

Treball Final de Grau en Fonaments de l'Arquitectura

# Estudi tipològic i estructural del futur Estadi d'Anoeta (Sant Sebastià)

Departament de Mecànica dels Medis Continus i Teoria d'Estructures

**INGRID ESPINÓS GONZÁLEZ**

Tutor: IVAN CABRERA I FAUSTO

Curs 2018-19

Setembre 2019





## Resumen

El fútbol probablemente sea el deporte más popular en Europa en estos últimos años. Caracterizado por la gran cantidad de dinero que se mueve tanto en los campeonatos como en los fichajes de los jugadores.

Debido al incremento de masas de aficionados, ciudades y clubes aprovechan el momento para invertir este dinero en la mejora de instalaciones e infraestructuras, remodelando los estadios o con la construcción de nuevos edificios para cumplir con las exigencias que plantean los diferentes estamentos que rigen este deporte. El Estadio de Anoeta, nuestro objeto de estudio, es un ejemplo de lo comentado en las líneas anteriores, su remodelación es fruto de un club que quiere mantener su estatus.

El trabajo final de grado a realizar se fundamenta principalmente en el estudio de la estructura del Nuevo Estadio de Anoeta. Haciendo previamente un análisis de la historia del club, de la ciudad y la ubicación del estadio en esta, para conocer el valor que tiene para San Sebastián, y una descripción del mismo con el fin de entender los cambios a efectuar y las soluciones constructivas adoptadas.

**Palabras clave:** Estructura, Sistema estructural, Anoeta, San Sebastián, Fútbol

## Resum

El futbol probablement siga l'esport més popular en Europa en aquests temps. Caracteritzat per la gran quantitat de diners que s'hi mouen tant en els campionats com en els fixatges dels jugadors.

Degut a l'increment de masses d'aficionats, ciutats i clubs aprofiten el moment per invertir aquests diners en la millora d'instal·lacions i infraestructures, remodelant els estadis o amb la construcció de nous edificis per complir amb les exigències que plantegen els diferents estaments que regeixen aquest esport. L'Estadi d'Anoeta, el nostre objecte d'estudi, és un exemple del comentat en les línies anteriors, la seua remodelació és fruit d'un club que vol mantenir el seu estatus.

El treball final de grau a realitzar es fonamenta principalment en l'estudi de l'estructura del Nou Estadi d'Anoeta. Fent prèviament un anàlisi de la història del club, de la ciutat i la ubicació de l'estadi en aquesta, per conèixer el valor que té per a Sant Sebastià, i una descripció del mateix a fi d'entendre els canvis a efectuar i les solucions constructives adoptades.

**Paraules clau:** Estructura, Sistema estructural, Anoeta, Sant Sebastià, Futbol

## Summary

Soccer is probably the most popular sport in Europe in recent years. Characterized by the large amount of money that moves both in the championships and in the signings of the players.

Due to the increase of masses of fans, cities and clubs take advantage of the moment to invest this money in the improvement of facilities and infrastructure, remodeling the stadiums or with the construction of new buildings to meet the demands posed by the different estates that govern this sport. The Anoeta Stadium, our object of study, is an example of what has been said in the previous lines, its remodeling is the result of a club that wants to maintain its status.

The Bachelor Minor Thesis to be carried out is mainly based on the study of the structure of the New Anoeta Stadium. Previously making an analysis of the history of the club, the city and the location of the stadium in it, to know the value it has for San Sebastian, and a description of it in order to understand the changes to be made and the constructive solutions adopted.

**Key words:** Structure, Structural system, Anoeta, San Sebastian, Soccer

## Índex

<b>1. Introducció</b>	<b>03</b>	<b>8. Conclusions</b>	<b>37</b>
<b>2. Objectius i metodologia emprada</b>	<b>03</b>	<b>9. Bibliografia</b>	<b>38</b>
<b>3. Origen del futbol en Sant Sebastià</b>	<b>04</b>	<b>10. Índex de figures</b>	<b>39</b>
<b>4. Història de la Reial Societat</b>	<b>04</b>		
4.1. Primers estadis	05		
4.2. Estadi d'Anoeta	05		
<b>5. Nou Estadi d'Anoeta</b>	<b>06</b>		
5.1. Dades del projecte de remodelació	07		
5.2. Motius de la remodelació de l'estadi	07		
5.3. Impacte en la ciutat	08		
5.4. Arquitecta encarregada del projecte	08		
5.5. Sant Sebastià, ciutat d'ubicació de l'estadi	09		
5.6. Ubicació del projecte en la ciutat	09		
5.7. Documentació del projecte	10		
5.8. Descripció del projecte	13		
5.9. Referències amb altres estadis	14		
5.9.1. Allianz Arena	14		
5.9.2. Allianz Riviera	14		
<b>6. Estudi estructural</b>	<b>15</b>		
6.1. Estudi dels fonaments	15		
6.2. Estudi dels pòrtics	16		
6.2.1. Tipologia dels pòrtics	17		
6.2.2. Estudi de pilars dels pòrtics	17		
6.2.3. Anàlisi del pòrtic tipus	19		
6.3. Estudi del forjat	20		
6.4. Estudi de la coberta	20		
<b>7. Càlcul del pòrtic tipus</b>	<b>22</b>		
7.1. Avaluació de les càrregues	22		
7.2. Diagrames d'esforços en les barres del pòrtic tipus	27		
7.3. Isovalors de les lloses	31		
7.4. Isovalors de la mènsula	33		
7.5. Diagrames d'esforços de l'estructura metàl·lica	33		
7.6. Càlcul del pilar de formigó	35		

## 1. Introducció

El treball es centra en l'estudi de l'estructura del Nou Estadi d'Anoeta, propietat de la Reial Societat de Futbol, explicant cadascuna de les parts que la componen. Arribant a l'enteniment d'aquesta després d'un anàlisi dividit en diferents parts que tracten els inicis del club i de l'estadi.

En la primera part es parla de l'origen del futbol en Sant Sebastià, com arribà a la ciutat i quins foren els seus inicis, tractant també la història de la Reial Societat d'una manera més acotada recollint les dades més rellevants, així com els estadis que han format part d'aquesta, però centrat l'atenció especialment en l'Anoeta.

El fonament de la segona part és el nou estadi, en la que es desenvolupen les dades del projecte, la relació i l'impacte d'aquest en la ciutat, estudiant la seua ubicació en ella. S'hi fa també una comparativa amb altres dos estadis.

L'estructura, objectiu central d'aquest treball, constitueix el tercer i últim bloc. Per una banda s'analitzen cadascun dels elements en que es descompon, partint dels fonaments fins arribar a la coberta, i per altra banda, es realitza el càlcul d'un pòrtic tipus. Acabant amb el desenvolupament de les conclusions que s'han extret en aquest procés d'estudi.

## 2. Objectius i metodologia emprada

A l'objectiu que s'hi vol arribar amb aquest treball és la comprensió de la forma i funcionament de l'estructura del Nou Estadi d'Anoeta, coneixent en el mateix transcurs la seua història i la del club, la ciutat de la que forma part i els treballs de la seua arquitecta.

La metodologia emprada per a la realització del treball s'ha basat en la recerca d'informació en línia, a partir de la qual s'ha fet la lectura i estudi de les publicacions existents sobre la Reial Societat, l'estadi, la ciutat i l'estudi d'arquitectura que du a terme el projecte. S'han consultat pàgines web com la de la Reial Societat de Futbol, la de l'estudi encarregat del projecte de remodelació, la d'alguns periòdics i d'altres sobre la història del futbol en Espanya. Aquestes fonts manquen de documentació gràfica en quant a planimetria, així que s'hi va contactar amb la tècnica d'obra, Ikuska Ormazabal, qui amablement cedí una gran diversitat de plànols tant de l'estat actual com el del projecte de remodelació, els quals han sigut de gran ajuda per al desenvolupament del treball.

S'ha treballat amb documentació tant escrita com gràfica i audiovisual. Una vegada recollida tota informació, s'ha realitzat un filtrat i selecció del més rellevant per passar a la fase de redacció, en la que es recorre a cites referenciades per poder exposar millor alguns conceptes, a l'igual que de documentació gràfica que facilita la comprensió.

En l'última part, per al càlcul del pòrtic s'ha emprat el programa informàtic de càlcul d'estructures ANGLE, del qual s'han obtingut els diagrames d'esforços i altres dades necessàries per al càlcul del pilar de formigó, en el que s'ha utilitzat també els apunts de Construcció 3 i Estructures 3 que facilita el professorat de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la Universitat Politècnica de València. Agraïr també l'ajuda de la professora Verónica Llopis en la resolució d'errors en el programa de càlcul.

### 3. Origen del futbol en Sant Sebastià

A principis del segle XX arribà el futbol a la ciutat de Sant Sebastià, de la mà de joves que havien conegut aquest esport durant la seua estança en Anglaterra. Els seus inicis es daten en 1902, moment en que tingué lloc la primera *partida de foot-ball*, però fou en 1903 quan el club de tennis local, San Sebastián Recreation Club, l'adoptà com una secció esportiva. Els primers colors en que vestiren foren el groc i el verd, jugant en Ondarreta (Figura 1). Arran d'ací sorgiren altres clubs com el Vasconia Sporting Club, el Small F.C., el Athletic Club, el Easo F.C., el C.D. Fortuna, el Amaika i el Cantábrico, entre altres (Masià 2008a)(Real Sociedad 2019a).



**Fig. 1**  
Equip de la Reial Societat en el camp d'Ondarreta (1910)



**Fig. 2**  
Escut Club Ciclista de Sant Sebastià

En 1907 es produí una separació del San Sebastián Recreation Club, aleshores els germans Sena, Elósegui, Arrillaga, Dorda, Echevarría, junt amb altres, creen un nou club, anomenat *Sant Sebastià Foot-ball Club*. L'equipació canvià, comencen a vestir els colors de la senyera de la ciutat, el blanc i blau, la samarreta passà a ser blanca amb les inicials SS en blau i, el pantaló blau també. El club no disposava de terreny de joc així que va tenir que compartir el velòdrom municipal d'Atocha amb el Club Ciclista de Sant Sebastià (Masià 2008a).

Arrel d'aquesta unió entre ambdós clubs al compartir el velòdrom, el 21 de setembre de 1908 es creà el *Ciclista Foot-ball Club*, amb Federico Ferreirós com a president (Figura 2). Després d'una sèrie de victòries consecutives contra equips regionals i estrangers s'animaren a inscriure's al Campionat d'Espanya, però ho van tenir que fer sota el nom de Club Ciclista de Sant Sebastià i no com a Ciclista Foot-ball Club ja que el seu no estava registrat, del que eixiren campions en la final de 1909 davant l'Espanyol F.C. de Madrid amb un 3 a 1 (Figura 3) (Masià 2008a).



