

25.0501

**MODIFICAT REFÒS DEL PROJECTE BÀSIC I EXECUTIU D'EDIFICI GIMNÀS,
ZONA D'AIGÜES I VESTIDORS DE L'EQUIPAMENT PISCINES PÚBLIQUES DE
SANT PERE I SANT PAU.**

Client: Martín Arquitectura TGN, S.L.U.

MEMÒRIA TÈCNICA DE L'ESTRUCTURA

WM 25.0501.02.doc.doc

14 maig de 2026

Windmill Structural Consultants, S.L.P.			
	Nom	Data	Càrrec
Preparat	Yaco Eduardo Guamán	14/5/2026	Tècnic Analista
Revisat	Ada Samà i Alcalà	14/5/2026	Sòcia
Aprobat	Josep Ramón Solé Marzo	14/5/2026	Soci Director

Registro de edicions		
Arxiu	Data	Concepte
WM 25.0501.01 Memòria.doc	19/11/2025	Primera edició del document
WM 25.0501.02 Memòria.doc	14/5/2026	Primera edició del document

Llista de distribució	
Nom	Empresa
Sergio Vizarro	Martín Arquitectura TGN, S.L.U.



--	--

ÍNDEX

- 1 OBJECTE**
- 2 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE ARQUITECTÒNIC**
 - 2.1 Usos**
- 3 GEOTÈCNIA**
 - 3.1 Classificació de l'obra segons el CTE**
 - 3.2 Campanya de investigació**
 - 3.3 Estratigrafia**
 - 3.4 Nivell freàtic**
 - 3.5 Agressivitat química del sòl**
 - 3.6 Pressió d'expansivitat del sòl**
 - 3.7 Sismicitat i caracterització dinàmica del sòl**
- 4 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA**
 - 4.1 Configuració dels esquemes resistents**
 - 4.2 Materials**
 - 4.3 Vida útil nominal**
- 5 BASES DE CàLCUL**
 - 5.1 Accions**
 - 5.2 Coeficients de majoració d'accions**
 - 5.3 Característiques mecàniques dels materials estructurals**
 - 5.4 Característiques mecàniques del terreny**
 - 5.5 Hipòtesis de càlcul**
 - 5.6 Estats Límit**
 - 5.7 Mètodes de càlcul**
 - 5.8 Programes**
 - 5.9 Model de càlcul**
- 6 RESISTÈNCIA EN SITUACIÓ D'INCENDI**
 - 6.1 Resistència necessària**
 - 6.2 Resistència garantida**
- 7 PROCÉS CONSTRUCTIU**
- 8 MANTENIMENT DE L'ESTRUCTURA**
 - 8.1 Elements de formigó armat**
- 9 MARC NORMATIU**
 - 9.1 Declaració d'acompliment de los DB del CTE**
 - 9.2 Altres normatives d'obligat compliment**
 - 9.3 Normatives complementàries**



1 OBJECTE

L'objecte de la present memòria és descriure i justificar la solució adoptada per materialitzar l'estructura corresponent a la construcció d'uns vestidors al gimnàs Sant Pere i Sant Pau (Tarragona), com a part integrant del projecte general d'arquitectura redactat per la vostra part.

En aquest sentit, s'estableixen aquí de manera explícita les bases conceptuals, constructives, normatives i teòriques, que han fonamentat el disseny i els càlculs estructurals del projecte, quedant completament detallat el marc normatiu utilitzat.

Tanmateix, es donen les pautes imprescindibles a prendre en consideració en el decurs de la construcció dels elements resistents principals de la futura construcció i del seu posterior manteniment.



2 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE ARQUITECTÒNIC

El projecte s'organitza principalment en dues plantes: planta baixa i primera, i es divideix en dues unitats constructives, A i B, delimitades per una junta de dilatació.

La unitat constructiva A (zona esquerra) és d'ús exclusiu per al gimnàs. En concret la planta baixa consta de l'àrea de serveis, vestidors i dutxes, així com zones de magatzem, mentre que la primera planta consta dels gimnasos 1, 2 i 3. La superfície construïda total de la unitat A és d'aproximadament 1.126 m², distribuïts en 563 m² per planta.

La unitat constructiva B (zona dreta) és d'ús per a instal·lacions i magatzems. La planta baixa consta de les sales instal·lacions, serveis, dutxes i magatzems, mentre que la primera planta consta de les zones de rehabilitació i les àrees higièniques. La superfície construïda total de la unitat B és d'aproximadament 184 m², distribuïts en 101 m² a la planta baixa i 83 m² a la primera planta. En aquesta zona també s'ubica l'àrea de l'ascensor i l'escala de formigó armat.



2.1 Usos

Els usos previstos són propis de zones destinades a gimnàs o activitats físiques. Salvant les necessàries zones de comunicació interior, cal destacar de manera succintament les següents:

A la planta baixa:

- Vestidors, serveis, dutxes, assecadors, magatzems i instal·lacions.

A la planta primera:

- Tres àrees de gimnàs (1, 2 i 3), àrees de rehabilitació, zones higièniques, armari i una zona de coberta accessible a la zona B.

3 GEOTÈCNIA

3.1 Classificació de l'obra segons el CTE

Els aspectes rellevants del projecte als efectes de la informació geotècnica, segons el *Código Técnico de la Edificación* (CTE), són els següents:

- Número de plantes de la construcció:	2
- Superfície total construïda:	1.307 m ²
- Tipus de construcció:	C-1
- Grup de terreny:	T-1

3.2 Campanya de investigació

L'estudi geotècnic en què es basa la redacció del projecte de la fonamentació ha estat elaborat per l'empresa **Mediterrània de Geoserveis S.L.**, recollit en el informe 13338/11/M05 "**ESTUDI GEOTÈCNIC PER AL PROJECTE BÀSIC DE GIMNÀS, ZONA D'AIGÜES I VESTIDORS DE LES PISCINES DE SANT PERE I SANT PAU, TARRAGONA.**" i emès el 30 de maig de 2011.

El referit treball s'ha basat en la realització de dos sondeigs a rotació i quatre sondeigs a percussió del tipus D.P.S.H. (segons UNE-EN ISO 22476-2:2008), dins d'una campanya de reconeixement portada a terme al maig de 2025.

Amb el conjunt de prospeccions realitzades s'ha arribat a una profunditat màxima de 15 metres, comptats des de la superfície actual de la parcel·la i referits a la boca de cada prospecció.

