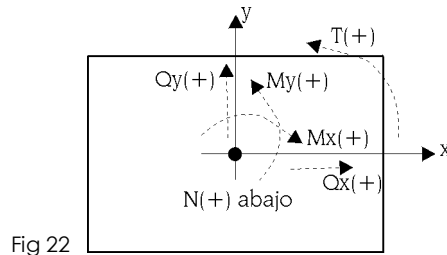


Fig 22

Las hipótesis consideradas pueden ser: Peso propio, Sobrecarga, Viento, Nieve y Sismo. Los estados a comprobar son:

- Tensiones sobre el terreno
- Equilibrio
- Hormigón (flexión y cortante)

Se puede realizar un dimensionado a partir de las dimensiones por defecto definidas en las opciones del programa, o de unas dimensiones dadas.

También se puede simplemente obtener el armado a partir de una geometría determinada.

La comprobación consiste en verificar los aspectos normativos de la geometría y armado de una zapata.

Tensiones sobre el terreno

Se supone una ley de deformación plana para la zapata, por lo que se obtendrá en función de los esfuerzos unas leyes de tensiones sobre el terreno de forma trapezoidal. No se admiten tracciones, por lo que, cuando la resultante se salga del núcleo central, aparecerán zonas sin tensión.

La resultante debe quedar dentro de la zapata, pues si no es así no habría equilibrio. Se considera el peso propio de la zapata.

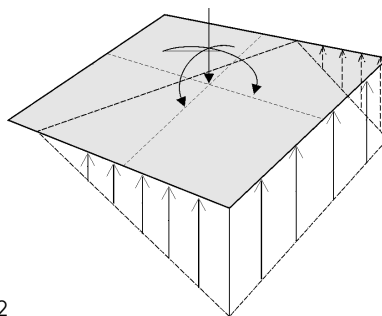


Fig 2

Se comprueba que:

- La tensión media no supere la del terreno.
- La tensión máxima en borde no supere en un % la media según el tipo de combinación:
 - gravitatoria: 25 %

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- con viento: 33 %
- con sismo: 50 %

Estos valores son opcionales y modificables.

Estados de equilibrio

Aplicando las combinaciones de estado límite correspondientes, se comprueba que la resultante queda dentro de la zapata.

El exceso respecto al coeficiente de seguridad se expresa mediante el concepto % de reserva de seguridad:

$$\left(\frac{0.5 \cdot \text{ancho zapata}}{\text{excentricidad resultante}} - 1 \right) \cdot 100$$

Si es cero, el equilibrio es el estricto, y si es grande indica que se encuentra muy del lado de la seguridad respecto al equilibrio.

Estados de hormigón

Se debe verificar la flexión de la zapata y las tensiones tangenciales.

Momentos flectores. En el caso de pilar único, se comprueba con la sección de referencia situada a 0.15 la dimensión el pilar hacia su interior.

Si hay varios soportes, se hace un barrido calculando momentos en muchas secciones a lo largo de toda la zapata. Se efectúa en ambas direcciones x e y, con pilares metálicos y placa de anclaje, en el punto medio entre borde de placa y perfil.

Cortantes. La sección de referencia se sitúa a un canto útil de los bordes del soporte. Si hay varios podrían solaparse las secciones por proximidad, emitiéndose un aviso.

Anclaje de las armaduras. Se comprueba el anclaje en sus extremos de las armaduras, colocando las patillas correspondientes en su caso, y según su posición.

Cantos mínimos. Se comprueba el canto mínimo que especifique la norma.

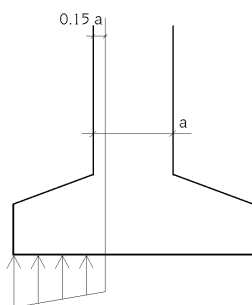


Fig 24

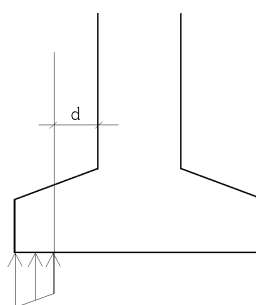


Fig 25

Separación de armaduras. Se comprueba las separaciones mínimas entre armaduras de la norma que en caso de dimensionamiento se toma un mínimo práctico de 10 cm.