**Fig. 3**  
El Club Ciclista de Sant Sebastià rebent el trofeu del Campionat d'Espanya de 1909

### 4. Història de la Reial Societat

El 7 de setembre de 1909 es fundà oficialment la Societat de Futbol, la plantilla decidí separar-se del Club Ciclista després d'haver resultat vencedors del Campionat. En 1910 el Rei Alfons XIII atorgà el títol de Reial a la nova entitat. El mateix any arribà el primer èxit de la Reial Societat en el Campionat de Copa, l'equip resultà subcampió. El 5 d'octubre de 1913 s'inaugurà l'Estadi d'Atocha (Figura 4), el qual fou el camp de la Reial els següents 80 anys (Real Sociedad 2019a).

En 1923 la Reial aconseguí el títol de Campió de Guipúscoa. Aconseguí també les següents temporades, 1924-25, 1926-27 i 1928-29. La Reial va ser el primer equip espanyol en viatjar per Àustria, Hongria i Alemanya en 1924. El creixement del futbol era notable a finals dels anys 20, el que feia necessari una reestructuració de les competicions futbolístiques que s'hi estaven realitzant fins el moment. La Lliga anglesa era el model a seguir, així en la temporada 1928-29 té inici la història de la Lliga. El seu jugador Paco Bienzobas es convertí en el primer "pichichi" d'aquest campionat (Real Sociedad 2019a).

Arribada la II República el 14 d'abril de 1931 i amb ella l'eliminació de qualsevol títol i símbol monàrquic, el club tingué que canviar el nom pel de *Donostia Futbol Club*, i en l'escut canviaren la corona reial per l'escut de Sant Sebastià. En la temporada 1934-35 el Donostia descendí per primera vegada en la seua història (Figura 5). Amb l'inici de la Guerra Civil el juliol de 1936 quedaren paralyzats tots els campionats futbolístics. Un any després es recuperà l'activitat, i el club recuperà el seu nom (Real Sociedad 2019a).

En la temporada 1940-41 recuperaren el lloc en primera divisió. La dècada dels 40 està marcada pels seus moviments entre primera i segona divisió (Figura 6). En canvi, en la dècada dels 50 van romandre en la primera divisió els deu anys. En 1957 nasqué el Sant Sebastià C.F., conegut com el Sanse, l'objectiu del qual era ser la pedrera de jugadors per a la Reial Societat. En la temporada 1961-62 la Reial tornà a baixar a segona. I l'ascens no arribà fins la temporada 1966-67. En la temporada 1973-74 aconseguiren classificar-se per primera vegada per a la Copa de la UEFA (Real Sociedad 2019a).

En la temporada 1980-81 aconseguiren la seua primera Lliga. El segon títol de Lliga arriba just la temporada següent. La Reial no tornarà a repetir el títol de Campió de Lliga. La temporada 1982-83 s'inicià una nova competició, la Supercopa, la Reial es convertia en el primer campió de la Supercopa, venent al Reial Madrid. En la temporada 1986-87 s'hi feren amb un nou Campionat de Copa (Figura 7). S'enfrontaren a l'Atlètic de Madrid. Aquest títol el portà a competir la Recopa, l'única competició continental en la que encara no hi havia participat (Real Sociedad 2019a).

Una nova Llei de l'Esport obliga a la majoria dels Clubs de Lliga a convertir-se en Societats Anònimes Esportives, entre ells la Reial. Doncs, es forma la *Real Sociedad S.A.D.* El record de la temporada 1992-93 és el comiat d'Atocha. La seua nova casa seria l'Estadi d'Anoeta, inaugurat el 13 d'agost de 1993 (Figura 8) (Real Sociedad 2019a).

Després de 40 temporades en primera la Reial tornà a descendir en la temporada 2006-07. L'any 2009 se celebra el Centenari del Club (Real Sociedad 2019a). La Reial torna a jugar en primera la temporada 2011-12, mantenint el seu lloc en la primera divisió les següents temporades.



**Fig. 4**  
Inauguració del camp d'Atocha (1913)



**Fig. 5**  
Equip de la Reial Societat (1934)



**Fig. 6**  
Remodelació d'Atocha en 1948



**Fig. 7**  
Campions de la Copa del Rei, temporada 1986-87

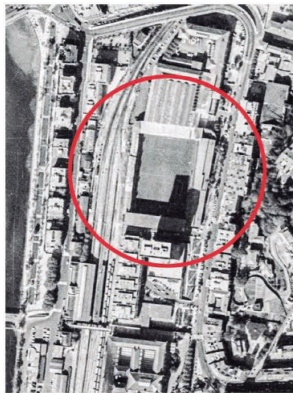


**Fig. 8**  
Primera temporada en Anoeta (1993)

#### 4.1. Primers estadis

La Reial Societat ha utilitzat tres estadis des de la seua fundació: Camp Hípic d'Ondarreta (1909-1913), Camp Municipal d'Atocha (1913-1993) i Estadi Municipal d'Anoeta (1993- ) (Masiá 2008b).

El Camp Hípic d'Ondarreta fou la primera casa del club, situat en el barri d'Antigua de Sant Sebastià, front a la platja d'Ondarreta, sobre l'antic hipòdrom de la ciutat (Figura 9) (Pentayus 2017).



**Fig. 11**  
El desaparegut camp d'Atocha (1984/85)

El Camp d'Atocha es construí en els terrenys d'un antic velòdrom en el barri d'Egia. En els seus inicis tenia un estil molt semblant al dels antics camps de futbol anglesos, amb una grada principal construïda en fusta i molt ornamentada, amb nombroses columnes. La grada oposada era una gran terrassa amb dos graderies menudes. Les grades definitives es construïren en els anys 50, quan adquiriren els terrenys de fons (Figures 10 i 11) (Pentayus 2017).

En els anys 70, es cobrí la grada secundària i es completaren les zones en les que no hi havia graderies. Arribà a tenir una capacitat aproximada de 27.000 espectadors. Però el camp quedant endarrerit respecte d'altres camps espanyols. En 1993, la Reial decidí que l'estadi s'havia quedat menut degut a una major aflluència de públic, i a banda, sorgí la necessitat d'adequar-lo a la normativa de seguretat imposada per la UEFA. Aleshores decideixen mudar-se a Anoeta. El Camp d'Atocha es demolí anys més tard (Pentayus 2017).

Anys després el club continua sentint Atocha com la seua llar. La imatge que recorden és la d'un camp amb l'afició molt propera als jugadors. Tanta força tenia aquest fet, que en molts partits els *txuri-urdin* aconseguien traure partits endavant gràcies a l'espenta de la seua afició. Açò no ho trobaran en el nou estadi d'Anoeta, on el públic es trobarà allunyat del terreny de joc per les pistes d'atletisme. Aquesta fredor que transmet la nova casa es transmetrà també a l'equip (Pentayus 2017).



**Fig. 9**  
Camp Hípic d'Ondarreta



**Fig. 10**  
Camp d'Atocha (1913)

#### 4.2. Estadi d'Anoeta

Anoeta es construí en 1993 sobre altre estadi construït en 1940, pertanyent a la Ciutat Esportiva d'Anoeta, però orientat en diferent direcció (Figures 12). Construït mitjançant pilotis de formigó armat per trobar-se sobre una antiga maresma dessecada. Sobre aquesta estructura s'alcen les graderies i les pistes d'atletisme (Figura 13). Aquesta circumstància és la que li dona el caràcter d'emocionalment fred a l'estadi, per estar l'afició molt allunyada del camp. Dotat d'unes 32.000 localitats. I les mesures del terreny de joc eren de 105x70m (GeoEuskadi 2017a).

Va ser finançat per l'Ajuntament de Sant Sebastià, la Diputació de Guipúscoa i la Reial Societat de Futbol, encarregant-se de la seua gestió la Societat Privada Municipal Anoetako Kiroldegia (GeoEuskadi 2017a).

En Anoeta també s'han dut a terme partits de rugbi de manera puntual i ha sigut escenari de grans concerts com el de Pink Floyd, U2, Depeche Mode, The Rolling Stones, Bruce Springsteen i Bon Jovi. Per altra banda, les competicions atlètiques celebrades hi van ser poques (GeoEuskadi 2017a)(Realsocialismo 2015).

En 1998 va tenir lloc la primera ampliació d'Anoeta. Amb la construcció de les entreplantes dels fons aconseguiren al voltant de 3.000 localitats més (Realsocialismo 2015).

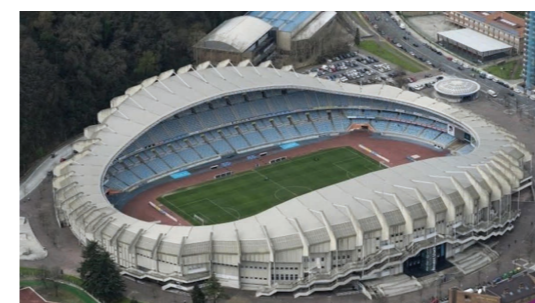
La primera proposta integral de reforma, coneguda com Guipuzkoarena, fou presentada en 2003 deguda a la falta de localitats per a un equip que anava a disputar la Champions League, la mala visió de part dels seients de l'anell inferior, els quals, a més, quedaven descoberts, i les pistes d'atletisme, sense pràcticament activitat, que distanciaven al públic dels jugadors. Amb la marxada del president Astiazarán, Guipuzkoarena quedà apartat (Realsocialismo 2015).

En 2007 María de la Peña, al front de la presidència, tornà a parlar de l'aproximació de les grades al terreny de joc, així com de l'increment de l'aforament a 40.000-45.000 espectadors. Un nou projecte tingué lloc degut a la presentació de la candidatura per al Mundial de 2018 per que Anoeta fos subseu. El nou projecte quedà oblidat al disputar-se el Mundial en Rússia (Realsocialismo 2015).

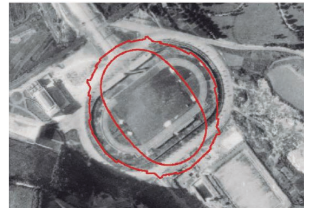
Izaskun Larzabal, qui firmà l'única ampliació d'Anoeta duta a terme en 1998, és l'autora dels últims dos projectes coneguts. El primer, tombat pels tribunals en abril de 2014. I pocs dies després, el president reialista, Jokin Aperribay, i el vicepresident, Ángel Oyarzun, presentaven l'últim projecte conegut (Realsocialismo 2015).

A finals de 2014 l'Ajuntament obrí el concurs per a la reforma de l'estadi. El club reialista fou l'únic aspirant a fer-se càrrec de la gestió de les obres. Però Óptima Sport Media, una empresa madrilenya, sol·licità la nul·litat del concurs davant l'Òrgan Administratiu de Recursos Contractuals (OARC), al demostrar que s'afavoria a la Reial i que el termini de presentació d'ofertes estava restringit al mínim legal. A principis de febrer de 2015, l'OARC donava per vàlides varies de les al·legacions de Óptima Sport Media, pel que el concurs tornava a quedar aturat (Realsocialismo 2015).