3.3 Estratigrafia

A tenor de la informació continguda al referit treball, es distingeixen, analitzant el sòl de dalt a baix i fins la profunditat màxima investigada, els següents estrats:

- Un primer nivell de reblert antròpic heterogeni es detecta en tots els punts investigats, constituint una acumulació de terres de procedència diversa que inclou runes de construcció i sòl autòcton. Aquest reblert, realitzat en diferents episodis i/o aportacions, presenta una composició bàsicament de graves i sorres amb matriu llimosa i tonalitats que varien del marró clar al fosc, segons els punts. El gruix d'aquest nivell és molt variable, destacant-se amb major claredat en els sondeigs a rotació, on es mesura fins a 2,2 m en el sondeig S-1 i fins a 3,6 m en el S-2. Així mateix, en comparació amb la campanya de 2002, es constata que els gruixos del reblert antròpic detectats oscil·laven entre 3,0 i 7,0 m, indicant una gran heterogeneïtat i successives aportacions per assolir els nivells dels carrers actuals.

Des del punt de vista geotècnic aquest tipus de nivells, atesa la seva heterogeneïtat, es recomana que no es consideren per a possible suport o recolzament de fonamentacions d'estructures .

- Immediatament per sota del reblert antròpic heterogeni (nivell 0) es defineix el substrat terciari (nivell A), constituït per sorres fines i mitges amb capes argiloses o limo-argiloses, de tonalitats groguenques, ataronjades, ocres i marró clar. Aquest nivell es manté des de fondàries variables de 2,0 a 6,5 m segons el sondeig, fins a la fondària màxima investigada en tots els punts.



Des del punt de vista geotècnic, es pot considerar tot aquest nivell A com un sòl essencialment detrític, tot i que majoritàriament de gra fi, que pot presentar algunes intercalacions de gra mitjà o groller, així com percentatges de graçon fina.

3.4 Nivell freàtic

A la profunditat investigada, no s'ha detectat la existència de trams de sòl saturats.

3.5 Agressivitat química del sòl

No s'ha identificat la presència d'agents d'agressivitat química en base als paràmetres establerts en l'article 27 del *Código Estructural*.

3.6 Pressió d'expansivitat del sòl

No s'ha identificat la presència de sòls expansius.

3.7 Sismicitat i caracterització dinàmica del sòl

L'acceleració bàsica de l'emplaçament, als efectes de la instrucció *Norma de Construcción Sismorresistente*, NCSE-02, resulta inferior a 0,04g.



4 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

4.1 Configuració dels esquemes resistents

4.1.1 Estructura

Les alternatives considerades són les següents:

Zona A

- Forjats de llosa massissa de formigó armat localitzades.
- Forjats reticulars.
- Pilars de formigó.

L'estructura objecte d'estudi es resol amb un forjat reticular de 30+5 cm d cantell en la zona A.

El sostre de la planta primera de la zona A es resol amb forjats alveolars i bigues prefabricades, elements que queden fora de l'abast del present projecte.

Zona B

- Forjats de llosa massissa de formigó armat.
- Pilars de formigó.

L'estructura vertical està formada per pilars de formigó armat i murs de formigó armat a la zona de l'ascensor, executats amb un gruix de 20 cm. Les escales es configuren mitjançant lloses massisses de 22 cm de cantell, recolzades en un mur de bloc de formigó.

4.1.2 Fonaments

En coherència amb tot el contingut proposat a l'estudi geotècnic de referència, es planteja que tota la fonamentació sigui del tipus superficial:

- Sabates aïllades amb pous de fonamentació.

Adicionalment es plantegen traves de fonamentació per a la sustentació particular de la façana.

Tota la fonamentació deurà quedar encastada un mínim de 20 cm a l'estrat resistent.

Cal esmentar que la solera recolzarà en un nou terraplenament, previ substitució de reblert existent (mínim d'1,00 m) per graves i tot-u en tongades d'espessor no superior a 25cm, compactades amb mitjans mecànics fins a assolir una densitat seca no inferior al 95% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat, realitzat segons UNE 103501 i realitzant l'última tongada de 25cm de gruix fins a assolir una densitat seca no inferior al 98% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat.

En el cas indicat per la D.F. en obra i en funció de la maquinària, a les zones amb major potència de reblert, l'actuació d'excavació del terreny es realitzarà prèviament a l'excavació dels pous, amb la finalitat de disminuir l'alçada dels pous



de major cantell. Cal indicar que, en els possibles elements puntuals, l'execució es realitzarà segons el procediment indicat, i serà necessari encofrar la sabata.

4.2 Materials

Els materials requerits per a la configuració dels elements estructurals de caràcter resistent, deixant a part els elements prefabricats, són els següents:

4.2.1 Formigó

Les parts de formigó del projecte, es preveuen resoltes mitjançant l'ús dels següents materials:

- Fonaments i traves

- Formigó: HA-25/B/20/XC2
- Armadures: B-500 S

- Solera

- Formigó: HA-30/F/20/XC3
- Armadures: B-500 S

- Resta d'elements

- Formigó: HA-30/F/20/XC3
- Armadures: B-500 S

4.3 Vida útil nominal

En absència d'un requeriment específic per part de la propietat i atenent al que disposa la normativa vigent, s'ha considerat una vida útil nominal als elements resistents projectats de 50 anys.

Per a garantir la citada vida útil nominal, amb independència del que disposen els apartats de la present memòria corresponents a les bases de càlcul i al manteniment de l'estructura, s'han disposat les següents estratègies de disseny.

4.3.1 Elements de formigó armat i pretensat

La resistència dels formigons prescrits i la seva relació aigua-ciment atenen als mínims establerts en l'apartat 44.2.1 del *Código Estructural*.



5 BASES DE CàLCUL

5.1 Accions

El conjunt d'accions observades en l'anàlisi dels elements integrants de la part de projecte documentada a la present memòria, han estat establertes en base al que disposa la normativa vigent i, en particular, el "Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación" (DB-SE-AE) del "Código Técnico en la Edificación" (CTE).

Els estats de càrrega superficial dels pisos i/o sostres del projecte queden detallats a la documentació gràfica adjunta a la present.

Atenent precisament al DB SE-AE, s'han considerat els següents grups d'accions.