Cuantías mínimas y máximas. Se comprueba el cumplimiento de las cuantías mínimas, mecánicas y geométricas que especifique la norma.

Diámetros mínimos. Se comprueba que el diámetro sea al menos los mínimos de la norma.

Dimensionado. El dimensionado a flexión obliga a disponer cantos para que no sea necesaria armadura de compresión. El dimensionado a cortante, lo mismo, para no tener que colocar refuerzo transversal.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Comprobación a compresión oblicua. Se realiza en el borde de apoyo, no permitiendo superar la tensión en el hormigón por rotura a compresión oblicua. Dependiendo del tipo de soporte, se pondera el axil del soporte por:

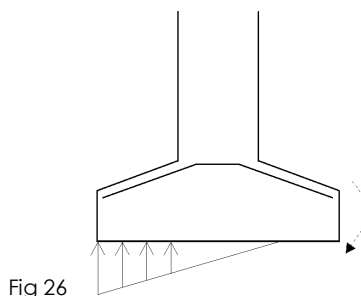
- Soportes interiores: 1.15
- Soportes medianeros: 1.4
- Soporte esquina: 1.5

Para tener en cuenta el efecto de la excentricidad de las cargas.

Se dimensionan zapatas rígidas siempre, aunque en comprobación solamente se avisa de su no cumplimiento en su caso ($\text{vuelo/canto} \leq 2$).

En dimensionamiento de zapatas de varios soportes, se limita la esbeltez a 8, siendo la esbeltez la relación entre la luz entre soportes dividido por el canto de la zapata. Se dispone de unas opciones de dimensionamiento de manera que el usuario pueda escoger la forma de crecimiento de la zapata, o fijando alguna dimensión, en función del tipo de zapata. Los resultados lógicamente pueden ser diferentes según la opción seleccionada.

Cuando la ley de tensiones no ocupe toda la zapata, pueden aparecer tracciones en la cara superior por el peso de la zapata en voladizo, colocándose una armadura superior si fuese necesario.



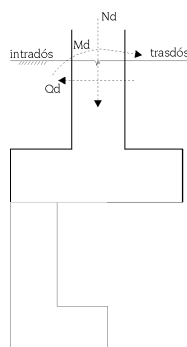
B.2: ZAPATA CORRIDA BAJO MURO:

El programa calcula zapatas corridas de hormigón armado bajo muro.

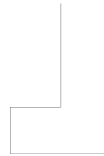
Este tipo de zapata corrida bajo muro se puede utilizar en muros de contención y muros de sótano de edificios o muros portantes.

Hay tres tipos de zapatas:

- con vuelos a ambos lados
- con vuelo a la izquierda



- con vuelo a la derecha



Se utiliza como cimentación de muros de hormigón armado y muros de fábrica.

Se dimensiona y comprueba de la misma forma que las zapatas rectangulares (consúltelo en el apartado **Zapatas Aisladas**), por tanto tiene sus mismas posibilidades (inclusión de pilares próximos en la misma) y sus mismos condicionantes.

La única diferencia radica en la forma de aplicar las cargas.

Mientras que en un pilar las cargas se aplican en su centro-eje geométrico, ya sea cuadrado o rectangular alargado, en un muro se convierte en una ley de cargas a lo largo del muro de forma discreta, es como convertir una resultante en una ley de tensiones aplicadas a lo largo de la base del muro, discretizada en escalones que internamente realiza el programa según sus dimensiones.

De una forma sencilla, expresándolo gráficamente:

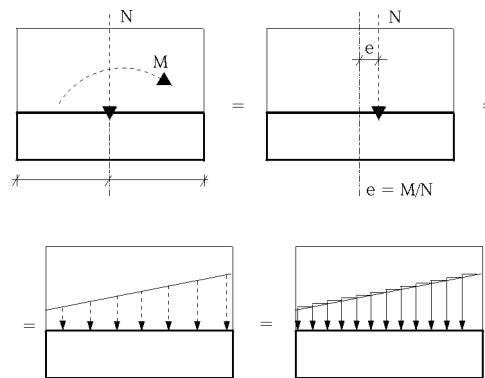
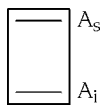


Fig 27

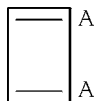
B.3: VIGAS CENTRADORAS:

El programa calcula vigas centradoras de hormigón armado entre cimentaciones.