L'opció de convocar un nou concurs es llençava en abril de 2015. La societat pública Anoeta Kiroldegia, propietària de l'estadi, junt amb la col·laboració econòmica de la Reial, es plantejà impulsar la remodelació (Vicente 2015). La reforma arrancava per fi el 23 de maig de 2017 (Pedraza 2018).



**Fig. 13**  
Estadi d'Anoeta



**Fig. 12**  
Estadi originari inaugurat en 1940 (1954). En color roig assenyalat l'estadi d'Anoeta construït sobre el primer

## 5. Nou Estadi d'Anoeta

El club posava la condició que la remodelació es desenvolupés de manera que en cap moment s'interrompés la competició, que s'hi fera per fases i molestant el menys possible als aficionats (Pedraza 2018).

Les obres començaven el maig de 2017, amb els treballs de preparació per als fonaments dels pilars exteriors encarregats de suportar la nova coberta (Figura 14). En agost començaren amb els fonaments, en la zona de les antigues pistes d'atletisme (Figura 15), de l'estructura de l'ampliació de la tribuna lateral. En setembre iniciaven la fase 2, continuaren amb la demolició del fons sud (Figura 16), i darrere aquesta, amb l'excavació per a la construcció dels soterranis i la realització dels fonaments del fons sud (Figura 17). Seguidament tingué lloc l'execució de l'estructura de formigó i la col·locació dels prefabricats de les graderies d'aquesta part de l'estadi (Figura 18). I la construcció dels 8 pilars (Figura 19), ubicats per parelles en les cantonades, que suportarien la nova coberta. Les gelosies eren muntades sobre aquests pilars, començant amb el muntatge de les gelosies dels fons, acabant amb les laterals. Una vegada les gelosies col·locades es feia el muntatge de la prolongació de la coberta d'ETFE transparent. També de l'estructura espacial de la coberta i del fons sud i l'envolupant d'ETFE (Figures 20 i 21) (Real Sociedad 2019b).

A partir del maig de 2018 començà una tercera fase que inclogué l'excavació del terreny de joc (Figura 22), la rectificació i ampliació de les tribunes laterals baixes, mentre es continuà amb els treballs d'implantació del terreny de joc a la nova cota (Figura 23). S'uniren les tribunes laterals i la graderia baixa del fons. Al camp se li col·locà la gespa. L'interior quedà habilitat, i els seients col·locats. Amb aquests treballs acabats quedaven habilitades  $\frac{3}{4}$  parts de l'estadi, ja cobertes per la prolongació de la coberta. En agost de 2018 el fons sud quedava completament habilitat amb els seients. A partir d'agost començaren amb la demolició del fons nord, i en octubre s'iniciava la fase 4, que comportava la construcció de la nova estructura de formigó i col·locació dels prefabricats per a les graderies (Figura 24). Continuant amb el muntatge de l'estructura espacial de la coberta i l'envolupant d'ETFE del fons nord (Figura 25). Quedant habilitat el fons nord i per tant, tot l'interior de l'estadi (Real Sociedad 2019b).

I ja com a última fase que arrancava en maig de 2019, els treballs a realitzar són la demolició de les escales exteriors, les quals són acurtades i canvien de posició del centre als extrems, la construcció del nou sòcol i la dels accessos laterals, i les noves escales interiors (Figura 26). Els prefabricats de façana es tallen per permetre l'accés a l'interior. Portant-se a terme també el muntatge de l'estructura espacial que subjectarà l'envolupant lateral d'ETFE (Figura 27). En agost l'estadi quedarà totalment remodelat, després de completar les graderies inferiors i superiors i l'envolupant i, de definir la forma d'accedir i de moure's pel mateix (Figura 28) (Real Sociedad 2019b).

Amb un cost de 47 milions d'euros. El projecte fou finançat per la Reial Societat (33 milions d'euros), fent-se càrrec de la major part del cost, el Govern Basc (10 milions d'euros) la Diputació Foral de Guipúscoa (4 milions d'euros) (Chrisentrenador 2018).



(Esq.) Fig. 14  
Obres fase 1.1



(Dta.) Fig. 15  
Obres fase 1.2



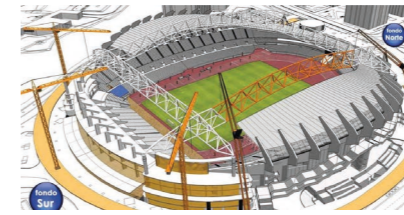
(Esq.) Fig. 16  
Obres fase 2.1



(Dta.) Fig. 17  
Obres fase 2.2



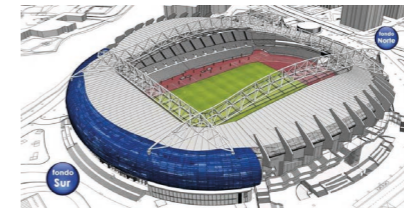
(Esq.) Fig. 18  
Obres fase 2.3



(Dta.) Fig. 19  
Obres fase 2.4



(Esq.) Fig. 20  
Obres fase 2.5



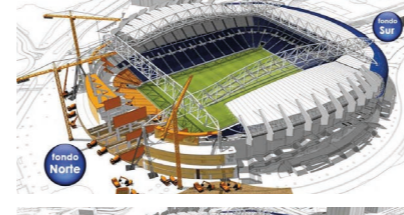
(Dta.) Fig. 21  
Obres fase 2.6



(Esq.) Fig. 22  
Obres fase 3.1



(Dta.) Fig. 23  
Obres fase 3.2



(Esq.) Fig. 24  
Obres fase 4.1



(Dta.) Fig. 25  
Obres fase 4.2



(Esq.) Fig. 26  
Obres fase 5.1



(Dta.) Fig. 27  
Obres fase 5.2

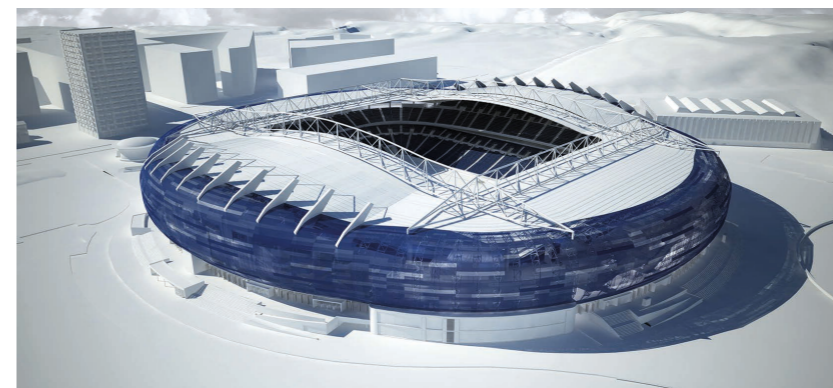


Fig. 28  
Maqueta de l'estadi



### 5.1. Dades del projecte de remodelació

El projecte de remodelació de l'Estadi d'Anoeta inclou el donar una nova imatge, el convertir-lo en un espai de relació per als ciutadans, serà un camp de futbol per a Sant Sebastià i Guipúscoa; el transformar i millorar els accessos per fer-lo un concepte més accessible, més obert a les persones; l'aproximació de l'afició al terreny de joc, pel que s'hi eliminen les pistes d'atletisme; l'increment de capacitat per poder albergar fins 42.000 aficionats; dotar-lo de les últimes tecnologies, amb una aliança Microsoft – Reial Societat. Anoeta serà un estadi d'alta categoria amb capacitat per albergar competicions internacionals (Real Sociedad TV 2016). Anoeta seguirà tenint titularitat municipal (Pedraza 2018).

Una vegada acabada la reforma, Anoeta disposarà de 39.500 localitats exactament, permetent allotjar fins 42.000 espectadors en quant a servicis i exigències per a l'evacuació de persones. La distància que separa la línia de fons del primer seient del fons queda reduïda a 8,5 metres front als 40 metres que els separava. La cota del terreny de joc es baixa quasi 2 metres. Tot seient gaudirà d'una bona visual. La millora en els accessos farà possible que les esperes siguin més curtes, sent una mitja de 575 persones les que entraven al camp per cada accés anteriorment, quedant aquesta mitja reduïda entre 280 i 300. El trajecte a les tribunes altes ja no s'hi farà per les escales exteriors, sinó per les noves escales interiors, donant més comoditat davant dies, per exemple, plujosos (Rodrigo 2018a). El mític drenatge de la gespa en els dies de pluja ha de ser preservat, l'empresa alabesa Laziturri, qui fou l'encarregada d'instal·lar el mantell verd d'Anoeta i Zubieta unes 3 temporades enrere, continuarà fent-se càrrec de la seua cura (Pedraza 2018).

Aperribay, president de la Reial, explicava que el seu objectiu era profunditzar la relació de la Reial Societat amb la seua afició, dotant el camp de nous servicis, de manera que no sols siga l'espai on s'hi va només a gaudir de competicions esportives. Per a fer-ho possible disposaran d'un tercer anell, situat entre els dos principals, amb un condicionament diferent a l'habitual, amb seients variats i agrupats en sis o set tipologies diferents, pensats per a matrimonis, famílies nombroses, joves o gent major, ja que no comparteixen els mateixos interessos (Pedraza 2018).

### 5.2. Motius de la remodelació de l'estadi

Izaskun Larzabal, arquitecta encarregada de la remodelació d'Anoeta, explicava en una entrevista que la necessitat de reformar d'estadi aparegué quasi des del principi. L'estadi havia sigut construït en base a un model que havia deixat ja d'utilitzar-se, les pistes d'atletisme corresponien als anys 50 i 60, quan aquest esport era més majoritari. A més, en el canvi d'Atocha a Anoeta, notaren molt la pèrdua del factor ambiental que caracteritzava l'anterior casa de la Reial (Rodrigo 2018b).

Com explicava Izaskun en aquesta entrevista, la necessitat de millores va tenir lloc des de quasi la seua apertura, només 5 anys després de la seua inauguració, en 1998 ja s'hi feia la primera ampliació. Per altra banda, les pistes d'atletisme que allunyaven molt l'afició del terreny de joc els suposà un gran canvi d'ambient tant per als espectadors com per als jugadors, els quals ja no sentien eixa força que els impulsava des de la grada com sentien en Atocha. El creixement del número d'espectadors i la necessitat d'acostar els seients al camp, van ser els motius principals que impulsaren les diverses propostes de reforma presentades durant tots aquests anys, però totes elles rebutjades o apartades. Al que hi havia que afegir que des de molts seients no s'hi tenia una bona visió, pel que s'havien de fer canvis, com també, cobrir les parts de graderies que quedaven al descobert. Fins que en abril de 2015 l'ajuntament de Sant Sebastià obri un últim concurs, i la remodelació, dirigida per Izaskun Larzabal, tingué inici en maig de 2017.