5.1.1 Accions permanents

Es consideren dins d'aquest grup les accions provocades pels elements constructius els efectes dels quals no presenten en el temps variacions rellevants als efectes de l'anàlisi de l'estructura.

Pel que fa al projecte aquí documentat cal esmentar els següents.

5.1.1.1 Degudes al pes propi dels elements constructius

El pes propi del conjunt d'elements, incloent l'estructura, ha estat determinat a partir del pes específic mitjà dels seus materials constructius. A tal efecte, s'han utilitzat els valors fixats al Annex C del DB SE-AE, quan així ha estat possible.

En aquest cas, els pesos específics més rellevants han estat els següents:

· Formigó en massa	24,0 kN/m ³
· Formigó armat	25,0 kN/m ³
· Acer per a armadures passives	78,5 kN/m ³

En quant als pesos per unitat de superfície horitzontal, s'han de destacar els següents:

· Pes propi forjat reticular 30+5cm	6,21 kN/m ²
· Pes propi llosa massissa 25cm	6,25 kN/m ²
· Pes propi llosa massissa 22cm	5,50 kN/m ²
· Càrregues permanents	2,50 kN/m ²
· Coberta	2,50 kN/m ²

Els efectes dels envans de 8 cm o menys de gruix, amb alçades inferiors als 3,00 metres, han estat considerats mitjançant la inclusió superficial de 1 kN/m².

Les accions derivades dels tancaments i de qualsevol altra paret que no compleixi l'anterior condició han estat introduïdes com a càrregues lineals, en funció del pes específic dels seus materials constituents, als corresponent models de càlcul. En aquesta circumstància es troben els següents casos:

- Tancaments ceràmics sense finestres de fins 3 metres d'alçada compostats per dues fulles (una de 15 cm de maó calat i altera de fins 10 cm de maó buit)



10,0 kN/m

- Paret mitgeres 8,0 kN/m
- Ampit 2,0 kN/m

5.1.1.2 Accions del terreny

Els efectes del terreny sobre els elements que conformen el projecte s'han tingut en compte en base a la seva pressió normal vertical, σ_v , a la cota d'anàlisi i en base a l'empenta associada a aquesta pressió normal.

Per a la determinació de la pressió vertical σ_v s'ha pres en consideració tant el pes propi del terreny com les accions gravitatòries exercides per elements o construccions recolzats a sobre. En el cas de sòls saturats el pes específic observat és el corresponent a la densitat saturada.

La pressió corresponent a l'empenta, σ_h , s'ha calculat en base a les següents expressions:

$$\sigma_h = \sigma_v' \cdot \lambda - 2c'\sqrt{\lambda} + \gamma_w \cdot h_w; \quad \sigma_v' = \sigma_v - \sigma_w$$

- on,
- σ_v' és la pressió efectiva vertical a la cota analitzada
 - λ és el coeficient d'empenta
 - c' és la cohesió efectiva del tram de sòl analitzat
 - γ_w és el pes específic de l'aigua
 - h_w és l'alçada de l'aigua sobre la cota analitzada
 - σ_w és la pressió intersticial a la cota analitzada

El coeficient d'empenta s'ha calculat per a tres possibles situacions:

- En el cas de trams de terreny que desplacen horitzontalment a l'element estructural analitzat:

$$\lambda = \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'}$$

- En el cas de trams de terreny que no es desplacen:

$$\lambda = 1 - \sin\phi'$$

- En el cas de trams de terreny que es veuen desplaçats horitzontalment per l'element estructural:

$$\lambda = \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'}$$

Sent, ϕ' és l'angle de fregament intern efectiu del tram de terreny sota la anàlisi

Pel càlcul de la pressió vertical de sòls s'han observat les següents expressions:

- En terrenys secs i humits:

$$\sigma_v = h \cdot \gamma$$

- En terrenys submergits:



$$\sigma_v' = h \cdot \gamma'$$

Amb,

h és l'alçada del tram de terreny considerat

γ és la densitat natural del terreny

γ' és la densitat submergida del terreny

5.1.2 Accions variables

Es consideren dins d'aquest grup les accions provocades per elements constructius els efectes dels quals sí presenten en el temps variacions rellevants als efectes de l'anàlisi de l'estructura.

Pel que fa al projecte aquí documentat s'han de citar les següents.

5.1.2.1 Sobrecàrrega deguda a l'ús

Atenent al capítol 3 del DB-SE-AE del CTE, les càrregues pròpies dels usos previstos al projecte han estat introduïdes a l'anàlisi estructural amb tota generalitat mitjançant les següents accions característiques:

	Superficial	Local
- Zones residencials		
· Habitatges i zones d'habitacions en hospitals i hotels	2,0 kN/m ²	2 kN
- Zones d'accés al públic (excepte les superfícies pertanyents a les categories A, B i D).		
· Zones destinades a gimnàs o activitats físiques	5,0 kN/m ²	7 kN
- Cobertes accessible per manteniment	1,0 kN/m ²	2 kN

Les accions locals han estat analitzades tenint en compte una àrea d'aplicació, sobre el paviment acabat, igual a la d'un quadrat de 50 mm de costat.

A les zones d'accés i evacuació de les zones residencials i administratives les sobrecàrregues superficials s'han incrementat en 1,0 kN/m² amb respecte als espais servits.

Per a la comprovació local dels balcons volats a tota classe d'edificis, s'ha afegit una sobrecàrrega lineal en els seus perímetre de 2 kN/m, a més de la seva sobrecàrrega d'ús corresponent a la categoria d'ús amb la que comuniqui.

5.1.2.2 Vent

Els efectes de l'acció del vent han estat considerats en dues direccions ortogonals, direccions que resulten coincidents amb l'orientació dels elements estructurals principals del projecte.



En compliment del que estableix el CTE, la intensitat de l'acció estàtica equivalent del vent sobre els paraments exposats ha estat calculada en base a la següent expressió:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_{p/s}$$

A on,

q_b és la pressió dinàmica del vent

C_e és el coeficient d'exposició

$C_{p/s}$ és el coeficient eòlic de pressió o succió, segons el cas

S'ha adoptat, simplifcadament, un valor de pressió dinàmica del vent, q_b , de 0,52 kN/m².