Las vigas centradoras se utilizan para el centrado de zapatas y encepados. Existen dos tipos:



- momentos negativos: $A_s > A_i$



- momentos positivos: armado simétrico

Existen unas tablas de armado para cada tipo, definibles y modificables.

Los esfuerzos sobre las vigas centradoras son:

- Momentos y cortantes necesarios para su efecto de centrado.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- No admite cargas sobre ella ni se considera su peso propio. Se supone que las transmiten al terreno sin sufrir esfuerzos.
- Los esfuerzos que reciben, cuando son varias, un elemento zapata o encepado son proporcionales a sus rigideces.
- Pueden recibir esfuerzos sólo por un extremo o por ambos.

Si su longitud es menor de 25 cm, se emite un aviso de viga corta.

Existe una tabla de armado para cada tipo, comprobándose su cumplimiento para los esfuerzos a la que se encuentra sometida.

Se realizan las siguientes comprobaciones:

- diámetro mínimo de la armadura longitudinal
- diámetro mínimo de la armadura transversal
- cuantía geométrica mínima de tracción
- cuantía mecánica mínima (se acepta reducción)
- cuantía máxima de armadura longitudinal
- separación mínima entre armaduras longitudinales
- separación mínima entre cercos
- separación máxima de la armadura longitudinal
- separación máxima de cercos
- ancho mínimo de vigas ($\geq 1/20$ luz)
- canto mínimo de vigas ($\geq 1/20$ luz)
- comprobación a fisuración (0.3 mm)
- longitud anclaje armadura superior
- longitud anclaje armadura de piel
- longitud anclaje armadura inferior
- comprobación a flexión (no tener armadura de compresión)
- comprobación a cortante (hormigón + estribos resisten el cortante)

Se admite una cierta tolerancia en el ángulo de desvío de la viga centradora cuando entra por el borde de la zapata (15°).

Existe una opción que permite fijar una cuantía geométrica mínima de tracción.

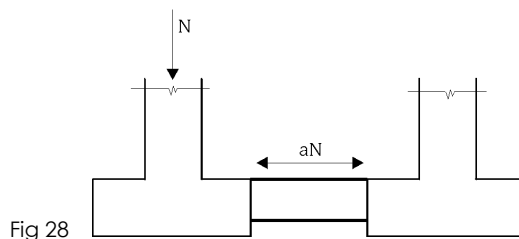
Hay unos criterios para disponer la viga respecto a la zapata, en función el canto relativo entre ambos elementos, enrasándola por la cara superior o inferior.

Para todas las comprobaciones y dimensionado se utilizan las combinaciones de vigas centradoras como elemento de hormigón armado, excepto para fisuración que se utilizan las altas tensiones sobre el terreno.

B.4: VIGAS DE ATADO:

El programa calcula vigas de atado entre cimentaciones de hormigón armado.





Las vigas de atado sirven para arriostrar las zapatas, absorbiendo los esfuerzos horizontales por la acción del sismo.

A partir del axil máximo, se multiplica por la aceleración sísmica de cálculo 'a' (no menor que 0.05), y estos esfuerzos se consideran de tracción y compresión ($a \cdot N$).

De forma opcional se dimensionan a flexión para una carga uniforme p (1 T/ml ó 10 kN/ml) producida por la compactación de las tierras y solera superior. Se dimensionan para un momento $pl^2/12$ positivo y negativo y un cortante $pl/2$, siendo l la luz de la viga.

Para el dimensionado se utilizan las combinaciones llamadas de Vigas Centradoras como elemento de hormigón armado.

Se utilizan unas tablas de armado con armado simétrico en las caras.