### 5.3. Impacte en la ciutat

Anoeta es converteix en un símbol més de la ciutat de Sant Sebastià, un atractiu més per als visitants, junt amb l'encant de la Platja de la Concha, l'esperit de la Part Vella de la ciutat, la simbologia de la Pinta del Vent de Chillida i el Kursaal (Figura 29). El nou estadi atraurà la mirada dels aficionats del futbol de tot arreu gràcies a l'expansió de La Lliga (Pedraza 2018).

La remodelació d'Anoeta es suma a nous estadis com el Wanda Metropolitano (2017), el San Mamés (2013) o el RCDE Stadium (2009), i a remodelacions com la del Benito Villamarín (2017), que faran de La Lliga un campionat amb infraestructures punteres a nivell mundial (Pedraza 2018).

El president del club, Aperribay, explicava que amb l'habilitació de diferents tipus d'espais en el nou Anoeta, el que es vol aconseguir és que resulte atractiu per a tot tipus d'aficionats, joves, majors i famílies. Que siga un espai que abaste diferents usos, un espai on poder anar a fer un treball, mantenir una reunió laboral o on anar amb els fills a un espai d'oci (Pedraza 2018).

Eneko Goia, alcalde de la ciutat, parla de que s'espera atraure altres competicions amb la capacitat de les instal·lacions i la rellevància turística que té Sant Sebastià, com per exemple, de rugbi, esport molt lligat amb la ciutat (Pedraza 2018).

Els beneficiats de les possibilitats del nou estadi seran tant la ciutat de Sant Sebastià com tota Guipúscoa, però sobretot el barri d'Amara. L'alcalde apunta a un replantejament de tot l'entorn de l'estadi, el qual és quasi una vila olímpica. Una vegada acabada la reforma d'Anoeta, passaran a reformar el Mini Estadi d'Anoeta, i a continuació la plaça de bous. Amb la finalitat de transformar el barri per seguir amb un conjunt d'instal·lacions a l'abast de poques ciutats. Izaskun parla de la possible integració d'aquesta zona dins del circuit turístic de la ciutat amb la modernització d'Anoeta. A més, la proximitat i els transports públics ho faciliten (Pedraza 2018).



Fig. 29  
Recreació nocturna de l'estadi durant un partit

### 5.4. Arquitecta encarregada del projecte

L'Estudi d'Arquitectura Izaskun Larzabal és l'encarregat de desenvolupar el projecte del Nou Estadi d'Anoeta (Figures 33 i 34). Ubicat en el barri del Antigu de Sant Sebastià. És un estudi jove però amb una àmplia experiència en projectes d'arquitectura i urbanisme, encapçalat per Izaskun Larzabal durant més de 15 anys d'història. Es tracta d'un estudi d'arquitectura versàtil i multidisciplinari. L'equip està format per arquitectes, arquitectes tècnics i enginyers. Gràcies a la versatilitat de l'equip també afronten projectes d'interiorisme i paisatgisme (Larzabal 2019a).

Tenen un fort compromís amb la sostenibilitat i un caràcter innovador i avantguardista. Degut al seu compromís en el medi ambient, afronten cada projecte amb el màxim respecte a l'entorn natural que els envolta, aprofitant els recursos i adaptant-se sempre al paisatge natural (Larzabal 2019a).

El seu caràcter innovador, tant en tècniques d'edificació com en materials utilitzats o sistemes i instal·lacions, fan possible el desenvolupament de projectes d'arquitectura i urbanisme sostenible. Fan ús de sistemes energètics com la geotèrmia o el *district heating*, entre altres, en alguns dels seus projectes per aconseguir una optimització energètica real (Larzabal 2019a).

Cada projecte el treballen des de la seua fase inicial fins al disseny de l'interior del mateix. La tenda oficial de la Reial Societat, en el carrer Elcano de Sant Sebastià (Figura 35), és un exemple d'aquest treball (Larzabal 2019a).

La seua relació amb l'esport és part important del seu treball com estudi d'arquitectura. Porten a terme el disseny i arquitectura d'instal·lacions esportives de molt distint àmbit: frontons, poliesportius i estadis de futbol. En el disseny i arquitectura d'estadis de futbol cal destacar la seua relació i treball per a la Reial Societat de Futbol. Han acompanyat durant anys el club, cuidant cada projecte de les instal·lacions esportives de Zubieta (Figura 36) i Anoeta (Larzabal 2019b).

Entre els seus projectes més destacats es troba la remodelació de l'Estadi d'Anoeta per a la Reial Societat, així com Enertic (Figura 37) o el Palau de Congressos Europa de Vitoria-Gasteiz, en els que demostren la seua filosofia d'arquitectura sostenible cap a un model energètic diferent. A aquests edificis se'ls hi han atorgat les certificacions Leed i Passive House (Larzabal 2019a).

#### Izaskun Larzabal arquitectura i urbanismo

Fig. 33  
Logotip de l'estudi



Fig. 34  
Izaskun Larzabal, arquitecta encarregada de la reforma d'Anoeta



Fig. 35  
Tenda de la Reial Societat del carrer Elcano, Sant Sebastià



Fig. 36  
Camp de futbol z2 Zubieta, Sant Sebastià

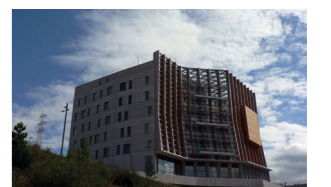


Fig. 37  
Edifici Enertic, Sant Sebastià

### 5.5. Sant Sebastià, ciutat d'ubicació de l'estadi

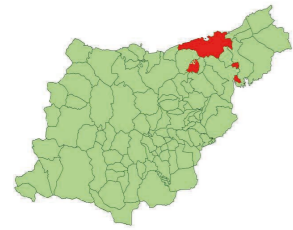
Sant Sebastià es localitza en el litoral guipuscoà, en un marc geogràfic accidentat, el que ha suposat notables dificultats per al desenvolupament urbà, que queda condicionat i orientat en les seues línies de fixació i expansió (Figures 38 i 39). El terme municipal té 61,05 km<sup>2</sup>. Constitueix la tercera ciutat més poblada del País Basc amb 186.665 habitants, després de Bilbao (345.821 habitants) i Vitòria (249.176 habitants) [dades de 2018] (Gómez i Sáez 2017).

La Vila de Sant Sebastià va ser fundada cap a 1180 per Sanç el Savi, rei de Navarra. I rebé el títol de Ciutat en 1662 pel rei Felip IV. Va ser capital de Guipúscoa de 1821 a 1844, quan va ser substituïda per Tolosa, recuperant la capitalitat en 1854 (Gómez i Sáez 2017).

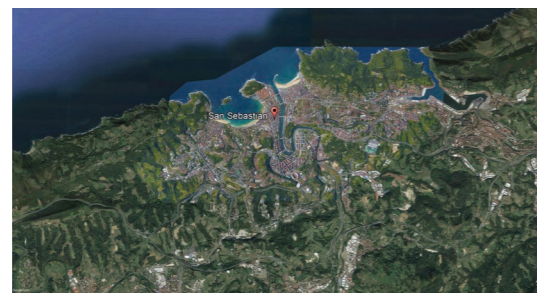
En el procés urbà de la ciutat es diferencien diverses etapes: fins l'any 1180 xicotetes agrupacions que a dia de hui són el Antiguo, la Vall d'Urumea i la Part Vella; des de 1180 fins finals del segle XV, el creixement de la Vila va ser lent; des del segle XVI fins mitjans del segle XIX hi va haver una de creixement i consolidació; el desenvolupament dels eixamples i el procés industrialitzador tingué lloc des de mitjans del segle XIX fins 1955; des de 1955 fins 1995, quan s'aprova un nou Pla General, té lloc un fort desenvolupament urbà, es forma l'Àrea Perifèrica i la Comarca funcional; des de 1995 fins l'aprovació d'un nou Pla General l'any 2010 i la posada en pràctica de les Directrius d'Ordenació del Territori en els Plans Territorials de caràcter comarcal, i l'Eix Donostia-Bayona; i des de 2010 fins l'actualitat, es produeix el desenvolupament del consignat en el nou Pla General i les modificacions del mateix (Gómez i Sáez 2017).

En cadascuna de les diferents etapes podem trobar dates molt significatives com el Decret de Trasllat de les Duanes a la Costa en 1717, l'incendi i reconstrucció de la ciutat en 1813, l'enderroc de les muralles en 1863; en el segle XX les dates rellevants marquen la publicació de noves lleis i plans; i en el segle XXI destaca l'aprovació d'un nou Pla General d'Ordenació Urbana l'any 2010 (Gómez i Sáez 2017).

En quan al clima, Sant Sebastià presenta, degut a la influència de la seua proximitat al mar (Figura 40), un clima templet oceànic, amb temperatures suaus, amb temperatures mitjanes per damunt dels 7°C en hivern i en estiu amb temperatures mitjanes que no arriben als 20°C, humitat relativa elevada, nuvolositat freqüent i pluges abundants, que superen els 1.500 mm anuals, repartides de forma regular durant tot l'any. Hivern i estiu són estacions ben marcades, mentre que la primavera i la tardor són estacions de transició (Gómez i Sáez 2017).



**Fig. 38**  
Extensió de la ciutat en la província



**Fig. 39**  
Plànol de Sant Sebastià



**Fig. 40**  
Vista aèria de Sant Sebastià

### 5.6. Ubicació del projecte en la ciutat

L'Estadi d'Anoeta forma part del conjunt d'instal·lacions que conformen la Ciutat Esportiva d'Anoeta (Figures 41 i 45), situada en el barri d'Amara Berri. Aquest complex va ser construït en 1950 sobre terrenys municipals i de la Caixa d'Estalvis Municipal de Sant Sebastià (Figura 42), i finançat per l'Ajuntament, la Diputació de Guipúscoa i el Front de Joventuts. Gestionada pel Front de Joventuts fins 1969 i posteriorment per la Delegació Nacional de la Joventut, des del 1969 fins el 1977 (GeoEuskadi 2017b).



**Fig. 41**  
Vista aèria de la Ciutat Esportiva d'Anoeta (Frontó Anoeta, Poliesportiu J.A. Gasca, Frontó Atano III, Estadi Municipal d'Anoeta, Miniestadi, Palau del Gel, Frontó Carmelo Balda, Piscines Paco Yoldi, Velòdrom Elorza)

L'eixample d'Amara, el que posteriorment seria Amara Berri, va començar a construir-se en la dècada dels seixanta. Localitzat al sud del centre de la ciutat, per l'est limita amb el riu Urumea amb Mundaiz, en el ferrocarril del Nord amb Loiola, a l'oest amb Amara Zaharra i Aiete, i al sud amb Martutene (Figura 43) (Ayuntamiento de San Sebastián 2019).