Als efectes de determinar el coeficient d'exposició i els coeficients eòlics s'han tingut en compte les següent dades:

· Grau d'aspror:	IV
· Alçada màxima de l'edificació:	7,90 m
· Coeficient d'exposició:	1,70
· Coeficient de pressió (x y):	0,70 0,80
· Coeficient de succió (x y):	-0,40 -0,40

5.1.2.3 Accions tèrmiques

Donades les característiques i dimensions dels elements projectats, no s'ha considerat necessària la introducció dels efectes de dilatacions o contraccions tèrmiques en els models d'anàlisi estructural.

5.1.2.4 Accions de neu

Per a la determinació dels efectes de l'acció de la neu s'han tingut en compte les dues següent dades:

· Zona climàtica hivernal:	2
· Alçada topogràfica de la parcel·la:	~42,00 m.s.n.m.

De les dues dades anteriors es dedueix una acció superficial sobre elements horitzontals o propers a l'horitzontalitat de 0,40 kN/m².

5.1.2.5 Accions del nivell freàtic

No s'han considerat accions d'aquesta natura, en no haver detectat la presència del nivell freàtic a la campanya de reconeixement del terreny.



5.1.2.6 Accions per retracció del formigó

No ha estat necessària la consideració dels efectes d'escurçament del formigó atenent a les següents variables:

- Dimensions màximes de les construccions projectades.
- Condicions de contorn i recolzament dels elements superficials, com els forjats.
- Rigidesa transversal i organització general dels elements que configuren l'estructura vertical.
- Curat del formigó previst al plec de condicions adjunt a la present.

5.1.3 Accions accidentals

5.1.3.1 Sisme

La valoració de la necessitat de comptabilitzar els eventuais efectes d'un sisme en els càlculs estructurals ha estat realitzada sota el que estableix la *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación*, NCSE-02.

Així doncs, donat que l'acceleració sísmica bàsica, a_b , resulta inferior a 0,04, no s'han introduït les accions sísmiques als models d'anàlisi.

5.2 Coeficients de majoració d'accions

Als efectes de les verificacions dels Estats Límits, segons els criteris que es defineixen en l'apartat que detalla allò referent a aquestes verificacions, les accions s'han considerat afectades pels coeficients que es detallen a continuació:

En la verificació dels Estats Límits de Servei:

Tipus d'acció			Efecte favorable	Efecte desfavorable
γ_G	Permanent		1,00	1,00
γ_P	Pretesat	Accions de pretesat	0,95	1,05
		Accions de postesat	0,90	1,10
γ_{G^*}	Permanent de valor no constant		1,00	1,00
γ_Q	Variable		0,00	1,00

Taula 5-1. Coeficients pels Estats Límits de Servei



En la verificació dels Estats Límits Últims:

Tipus d'acció		Situació Persistent o Transitòria		Situació Accidental	
		Efecte Favorable	Efecte Desfav.	Efecte Favorable	Efecte Desfav.
γ_G	Permanent	1,00	1,35	1,00	1,00
γ_P	Pretesat	1,00	1,00	1,00	1,00
γ_{G^*}	Permanent de valor no constant	1,00	1,50	1,00	1,00
γ_Q	Variable	0,00	1,50	0,00	1,00
γ_A	Accidental	-	-	1,00	1,00

Taula 5-2. Coeficients pels Estats Límits Últims

5.3 Característiques mecàniques dels materials estructurals

Els materials utilitzats en el projecte d'estructures i fonamentació, i les seves característiques als efectes de les anàlisis realitzades, són els que es descriuen a continuació.

5.3.1 Formigó

S'ha utilitzat la caracterització proposada pel *Código Estructural*, caracterització de la què s'ha de destacar, per als formigons amb resistències característiques, f_{ck} , inferiors a 50 N/mm², els següents particulars.

5.3.1.1 Diagrama σ - ϵ

S'ha adoptat el diagrama paràbola rectangle proposat en el punt 3.1.7 de l'Annex 19 de la citada instrucció. En conseqüència, l'equació que defineix la tensió del formigó, σ_c , associada a una determinada deformació unitària, ϵ_c , en el tram parabòlic respon a la següent expressió:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^2 \right]$$

A on f_{cd} és la resistència de càlcul del formigó i ϵ_{c2} , la deformació corresponent al trencament per compressió segons la taula A19.3.1 del referit annex.

La funció anterior resulta vàlida per a deformacions unitàries compreses entre 0 i ϵ_{c2} . No s'accepten deformacions unitàries majors a ϵ_{cu2} , segons la mateixa taula A19.3.1. La tensió de compressió per a deformacions compreses ϵ_{c2} i ϵ_{cu2} , en el tram rectilini del diagrama adoptat, resulta per tant igual a f_{cd} .

No s'accepten típicament deformacions en tracció en elements de formigó armat o, cosa que és el mateix, es prescindeix de la col·laboració del formigó quan aquest manté un règim teòric de tracció.



5.3.1.2 Coeficient de minoració

La resistència de càlcul f_{cd} respon a la minoració de la resistència característica, f_{ck} , segons el següent criteri:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

El coeficient de minoració, γ_c , varia en funció de la situació en la que s'analitzi el projecte:

- En situacions persistents o transitòries $\gamma_c=1,5$
- En situacions accidentals $\gamma_c=1,3$

El coeficient α_{cc} s'ha considerat igual a 1,0 al resultar la càrrega permanent actuant sobre els elements de formigó inferior al 80% de la carga total considerada en el seu dimensionament últim.

5.3.1.3 Mòdul de deformació longitudinal

En la part elàstica de l'anàlisi de deformacions dels elements de formigó s'ha considerat, segons el cas, els següents mòduls alternatius:

- Pel càlcul de deformacions provocades per càrregues estàtiques:

$$E_{cm} = 22 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0,3}$$

- Pel càlcul de deformacions provocades per càrregues instantànies, ràpidament variables o accions dinàmiques:

$$E_c = \beta_E \cdot E_{cm}$$

Amb,

$$\beta_E = 1,30 - \frac{f_{ck}}{400} \leq 1,175$$

I essent f_{cm} la resistència mitja del formigó què, en N/mm², s'ha determinat simplifcadament de la següent manera:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

5.3.1.4 Coeficient de Poisson

en la anàlisis dels elements continus i, en general, quan ha calgut relacionar-se les deformacions longitudinals unitàries amb les transversals unitàries associades, s'ha observat un coeficient de Poisson de 0,2. En zones fissurades s'ha considerat un coeficient nul.