Se hacen las siguientes comprobaciones:

- diámetro mínimo de la armadura longitudinal
- diámetro mínimo de la armadura transversal
- cuantía geométrica mínima de la armadura de tracción (si se ha activado la carga de compactación)
- cuantía geométrica mínima de la armadura de compresión (si se ha activado la carga de compactación)
- armadura mecánica mínima
- separación mínima entre armaduras longitudinales
- separación máxima entre armaduras longitudinales
- separación mínima entre cercos
- separación máxima entre cercos
- ancho mínimo de vigas (1/20 luz)
- canto mínimo de vigas (1/12 luz)
- fisuración (0.3 mm, no considerando el sismo)
- longitud de anclaje armadura superior
- longitud de anclaje armadura piel
- longitud de anclaje armadura inferior
- comprobación a cortante (sólo con carga de compactación)
- comprobación a flexión (sólo con carga de compactación)
- comprobación a axil

Existen opciones para extender el estribado hasta la cara de la zapata o hasta el soporte.

También son opcionales la posición de la viga con enrase superior o inferior con la zapata en función de sus cantos relativos.

B.5: ENCEPADOS (SOBRE PILOTES):

El programa calcula encepados de hormigón armado sobre pilotes de sección cuadrada o circular de acuerdo a las siguientes tipologías:

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- Encepado de 1 pilote. (A)
- Encepado de 2 pilotes. (B)
- Encepado de 3 pilotes. (C)
- Encepado de 4 pilotes. (D)
- Encepado lineal. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 3. (B)
- Encepado rectangular. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 9. (D)
- Encepado rectangular sobre 5 pilotes (uno central). (D)
- Encepado pentagonal sobre 5 pilotes. (C)
- Encepado pentagonal sobre 6 pilotes. (C)
- Encepado hexagonal sobre 6 pilotes. (C)
- Encepado hexagonal sobre 7 pilotes (uno central) (C)

Nota: Con **CYPECAD** es posible definir varios soportes sobre un mismo encepado

Criterios de cálculo

Los encepados tipo A se basan en el modelo de cargas concentradas sobre macizos. Se arman con cercos verticales y horizontales (opcionalmente con diagonales).

Los encepados tipo B se basan en modelos de bielas y tirantes. Se arman como vigas, con armadura longitudinal inferior, superior y piel, además de cercos verticales.

Los encepados tipo C se basan en modelos de bielas y tirantes. Se pueden armar con vigas laterales, diagonales, parrillas inferiores y superiores, y armadura perimetral de zunchado.

Los encepados tipo D se basan en modelos de bielas y tirantes. Se pueden armar con vigas laterales, diagonales (salvo el rectangular), parrillas inferiores y superiores.

Cualquier encepado se puede comprobar o dimensionar.

La comprobación consiste en verificar los aspectos geométricos y mecánicos con unas dimensiones y armadura dadas. Pueden definirse o no cargas. El dimensionado necesita cargas, a partir de unas dimensiones mínimas que toma el programa (dimensionado completo) o de unas dimensiones iniciales que aporta el usuario (dimensiones mínimas), se obtiene (si es posible) una geometría y armaduras de acuerdo a la norma y opciones definidas.

Siendo la norma EHE-98 la que mayor información y análisis suministra para el cálculo de encepados, se ha adoptado como norma básica para los encepados, siempre rígidos, y en aquellos casos en los que ha sido posible para otras normas tales como la ACI-318/95, CIRSOC, NB-1, EH-91, bibliografía técnica como el libro de 'Estructuras de cimentación' de Marcelo da Cunha Moraes, y criterios de **CYPE Ingenieros**, se ha aplicado dichos principios. En los listados de comprobación se hace referencia a la norma aplicada y artículos.

Criterio de signos

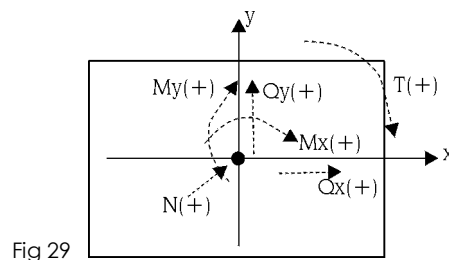


Fig 29

Consideraciones de cálculo y geometría

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Al definir un encepado, necesita también indicar los pilotes, tipo, número y posición. Es un dato del pilote su capacidad portante, es decir la carga de servicio que es capaz de soportar (sin mayorar).

Previamente será necesario calcular la carga que reciben los pilotes, que serán el resultado de considerar el peso propio del encepado, las acciones exteriores y la aplicación de la fórmula clásica de Navier:

$$P_i = \frac{N}{n^\circ \text{ pilotes}} + M_x \cdot \frac{x_i}{\sum x_i^2} + M_y \cdot \frac{y_i}{\sum y_i^2}$$

con las combinaciones de tensiones sobre el terreno.