Formaven el conjunt un alberg juvenil, dues pistes descobertes de bàsquet, altres dues d'handbol, una d'hoquei, una piscina de 25 m amb trampolí olímpic i altra infantil, gimnàs, camp de futbol de grava, pista de tennis i una pista atlètica que en el seu interior albergava un camp de futbol on s'hi practicava freqüentment rugbi (Figura 44). En aquests terrenys, en 1993, es construiria l'Estadi Municipal d'Anoeta, i al seu costat s'alçaria el Miniestadi Municipal d'Anoeta, que incloïa també una pista atlètica (GeoEuskadi 2017b).

Formant part del complex es troben els frontons Carmelo Balda, Atano III i Trinquete, aquest últim demolit en 2003, el Poliesportiu Municipal José Antonio Gasca i el Poliesportiu Municipal Piscines Paco Yoldi i el Palau de Gel Txuri Urdin (1973), propietat de la Diputació Foral de Guipúscoa. Al voltant del complex es troben altres instal·lacions esportives destacables: el Velòdrom d'Anoeta (1965), que en 2005 passà a denominar-se Velòdrom Antonio Elorza (GeoEuskadi 2017b).



**Fig. 45**  
Recreació de l'exterior d'Anoeta



**Fig. 42**  
Construcció de la ciutat esportiva d'Anoeta (1945/46)