5.3.1.5 Coeficient de dilatació

Quan ha estat necessari considerar els efectes tèrmics, s'ha suposat un coeficient de dilatació de $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

5.3.1.6 Retracció

En els casos en els què ha estat necessari considerar l'efecte de la retracció i/o de la fluència del formigó, s'ha considerat les funcions d'escurçament derivades de l'establert a l'apartat 3.1.4 de la instrucció de l'Annex 19 del *Código Estructural*.

5.3.2 Acer per a armadures passives

5.3.2.1 Diagrama σ - ϵ

S'ha adoptat el diagrama elasto-plàstic perfecte (bilineal) proposat pel *Código Estructural* en l'apartat 3.2.7 del seu Annex 19, sense considerar enduriment en el tram plàstic i amb les següents limitacions:

- L'elongació unitària màxima de l'acer constituent de les armadures passives, ϵ_{uk} , queda limitada a 0,01.
- L'escurçament màxim unitari de l'armadura queda limitat per l'escurçament màxim del formigó, ϵ_{cu} , detallat anteriorment.

5.3.2.2 Coeficient de minoració

La resistència de càlcul f_{yd} respon a la minoració de la resistència característica, f_{yk} , segons el següent criteri:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

El coeficient de minoració, γ_s , varia en funció de la situació en la que s'analitzi el projecte:

- | | |
|--|-----------------|
| - En situacions persistents o transitòries | $\gamma_s=1,15$ |
| - En situacions accidentals | $\gamma_s=1,00$ |

5.3.2.3 Mòdul de deformació longitudinal

S'ha considerat un mòdul d'elasticitat longitudinal $E=200.000 \text{ N/mm}^2$.

5.3.2.4 Coeficient de Poisson

La relació entre deformacions unitàries, longitudinals i transversals, és irrellevant en la anàlisi de les armadures passives al tractar-se d'elements lineals.

5.3.2.5 Coeficient de dilatació tèrmica

S'ha suposat igual al del formigó detallat anteriorment.



5.4 Característiques mecàniques del terreny

En base a l'estudi geotècnic de referència, s'han considerat les següents característiques mecàniques en els estrats rellevants:

· Argiles vermelles amb sorres

- Tensió normal admissible:	0,25 N/mm ²
- Coeficient parcial de seguretat:	3,00
- Angle de fregament efectiu:	28-31 °
- Cohesió efectiva:	0
- Coeficient de balast vertical:	No rellevant
- Coeficient de balast horitzontal:	No rellevant

Per a les característiques exposades, en el cas de les fonamentacions superficials, els assentaments màxims previstos seran de 2,0 cm.

5.5 Hipòtesis de càlcul

Els models d'anàlisi han inclòs totes les hipòtesis combinades de càlcul derivades dels criteris de combinació que es detallen seguidament:

5.5.1 Combinacions per l'anàlisi dels Estats Límits de Servei (ELS)

- Per a les situacions poc probables o característiques

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

- Per a les situacions poc freqüents

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

- Per a les situacions quasi-permanents

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

De totes aquelles combinacions en situació de servei que s'han tingut en compte en l'anàlisi de l'edifici, s'annexen al final d'aquest document.

5.5.2 Combinacions per l'anàlisi dels Estats Límits Últims (ELU)

- Per a les situacions persistents o transitòries

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



- Per a les situacions accidentals

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

- Per a les situacions amb efectes sísmics

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G*,j} G_{*,k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

De totes aquelles combinacions en situació de límit últim que s'han tingut en compte en l'anàlisi de l'edifici, s'annexen al final d'aquest document.

5.6 Estats Límit

Els elements estructurals que conformen el projecte han estat dimensionats per a satisfer els següents estats límit:

- ELS de deformació

En funció del que estableix l'apartat 4.3.3 del CTE, s'han verificat les fletxes dels pisos o sostres sota els criteris que es detallen tot seguit:

- Quan es considera la integritat de elements constructius, s'ha limitat la deformació produïda després de la seva construcció sota els efectes del valor característic de les accions als següents valors:
 - 1/500 de la distància entre suports en tancaments i/o paviments fràgils.
 - 1/400 de la distància entre suports en tancaments i/o paviments ordinaris.
 - 1/300 de la distància entre suports en la resta de casos.
- Quan es considera el confort dels usuaris, s'ha limitat la deformació produïda pel valor característic de les accions de curta durada al 1/350 de la distància entre suports.
- Quan es considera l'aparença de l'obra, s'ha limitat la deformació produïda per l'efecte de les accions en les situacions quasi permanents al 1/300 de la distància entre suports.

En el cas d'elements volats, en les limitacions anteriors s'ha pres com a distància de referència el doble de la dimensió del vol.

Adicionalment, s'ha verificat que els desplaçaments horitzontals màxims dels pisos o sostres resultin inferiors als següents valors:

- El desplaçament relatiu entre dos forjats consecutius s'ha limitat al 1/250 de la seva separació.
- El desplaçament absolut del forjat superior s'ha limitat al 1/500 de l'alçada total de la construcció

- ELS de fissuració



En elements de formigó armat i pretensat s'ha verificat que l'obertura característica de fissura, w_k , compleix els criteris definits a la taula 27.2 del *Código Estructural*.

- ELU d'equilibri

S'ha comprovat que els efectes d'estabilitzants sobrepassen els desestabilitzants.

- ELU d'esgotament

Les tensions que es poden arribar a desenvolupar en qualsevol secció igualen o sobrepassen les eventualment provocades per les accions de disseny.

- ELU d'inestabilitat

Les tensions que es poden arribar a desenvolupar en qualsevol secció igualen o sobrepassen les eventualment provocades per les accions de disseny tenint en compte els efectes de segon ordre.



5.7 Mètodes de càlcul

5.7.1 Càlcul general d'esforços i deformacions

El càlcul general dels esforços i de les deformacions del conjunt d'elements estructurals ha estat realitzat a partir del plantejament i resolució de l'equació general d'equilibri estàtic de cadascuna de les parts analitzades.

$$[f] = [k] \cdot [\hat{a}]$$

A on,

- $[f]$ és el vector d'accions nodals que inclou forces i moments
- $[k]$ és la matriu de rigidesa de la part de l'estructura analitzada
- $[\hat{a}]$ és el vector de corriments nodals que inclou desplaçaments i girs

En el que respecta al càlcul de la matriu de rigidesa cal discernir entre dos àmbits de càlcul, en funció de la geometria de l'element estructural del que es determini la rigidesa.