El pilote más cargado se compara en su capacidad portante y si la supera se emite un aviso.

Cuando se define un pilote, se pide la distancia mínima entre pilotes. Este dato lo debe proporcionar el usuario (valor por defecto 1.00 m) en función del tipo de pilote, diámetro, terreno, etc.

Al definir un encepado de más de un pilote, debe definir las distancias entre ejes de pilotes (1.00 m por defecto). Se comprueba que dicha distancia sea superior a la distancia mínima.

La comprobación y dimensionado de pilotes se basa en la carga máxima del pilote más cargado aplicando las combinaciones de Hormigón seleccionadas a las cargas por hipótesis definidas.

Si quiere que todos los encepados de una misma tipología tengan una geometría y armado tipificado para un mismo tipo de pilote, disponer de una opción en encepados, que se llama **Cargas por pilote**, que al activarla permite unificar los encepados, de manera que pueda dimensionar el encepado para la capacidad portante del pilote. En este caso defina un coeficiente de mayoración de la capacidad portante (coeficiente de seguridad para considerarlo como una combinación más) denominado **Coeficiente de Aprovechamiento del Pilote** (1.5 por defecto). Si no quiere considerar toda la capacidad portante del pilote, puede definir un porcentaje de la misma, que se ha llamado Fracción de cargas de pilotes, variable entre 0 y 1 (1 por defecto). En este caso, el programa determinará el máximo entre el valor anterior que es función de la capacidad portante, y el máximo de los pilotes por las cargas exteriores aplicadas.

En algunas zonas y países es práctica habitual, pues se obtiene un único encepado por diámetro y número de pilotes, simplificando la ejecución. Esta opción está desactivada por defecto.

Respecto a los esfuerzos, se realizan las siguientes comprobaciones:

- aviso de tracciones en los pilotes: tracción máxima $\square$ 10% compresión máxima
- aviso de momentos flectores: será necesario disponer vigas centradoras
- aviso de cortantes excesivos: si el cortante en alguna combinación supera el 3% del eje con viento, o en otras combinaciones de la conveniencia de colocar pilotes inclinados
- aviso de torsiones si existen tales definidos en las cargas

Si se introducen vigas centradoras, dichas vigas absorberán los momentos en la dirección en que actúen. En encepados de 1 pilote son siempre necesarias en ambas direcciones. En encepados de 2 pilotes y lineales lo son en la dirección perpendicular a la línea de pilotes.

El programa no considera ninguna excentricidad mínima o constructiva, aunque suele ser habitual considerar para evitar replanteos incorrectos de los pilotes o del propio encepado un 10% del eje. Incremente los momentos en esta cantidad $0.10 \times N$ en las hipótesis de cargas correspondientes si lo considera necesario.

Si actuara más de una viga centradora en la misma dirección, se repartirá proporcionalmente a sus rigideces el momento. Comprobaciones que realiza:

- Comprobaciones generales:

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.

ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- aviso de pantalla
- aviso de soportes muy separados (en **CYPECAD**)
- aviso que no hay soportes definidos
- vuelo mínimo desde el perímetro del pilote
- vuelo mínimo desde el eje del pilote
- vuelo mínimo desde el pilar
- ancho mínimo pilote
- capacidad portante del pilote

- Comprobaciones particulares:

Para cada tipo de encepado se realizan las comprobaciones geométricas y mecánicas que indica la norma. Le recomendamos que realice un ejemplo de cada tipo y obtenga el listado de comprobación, en donde puede verificar todas y cada una de las comprobaciones realizadas, avisos emitidos y referencias a los artículos de la norma o criterio utilizado por el programa.

De los encepados puede obtener listados de los datos introducidos, medición de los encepados, tabla de pilotes, y listado de comprobación.

En cuanto a los planos, podrá obtener gráficamente la geometría y armaduras obtenidas así como un cuadro de medición y resumen.

Nota importante: Como se ha mencionado anteriormente, en posible definir varios soportes en un mismo encepado, tipo pilar o pantalla, por lo que se han impuesto algunas restricciones geométricas en forma de aviso en cuanto a las distancias de los soportes al borde o a los pilotes.