**Fig. 43**  
Vista parcial del barri d'Amara Berri



**Fig. 44**  
El desaparegut alberg juvenil, i enfront la piscina de 25 m (cap a 1960)

5.7. Documentació del projecte

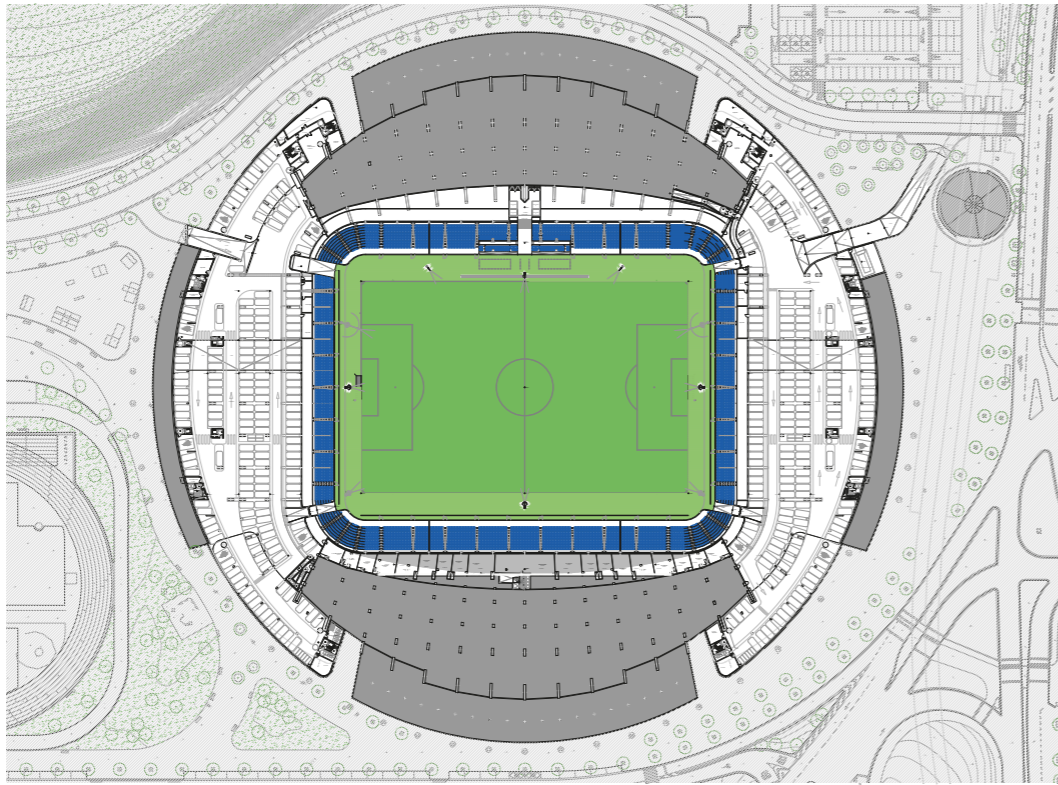


Fig. 46  
Planta +3.425

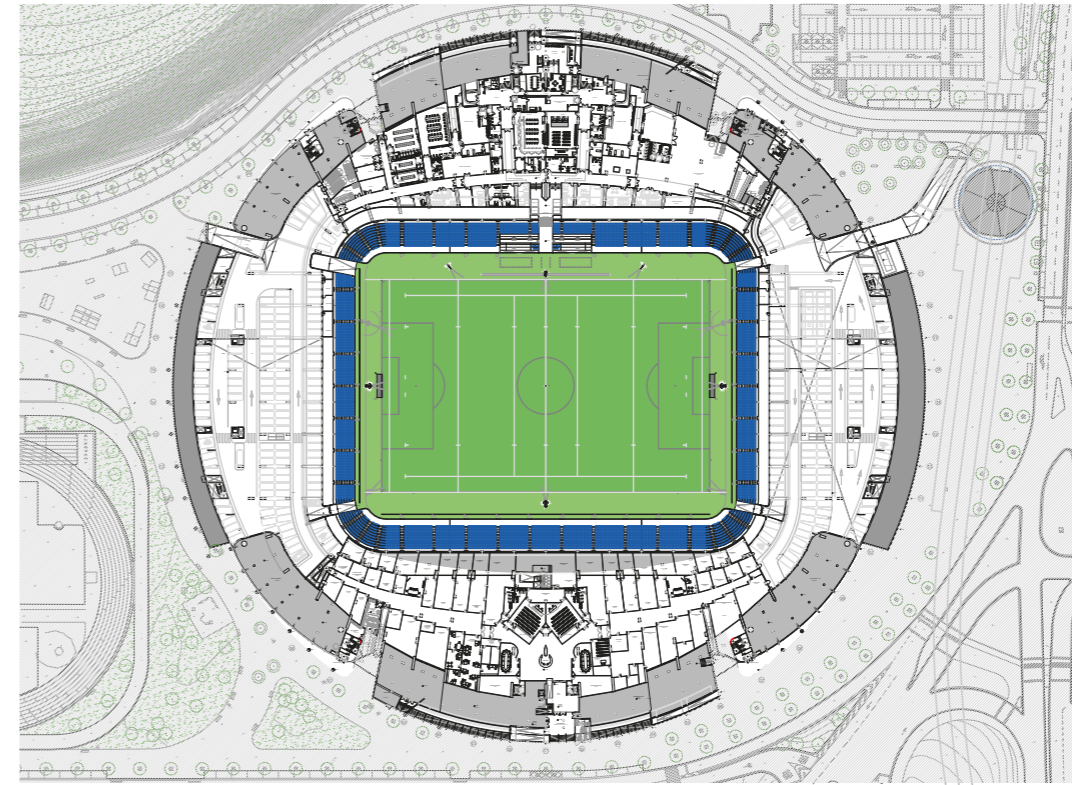


Fig. 47  
Planta +4.300

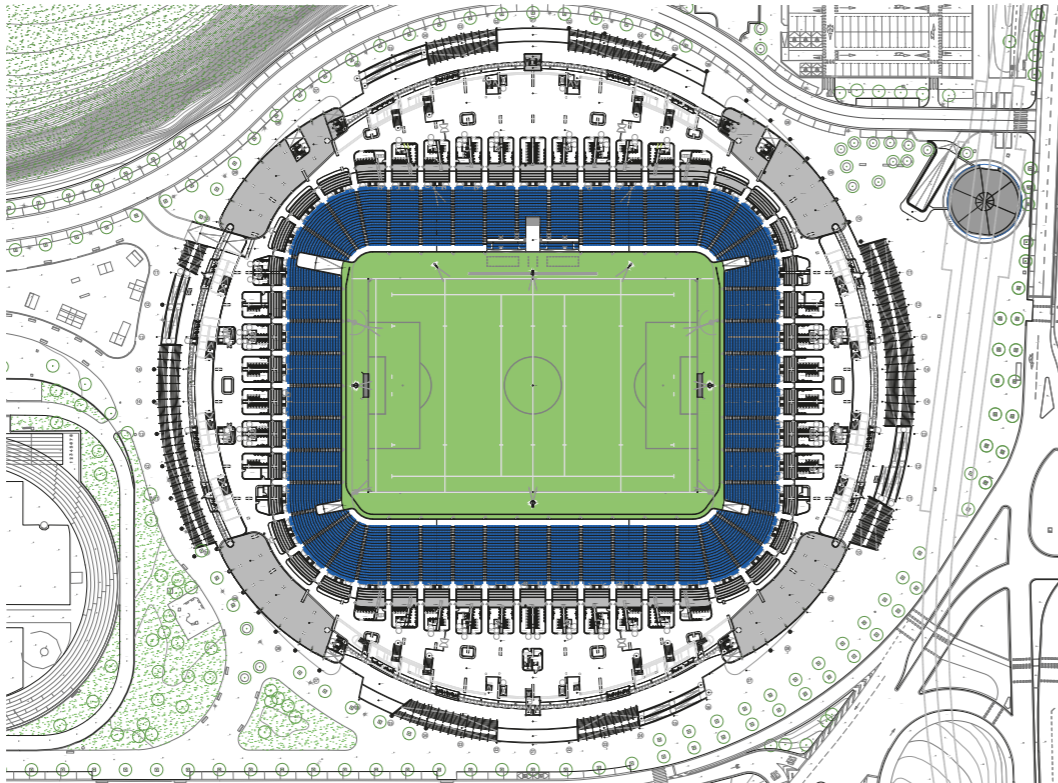


Fig. 48  
Planta +8.325

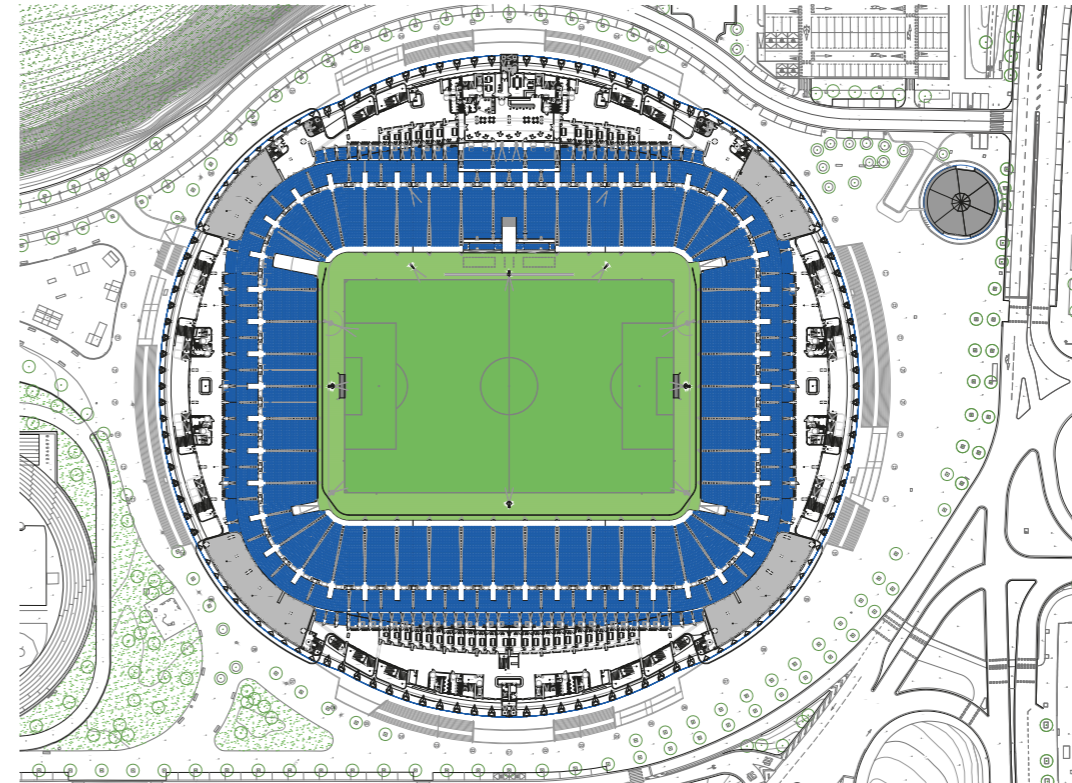


Fig. 49  
Planta +13.225

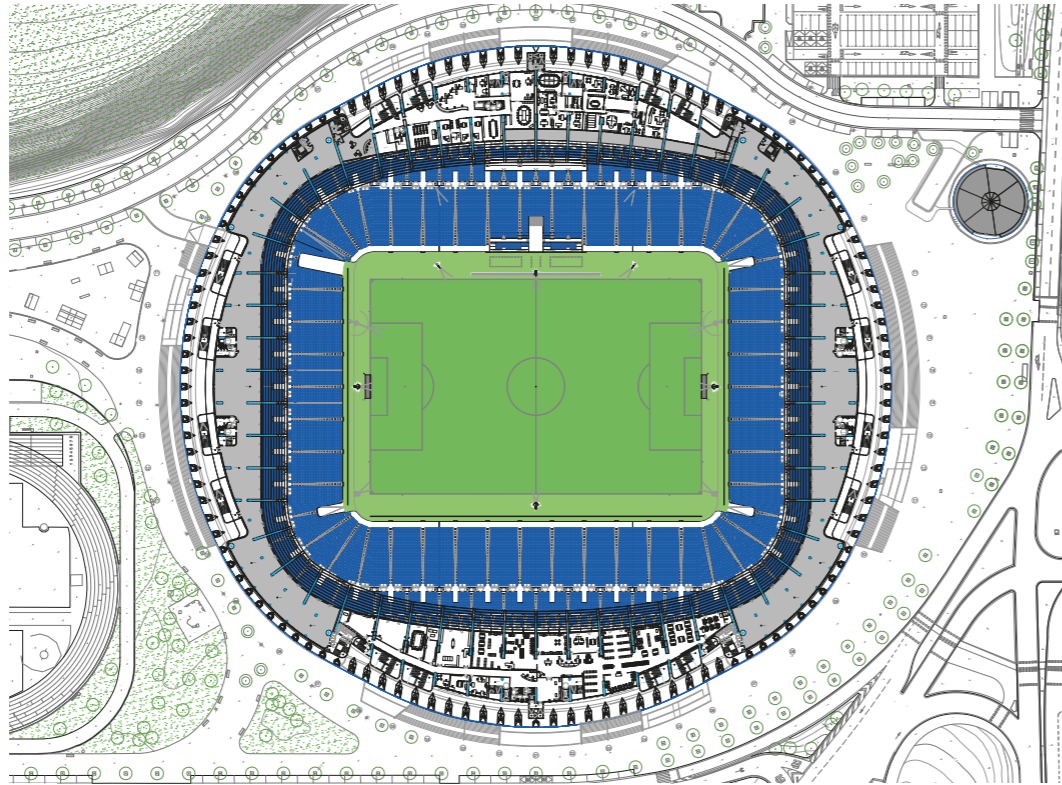


Fig. 50  
Planta +17.075

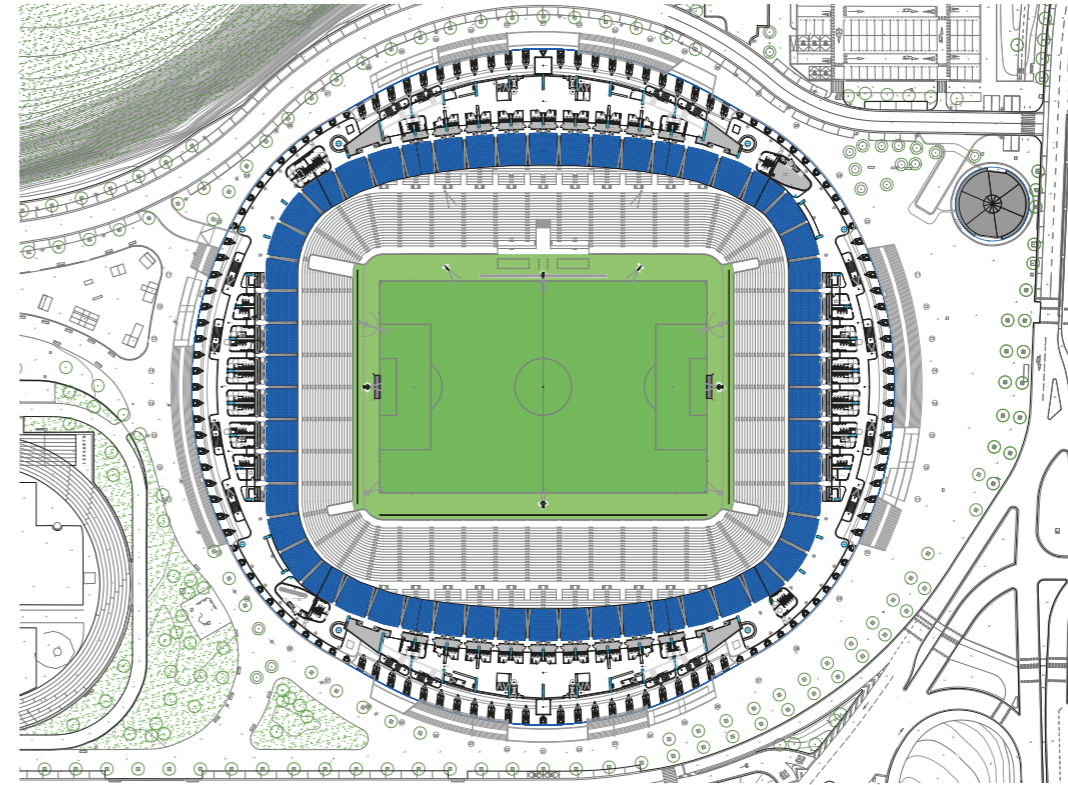


Fig. 51  
Planta +20.750

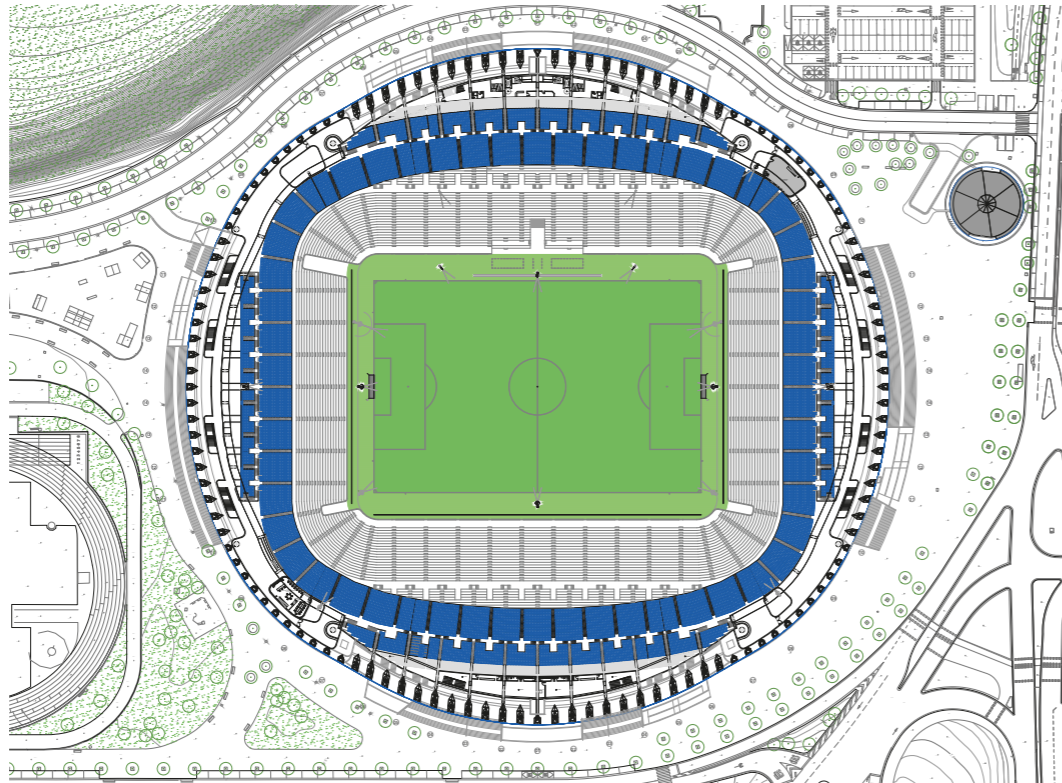


Fig. 52  
Planta +24.950

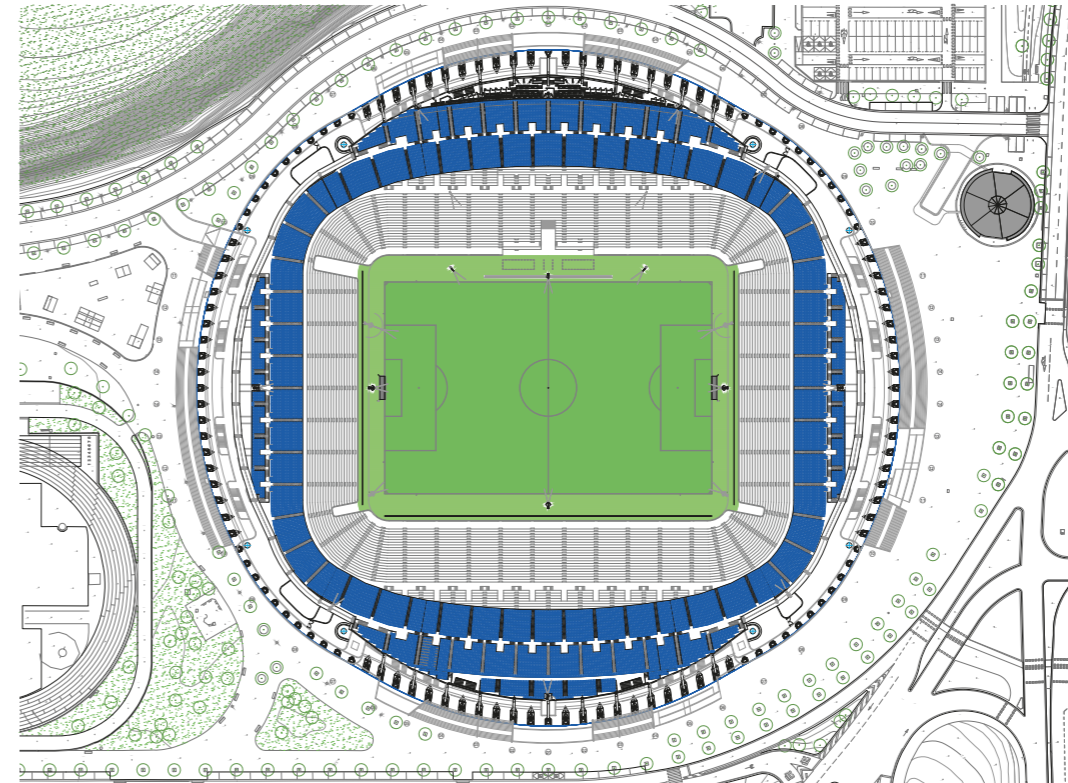


Fig. 53  
Planta +28.625

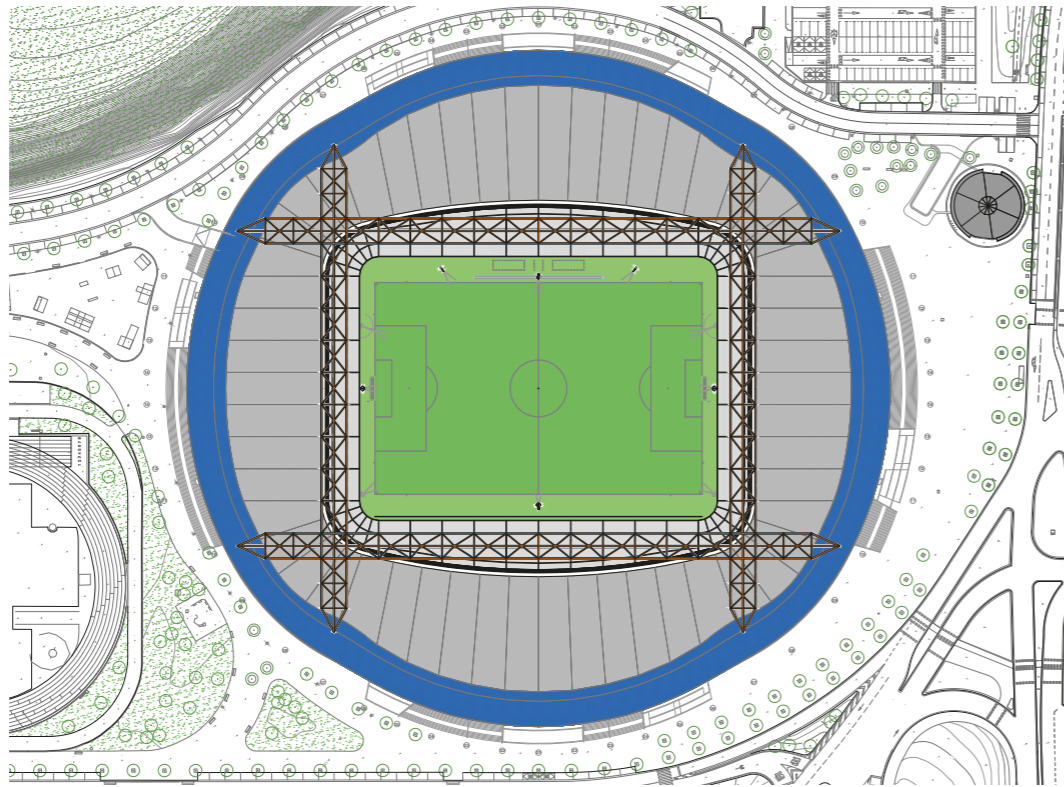


Fig. 54  
Planta coberta



Fig. 55  
Alçat

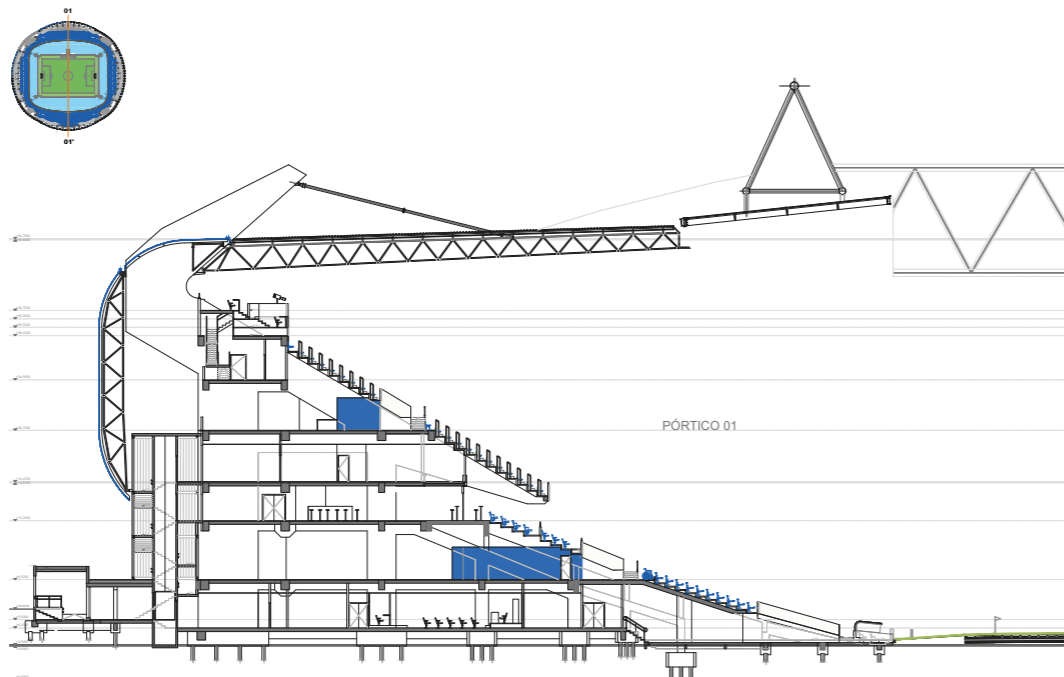


Fig. 56  
Secció pòrtic 01

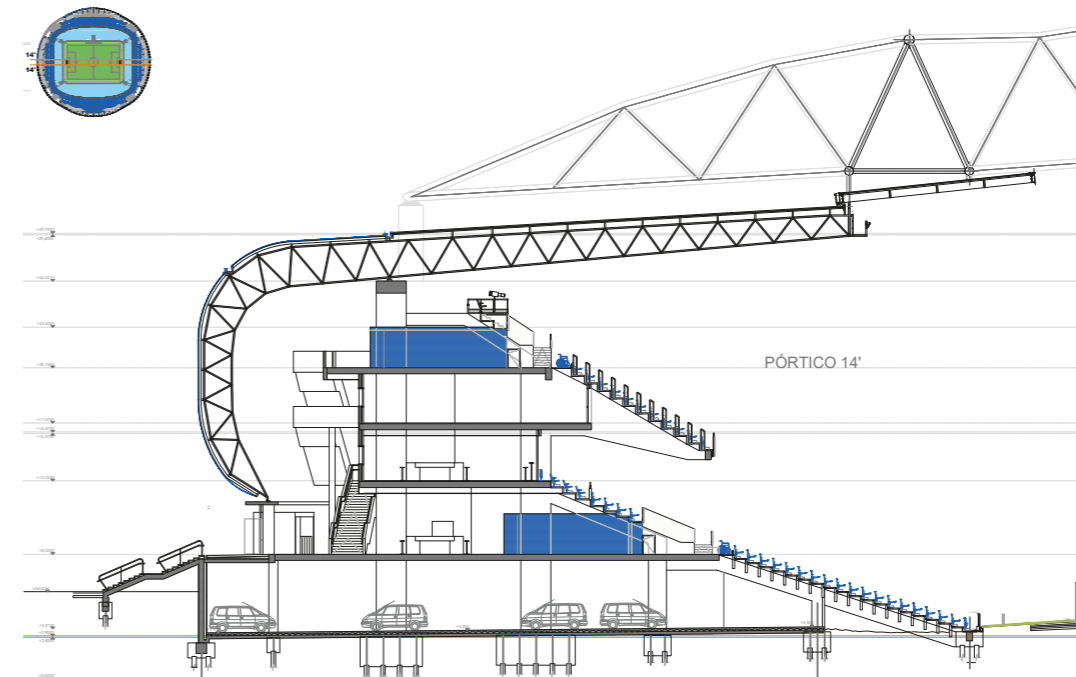


Fig. 57  
Secció pòrtic 14

## 5.8. Descripció del projecte



**Fig. 58**  
Recreació de l'estadi des d'una vista elevada



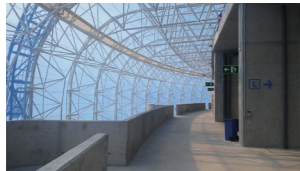
**Fig. 59**  
Interior del nou camp en fase de construcció

Anoeta ja no serà sols protagonista els dies de partit, la casa dels *txuri urdin* es converteix en una nova llar per a la població Sant Sebastià i de tota Guipúscoa. Noves instal·lacions i la millor tecnologia convertiran l'estadi en un important espai de relació per als ciutadans. És per això que és construeix un tercer anell amb una sèrie d'espais que combinen diferent mobiliari pensant amb diferents possibles usos i dirigits a totes les edats. Així el nou estadi queda desenvolupat en 8 plantes (Figures 58 i 59).

En la planta +3.425, just baix de les noves grades dels fons es trobarà el nou aparcament, oferint aproximadament 165 places, de les quals 6 són adaptades, baix la grada del fons sud, i en la zona nord, aproximadament unes 180, incloent-ne 6 adaptades, sent en aquest on aparcaran els autobusos dels equips disputants. En la zona est, baix el primer anell de seients es trobaran els diversos magatzems que serviran a les diferents dependències destinades a esports situades en el nivell superior.