5.7.1.1 Elements tipus barra

En aquest cas la determinació de les rigideses ha estat duta a terme mitjançant el suport en la llei de *Hooke*, els teoremes de *Mohr* i la torsió de *Sain Venant*. En el cas de perfils metàl·lics, les propietats de rigidesa geomètrica de les seccions han estat obtingudes en els corresponents catàlegs de perfils de fabricació.

5.7.1.2 Elements superficials continus

S'inclou dins d'aquest àmbit les lloses de formigó armat, els murs de càrrega, les bigues-paret, les làmines i, en general, qualsevol altre element que, per raó de la seva continuïtat, superficial, resulti difícilment representables als efectes del seu càlcul estructural mitjançant un model de barres.

En aquest cas s'ha discretitzat el medi continu mitjançant el mètode dels elements finits, el què ha permès l'obtenció de la rigidesa de cada element de la discretització mitjançant la utilització dels següents tipus d'elements:

- Problemes de plaques isòtropes:
Element DST (*Batoz, Katili*)
- Problemes de plaques esveltes ortòtropes:
Element DKT (*Discrete Kirchhoff Triangle*)
- Problemes de membrana o de closca:
Element Andes (*C. Militello, C.A. Felippa*)

L'element de placa isòtrop operat introdueix els esforços tallants a l'equació general d'equilibri i permet la resolució indistinta de plaques gruixudes i plaques primes.

En els problemes laminars es tracta separatament la component de membrana del problema de la component de placa, en resultar aquests problemes parcials



independents, la qual cosa permet la utilització conjunta dels dos tipus d'elements referits.

5.7.1.3 Llosa sobre el terreny

El cas particular de la anàlisi de lloses sobre el terreny s'aborda mitjançant el model de *Winckler*, de manera que la rigidesa front al corriment vertical de cada nus que defineix la malla d'elements finits, en la que es discretitza la llosa, es veu incrementada per a la rigidesa del terreny referent al nus en funció del coeficient de balast establert en apartats anteriors.

Aquest anàlisi pertany al grup d'anàlisi no lineal, els criteris de resolució s'exposen amb posterioritat, ja que no s'accepten traccions en el contacte llosa terreny, condició que inscriu la qüestió en un problema iteratiu.

5.7.2 Anàlisi de columnes i elements de suport

En el càlcul de pilars s'ha tingut en compte els eventuais efectes de segon ordre propis d'aquests elements (vinclament) mitjançant els mètodes simplificats proposats per a les instruccions vigents en funció del seu material constituent.

Quan per raó de l'esveltesa d'una columna o de l'esveltesa general d'una o varies plantes de l'estructura, ha estat necessari una anàlisi explícit dels efectes de segon ordre, aquest ha estat resolt segons es detalla a l'apartat corresponent a l'anàlisi no lineal.

5.7.2.1 Columnes de formigó

En l'anàlisi de columnes i parets de càrrega de formigó s'han incrementat les excentricitats de primer ordre associades als moments flectors, quan així s'ha demostrat necessari, en base al que es disposa en el punt 5.8 del Annex 19 del *Código Estructural*.



5.7.3 Comprovació i dimensionament de seccions

5.7.3.1 Seccions de formigó armat

L'armadura longitudinal de les seccions de formigó armat ha estat comprovada en base als següents criteris:

- Seccions sotmeses a flexió simple: mitjançant el mètode paràbola-rectangle.
- Resta de les seccions: mitjançant un procés d'anàlisi no lineal que ha permès la determinació dels successius plans de deformació que equilibren les sol·licitacions actuant, en base a les propietats mecàniques dels materials constituents de la secció.
- La no determinació d'un pla d'equilibri ha provocat el nou dimensionat de la secció, revisant l'armadura i/o la geometria de la secció en qüestió segons el cas.

L'armadura transversal ha estat calculada en base a la formulació i limitacions específiques proposades per cada cas per el *Código Estructural*.

5.8 Programes

Els programes utilitzats són d'elaboració pròpia, queden basats en els mètodes de càlcul comentats als apartats precedents, i resulten els següents:

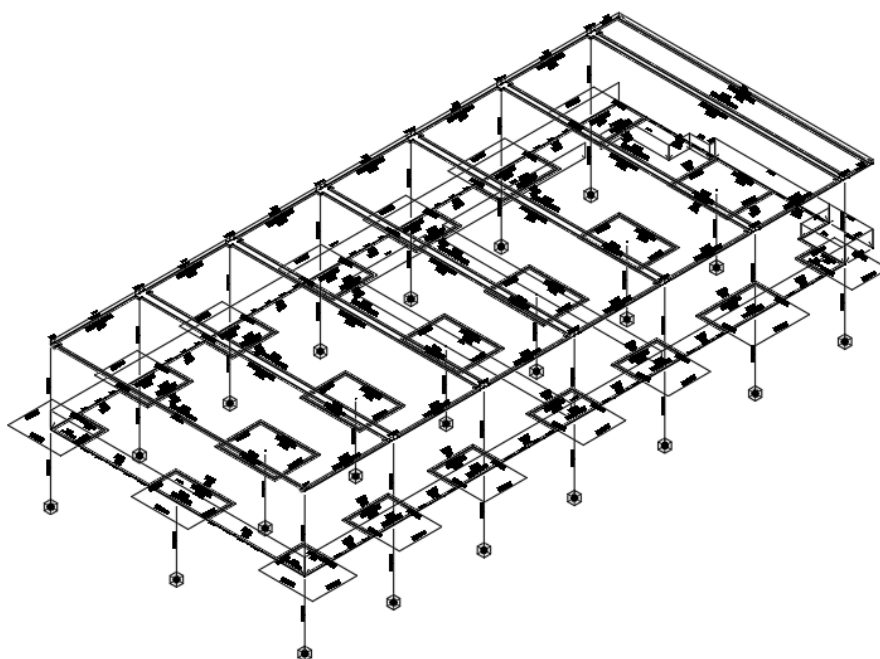
WM-AGE

- Anàlisi lineal, evolutiu i en segon ordre d'esforços i deformacions en estructures de barres i estructures contínues (pel mètode d'elements finits), de qualsevol geometria.
- Anàlisi dinàmic i anàlisi modal espectral.
- Anàlisi no lineal de plaques de formigó armat i postesat.
- Càlcul de forjats de biguetes autoportants i semiresistents.
- Càlcul de bigues i forjats amb armadura postesada.
- Càlcul de barres d'acer laminat.
- Armat de jàsseres de formigó armat.
- Armat i dimensionat de columnes de formigó.
- Armat de forjats reticulars.
- Armat de lloses massisses de formigó armat.
- Dimensionament i armat de camises de formigó pel reforç de columnes.