Cuando existen varios soportes sobre un encepado, se obtiene la resultante de todos ellos aplicada al centro del encepado, utilizando el método de bielas y tirantes, y suponiendo rígido el encepado, por lo que debe asumir la validez de dicho método, que según el caso particular de que se trate pudiera quedar fuera del campo de aplicación de dicho método, por lo que deberá hacer las correcciones manuales y cálculos complementarios necesarios si sale fuera del campo de validez de dicho método e hipótesis consideradas.

B.6: CIMENTACIONES FLOTANTES:

LOSAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN

Discretización. La discretización efectuada para losas y vigas de cimentación es la misma que en forjados:

- ☐ **losas:** malla de elementos tipo barra de tamaño 0.25 x 0.25 m (emparrillado con muelles en los nudos).
- ☐ **vigas:** elementos lineales tipo barra, definiendo nudos en las intersecciones con otros elementos, dividida en 14 tramos con nudos, si no intersecta con otros elementos. En los nudos, muelles.

Se considera la cimentación apoyada sobre un suelo elástico (método del coeficiente de balasto), de acuerdo al modelo de WINKLER, basado en una constante de proporcionalidad entre fuerzas y desplazamientos, cuyo valor es el coeficiente de balasto. Se recuerda que este método no puede estudiar la interacción entre cimientos próximos.

PROYECTO EJECUCIÓN.

centro de salud en soto de lezkairu. U. de actuación XVI/S1, P.P.arrosadía, Pamplona.



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

$$P = K \cdot y$$

p: tensión (T/m²) **K:** coeficiente de balasto (T/m³)

y: desplazamiento (m) vertical

Opciones de cálculo. Todas las opciones de cálculo, parámetros definibles, redistribución, momentos mínimos, cuantías, tablas de armado, etc., definibles para vigas y losas son de aplicación en cimentaciones flotantes. (Consulte valores en el programa).

Acciones a considerar. Sobre las vigas y losas de cimentación hay que decir que forman parte de la globalidad de la estructura, luego interaccionan entre sí con el resto de la estructura, ya que forman parte de la matriz global de rigidez de la estructura. Por tanto se pueden aplicar cargas sobre dichos elementos, al igual que cualquier viga o losa de la estructura de la que forma parte.

Materiales a emplear. Se definen de forma específica los materiales a utilizar, hormigón y acero, como un elemento más de la estructura, solamente distinguidos porque son elementos que descansan en el terreno.

Combinaciones. Los estados límites a comprobar son los correspondientes al dimensionado de elementos de hormigón armado (estados límites últimos), y a la comprobación de tensiones, equilibrio y despegue (estados límite de servicio).

- ☐ **Despegue:** cuando el desplazamiento vertical en algún nudo de losa o viga de cimentación es hacia arriba se indica que existe despegue, lo cual puede suceder en una o varias combinaciones de desplazamientos. Puede suceder y a veces sucede en obras con acciones horizontales fuertes. Si esto ocurre, debe revisar la estructura, rigidizando más la base, si es posible, y aumentando las dimensiones de la cimentación en planta y/o espesor. (Se incluye un fichero de texto con valores).
- ☐ **Equilibrio:** se comprueba en vigas de cimentación. Si en la sección transversal se calcula la resultante de tensiones y queda fuera de ancho de la viga, no hay equilibrio y se emite un mensaje de error, que se incluye en los errores de vigas.
- ☐ **Tensiones:** conocidos los desplazamientos en los nudos para cada combinación, se calculan las tensiones multiplicando por el coeficiente de balasto:

$$p = K \cdot y$$

En el caso de viga de cimentación, se calcula la tensión en los bordes a partir del desplazamiento vertical, más el producto del giro de la sección por la distancia del eje introducido a cada borde. Se incluyen en un fichero de texto los puntos y la tensión de todos aquellos nudos que superan la tensión admisible definida para el terreno, y en los bordes, los que superan en un 25% la tensión admisible.

En Pamplona, junio 2018

Los arquitectos,

Miguel A. Alonso del Val

Rufino J. Hernández Minguillón



ANEJO 01- MEMORIA CÁLCULO CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Marcos Escartín Miguel

Mikel Zabalza Zamarbide