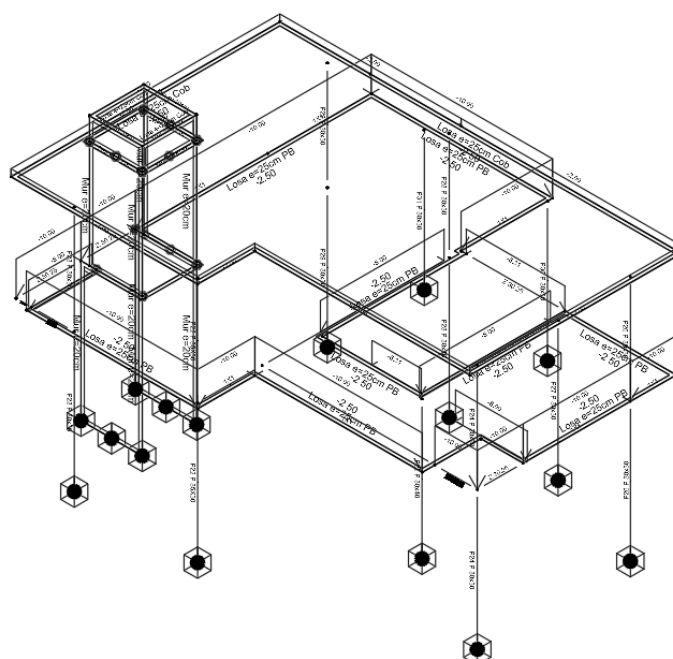


5.9 Model de càlcul

Per l'obtenció dels esforços de disseny dels elements estructurals proposats en el projecte de referència y les seves deformacions, s'ha generat un model de càlcul tridimensional del qual, a continuació, s'adjunta una imatge representativa.



Imatge 5-1. Model de càlcul tridimensional Zona A



Imatge 5-2. Model de càlcul tridimensional Zona B.

6 RESISTÈNCIA EN SITUACIÓ D'INCENDI

6.1 Resistència necessària

Segons indica el *DB SI* del CTE, en el seu article 3, els diferents sectors que componen l'estructura del projecte, per a suportar adequadament les accions representades per la corba normalitzada temps-temperatura, en funció del seu ús, posició i/o alçada d'evacuació, deuen arribar a les següents resistències en terminis de temps:

· Zona: Sostres de la planta	R-90
- Alçada d'evacuació:	≤ 15 m
- Us del sector:	Publica convencional.
	Zones destinades a gimnàs o activitats físiques.
· Zona: Sostres de la planta tipus i àtic	R-90
- Alçada d'evacuació:	≤ 15 m
- Us del sector:	Publica convencional

6.2 Resistència garantida

L'estructura principal de l'àrea d'intervenció del projecte queda composta pels següents elements bàsics:

- Parets de càrrega
- Pilars
- Sostres

La satisfacció de la resistència requerida s'aconseguirà en cada tipus d'element en base als següents criteris:

6.2.1 Parets de càrrega

6.2.1.1 Murs de formigó armat

Es tracta de parets de 20 cm d'espessor mínim, on el recobriment nominal és de 35 mm.

Segons s'estableix a l'Annex 20 del *Código Estructural*, taula A20.5.4, la resistència a foc garantida és de 120 minuts.

6.2.1.2 Murs de fàbrica de maó

Es tracta de tots els casos de murs de bloc de formigó de 20 cm, protegits per la cara exposada en tots els casos. Aquesta solució queda justificada d'acord amb la Taula F2 del DB-SI del CTE, on s'indiquen els gruixos mínims i les condicions de protecció per a murs de fàbrica de bloc de formigó en funció de la seva exposició i



ús, complint així els requisits de seguretat estructural i d'estabilitat en cas d'incendi.

Segons s'estableix al Annex F del *DB SI* del CTE, la seva resistència a foc garantida, encara en el cas de no quedar revestits, assoleix els 120 minuts, resultat per tant satisfactori, sense que es requereixi l'adopció de mesures particulars en los relatiu a aquest particular.

6.2.2 Pilars

6.2.2.1 Pilars de formigó

Es tracta de columnes, de dimensions mínimes 30x30 cm, on el recobriment nominal és de 35 mm.

Segons s'estableix a l'Annex 20 del *Código Estructural*, taula A20.5.2a, la resistència a foc garantida és de 90 minuts.

6.2.3 Sostres

6.2.3.1 Lloses massisses

Es tracta, en el cas de la zona B de lloses de 25 cm, on les armadures respecten un recobriment constructiu de 30 mm.

Segons estableix l'Annex 20 del *Código Estructural*, taula A20.5.8, la seva resistència a foc garantida es de 90 minuts.

També es preveu una llosa de 25 cm de gruix al badalot, on es contempla un recobriment geomètric de 30 mm per garantir una resistència al foc de 90 minuts.

6.2.3.1 Forjats bidireccionals de formigó armat

En el cas dels forjats reticulars, l'amplada del nervi tipus del forjat és de 16 cm, on les armadures guarden un recobriment constructiu de 30 mm, garantint, segons estableix l'annex 20 del *Código Estructural*, taula A20.5.10, una resistència a foc de 90 minuts.



7 PROCÉS CONSTRUCTIU

El projecte contempla de forma general la seqüència convencional d'execució dels capítols corresponents a la materialització dels elements resistents:

- Moviment de terres
- Fonaments
- Estructura

En el cas d'elements de formigó armat realitzats *in situ* s'haurà de parlar especial atenció al que disposa en el *Plec de condicions d'execució particular de l'estructura* en relació al seu descimbrat i/o desapuntament, ja que les hipòtesis de càlcul seguides en el projecte prenen com a referència els terminis de descimbrat i/o desapuntament contemplats en el referit plec.

- Execució de la fonamentació es resol amb sabates aïllades de formigó armat, adaptades a les càrregues transmeses pels pilars i a les condicions geotècniques del terreny. Es preveu l'execució de pous de fonamentació sota les sabates, segons les indicacions de la Direcció Facultativa.
- Execució de la solera, cal substituir 1 metre del reblert per tal de suportar la solera.

Per tant, la solera recolzarà en ferm, previ substitució de reblert existent per graves i tot-u en tongades d'espessor no superior a 25cm, compactades amb mitjans mecànics fins a assolir una densitat seca no inferior al 95% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat, realitzat segons UNE 103501 i realitzant l'última tongada de 25cm de gruix fins a assolir una densitat seca no inferior al 98% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat.

- A la zona A, al forjat situat sobre els gimnasos 1, 2 i 3, es preveu la col·locació de les jàsseres i de les lloses alveolars projectades per una empresa de prefabricats, elements que queden fora de l'abast d'aquest document.

Nota: Cal esmentar que la solera recolzarà en un nou terraplenament, previ substitució de reblert existent (mínim d'1,00 m) per graves i tot-u en tongades d'espessor no superior a 25cm, compactades amb mitjans mecànics fins a assolir una densitat seca no inferior al 95% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat, realitzat segons UNE 103501 i realitzant l'última tongada de 25cm de gruix fins a assolir una densitat seca no inferior al 98% de la màxima obtinguda a l'assaig Proctor Modificat.

En el cas indicat per la D.F. en obra i en funció de la maquinària, a les zones amb major potència de reblert, l'actuació d'excavació del terreny es realitzarà prèviament a l'excavació dels pous, amb la finalitat de disminuir l'alçada dels pous de major cantell. Cal indicar que, en els possibles elements puntuals, l'execució es realitzarà segons el procediment indicat, i serà necessari encofrar la sabata.



8 MANTENIMENT DE L'ESTRUCTURA

Les disposicions contemplades en relació al manteniment dels elements estructurals depenen del seu material constituent.

8.1 Elements de formigó armat

Per a establir les pautes de manteniment, cal distingir entre les condicions ambientals dels elements.

8.1.1 Elements interiors

S'inclouen dins d'aquest grup els elements ubicats en interiors d'edificis no sotmesos a condensacions.

Als dos anys d'haver estat executats es realitzarà una inspecció per a detectar possibles defectes o anomalies superficials, com fissures, canvis de textura o duresa, decoloracions, etc.

Aquesta revisió s'anirà repetint cada 10 anys.

8.1.2 Elements exterior o en ambient humits

S'inclouen dins d'aquest grup els elements sotmesos a humitats relatives altes (<65%) o a condensacions, els elements soterrats, els elements submergits, els elements exteriors que no pateixin l'atac de clorurs i aquells elements amb contacte freqüent amb aigua i que tinguin una probabilitat superior al 50% de patir alguna vegada temperatures per sota dels -5°C.

A l'any d'haver estat executats es realitzarà una inspecció per a detectar possibles defectes o anomalies superficials, com fissures, canvis de textura o duresa, decoloracions, etc.

Aquesta revisió s'anirà repetint cada 2 anys.

8.1.3 Elements en atmosferes agressives

S'inclouen dins d'aquest grup els elements afectats per atmosferes marines, els que puguin patir qualsevol atac per clorurs, qualsevol altre atac de naturalesa química o que puguin patir fenòmens d'abrasió o cavitació.

Als sis mesos d'haver estat executats es realitzarà una inspecció per a detectar possibles defectes o anomalies superficials, com fissures, canvis de textura o duresa, decoloracions, etc.

El programa de revisions posteriors serà bianual.



9 MARC NORMATIU

9.1 Declaració d'acompliment de los DB del CTE

En el disseny i anàlisi dels elements estructurals, de fonamentació i de contenció que conformen el present projecte s'ha atès a tot el que estipula el "Código Técnico de la Edificación" (CTE) en vers a dit elements, destacant-ne els següents Documents Bàsics:

- DB SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"
- DB SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural, Acciones en la Edificación"
- DB SE-C, "Documento Básico SE Seguridad estructural, Cimientos"
- DB SE-A, "Documento Básico SE Seguridad estructural, Acero"
- DB SI, "Documento Básico SE Seguridad estructural en caso de Incendio"

9.2 Altres normatives d'obligat compliment

Adicionalment s'ha observat el compliment de les següents instruccions:

- NCSE-02, "Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación. Real Decreto 997/2002".
- *Código Estructural*,
Real Decreto 470/2021

9.3 Normatives complementàries

De manera complementària, en l'anàlisi d'aquells aspectes dels que no hi ha disposicions específiques en les instruccions d'obligat compliment, s'ha utilitzat les següents instruccions:

- EC-0: "Bases del cálculo de estructuras"
- EC-1: "Acciones en estructuras"
- EC-2: "Proyecto de estructuras de hormigón"
- EC-3: "Proyecto de estructuras de acero"
- EC-7: "Proyecto geotécnico"



ANNEX DE CÀLCUL: Combinació de hipòtesis simples

Combinació	PP	CP	SU	Vx	Vy	SW
Estat límit de servei						
ELS	1,00	1,00	1,00			
GEO-L01	1,00	1,00	1,00	0,60		0,50
GEO-L02	1,00	1,00	1,00		0,60	0,50
GEO-W01	1,00	1,00	0,70	1,00		0,50
GEO-W02	1,00	1,00	0,70		1,00	0,50
GEO-S01	1,00	1,00	0,70	0,60		0,50
GEO-S02	1,00	1,00	0,70		0,60	1,00
CAR-L01	1,00	1,00	1,00	0,60		1,00
CAR-L02	1,00	1,00	1,00		0,60	0,50
CAR-W01	1,00	1,00	0,70	1,00		0,50
CAR-W02	1,00	1,00	0,70		1,00	0,50
CAR-S01	1,00	1,00	0,70	0,60		0,50
CAR-S02	1,00	1,00	0,70		0,60	1,00
FRE-W01	1,00	1,00	0,30	0,50		
FRE-W02	1,00	1,00	0,30		0,50	
CUA 01	1,00	1,00	0,30			
Estat límit últim						
ELU	1,35	1,35	1,5			
STR-L01	1,35	1,35	1,5	0,9		0,75
STR-L02	1,35	1,35	1,5		0,9	0,75
STR-W01	1,35	1,35	1,05	1,5		0,75
STR-W02	1,35	1,35	1,05		1,5	0,75
STR-S01	1,35	1,35	1,05	0,9		1,5
STR-S02	1,35	1,35	1,05		0,9	1,5