Els primers accessos per als vianants es trobaran en la planta +4.300, aquests seran per a les zones VIP en les cantonades, per a la Federació Guipuscoana de Futbol en la cantonada sud-oest i, en l'altre extrem del mateix lateral, l'accés a les oficines del club. En el fons sud trobem ubicat el node de la Reial i de la Lliga. En el costat est es trobarà l'accés general a la *Kirol Etxea* (Casa Esportiva), formada per un gran nombre de dependències, nombrades en el paràgraf anterior, relacionades amb una extensa varietat d'esports; l'accés a la *Kultur Etxea* (Casa Cultural), situada en la planta +17.075; i l'accés a un local, sense ús definit com s'hi pot apreciar en el plànol. Trobarem en aquesta mateixa planta diverses sales de reunions, les sales de conferències, així com les dependències de la *Kirolgi Fundazioa* i de la *AFEDEGI "Asociación de Federaciones Deportivas de Guipuzkoa"*. En el fons nord quedaran ubicades les taquilles i la tenda de la Reial Societat en la part exterior, i en l'interior s'ubicaran els nodes. Mentre que el lateral oest albergarà totes les instal·lacions necessàries per als jugadors de la Reial i per a l'equip visitant, així com per als àrbitres, ens referim als vestuaris, dutxes, sales de massatge, sales de control antidòping, pista d'escalfament i sales d'atenció mèdica. Com també el Museu de la Reial Societat, un espai polivalent, la sala de la UEFA, direcció i diversos despatxos, la sala de premsa, l'àrea de treball dels medis fotogràfics, la del delegat de camp, i els vestuaris dels treballadors.

Les portes d'accés general a l'estadi es trobaran distribuïdes en les quatre façanes de l'estadi en la planta +8.325. Aquesta planta dona accés a la part mitja del primer anell de seients, i és des d'on arranquen les escales que porten a les plantes superiors (Figures 60, 61, 62, 63, 64 i 65).



**Fig. 60**  
Noves circulacions



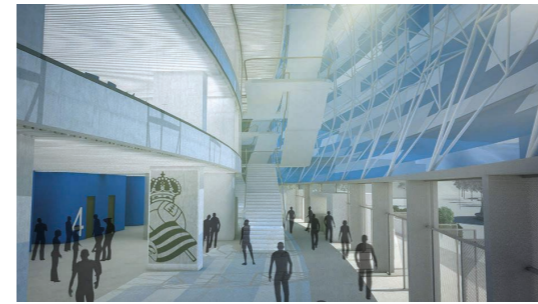
**Fig. 61**  
Recreació dels vomitoris de sortida a la graderia



**Fig. 62**  
Recreació del nou sòcol d'accés



**Fig. 63**  
Nou sòcol en fase de construcció



**Fig. 64**  
Recreació del hall d'accés al camp



**Fig. 65**  
Hall d'accés al camp en fase de construcció

En la planta +13.225 una llotja comuna en ambdós fons amb vistes al camp (Figures 66 i 67). Llotges privades en la grada est i oest (Figura 68). La zona oest comptarà a més amb un bar amb vistes al camp. I en la banda més externa diversos despatxos.



**Fig. 66**  
Recreació del bar de la llotja comuna



**Fig. 67**  
Vista del camp des de la llotja comuna



**Fig. 68**  
Recreació de la llotja privada

En la zona oest de la planta +17.075 estaran situats els despatxos, les sales de reunió i les de conferències de la Federació Guipuscoana de Futbol. Al segon anell de graderia es té accés des de la planta +20.750 des de la part mitja. La planta +24.950 sense espai rellevant, més que nuclis de comunicació i servicis. L'última planta, la +28.625, és la d'accés a la part més alta de la graderia del segon anell dels laterals. En la zona oest es troben les sales per als medis de televisió (Figura 71).

Per acabar amb la descripció de l'estadi, cal parlar de la nova envoltant, que li donarà una imatge renovada a l'estadi. Quatre gelosies sostindran la nova coberta i la façana translúcida d'ETFE, del color blau característic de l'equip i la ciutat, permetrà la relació de la ciutat amb l'interior de l'estadi (Figures 69 i 70).



**Fig. 71**  
Recreació del plató de televisió en segona planta de cantonada



**Fig. 69**  
Vista exterior del nou Anoeta



**Fig. 70**  
Exterior de l'Anoeta en fase de construcció

## 5.9. Referències amb altres estadis

L'equip de Larzabal ha dedicat anys a l'estudi d'edificacions esportives i dels grans estadis de futbol. L'arquitecta reconeix que el major referent per a la remodelació d'Anoeta és probablement l'Allianz Arena. A l'igual que el camp del Bayern, Anoeta tindrà una pell exterior il·luminada amb el color de l'equip i la ciutat. La pell translúcida de l'estadi permetrà la connexió de la ciutat amb l'interior i, de l'interior amb l'exterior (Pedraza 2018).

Amb l'objectiu de fer del nou Anoeta un model d'èxit unint futbol i ciutat i potenciant la integració social, s'hi farà possible mitjançant la creació d'espais habitats per a diferents interessos, que conviden a tota persona a dur a terme activitats diferents a les esportives. Un dels models d'aquest plantejament és el Allianz Riviera (Pedraza 2018).

### 5.9.1. Allianz Arena

L'estadi de futbol Allianz Arena és un dels més moderns i espectaculars d'Europa, inaugurat en 2005 amb un cost de 340 milions d'euros. Contant amb una capacitat per a 70.000 espectadors aproximadament, és el tercer estadi més gran del país, darrere el Signal Iduna Park de Dortmund i l'Estadi Olímpic de Berlín. Seu de l'equip local Bayern de Munic, del disseny de l'obra s'encarregaren els arquitectes Herzog & de Meuron (Orts 2012).

El disseny contemporani de l'estadi destaca per la pell exterior que envolta la infraestructura, composta per 2.874 panells romboïdals d'ETFE (Figura 72). Aquests encara que normalment els veurem de color blanc, s'il·luminen de color roig o blau, segons l'equip local que hi disputi l'encontre, tant com si hi juga la selecció alemanya, el Bayern, en aquest cas el color serà el roig (Figura 73), mentre que quan hi disputa el TSV 1860, és il·luminat amb el color blau (Orts 2012). És la major façana d'ETFE del món, cobreix una superfície de 66.500 m<sup>2</sup> (Bayern de Munic 2019).

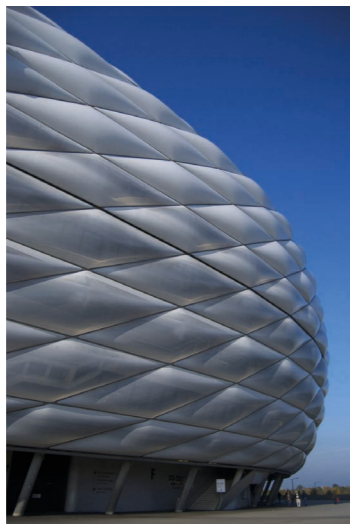


Fig. 72  
Envolupant de l'Allianz Arena



Fig. 73  
Façana il·luminada

### 5.9.2. Allianz Riviera

L'Allianz Riviera fou inaugurat el 2013 en la ciutat de Niça. La seua arquitectura dissenyada per l'estudi d'arquitectura Wilmotte & Associès, té un enfocament estètic i funcional, un desig per encaixar en la vall ecològica i l'ambició de complir els principis fonamentals del desenvolupament sostenible (Allianz Riviera 2015a).

La seua complexa estructura de fusta i acer es visualitza des de l'exterior a través de l'envoltant transparent d'ETFE. La seua silueta translúcida plena de llum natural tot el seu espai interior (Figura 74) (IASO 2016).

Aquest estadi és un lloc multifuncional, enfocat per una banda a l'esport, acollint esdeveniments esportius com els partits del seu club de futbol resident, el OGC Nice, tornejos de rugbi, i servint com escenari per a esports de motor i tenis sobre gespa. Per altra banda, és un espai per a espectacles, capaç d'acollir fins 45.000 espectadors per a concerts, òperes i espectacles a gran escala. Al mateix temps que conta amb àrees de recepció i salons, que sumen 10.000 m<sup>2</sup>, on les companyies regionals, nacionals i internacionals celebren els seus esdeveniments, des de reunions privades fins recepcions (Allianz Riviera 2015b).



Fig. 74  
Allianz Riviera durant un partit



## 6. Estudi estructural

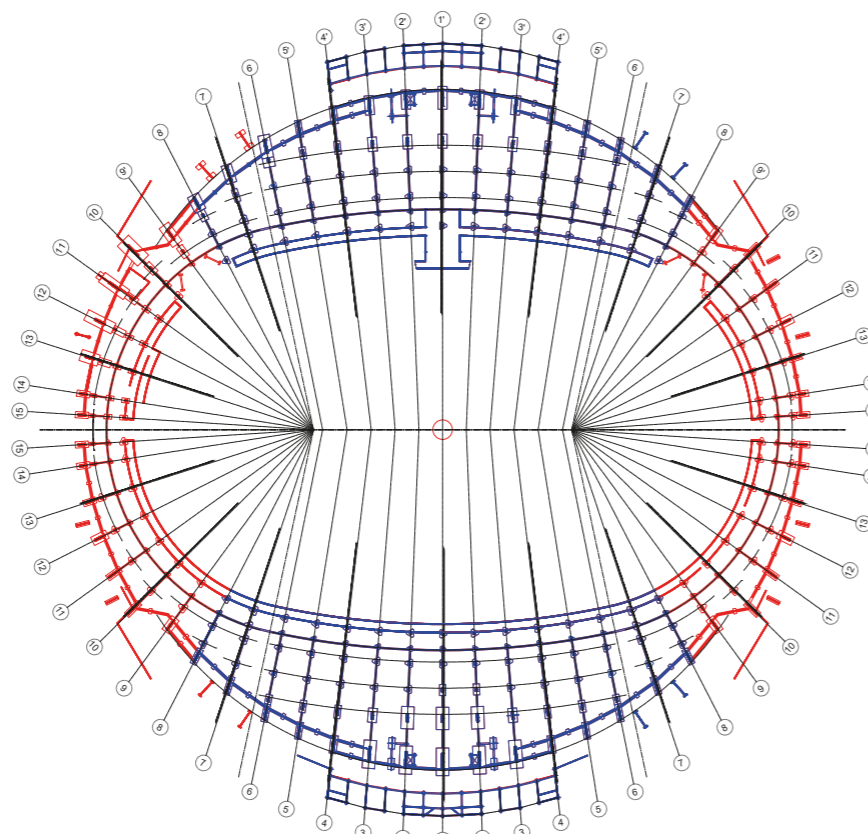
Amb la remodelació, l'Estadi d'Anoeta sofreix canvis en la seua estructura original, mentre que en les tribunes sols s'hi fa una ampliació dels pòrtics per acostar la graderia al camp, els fons són demolits i reconstruïts.

Anoeta està construït amb un sistema estructural de pòrtics, els fonaments dels quals es realitza sobre pilotis, tant en l'estructura inicial com en la de la reforma, i per a la contenció del terreny es realitza un mur de contenció. Una estructura espacial cobreix les graderies i quatre gelosies s'encarreguen de suportar la nova coberta.

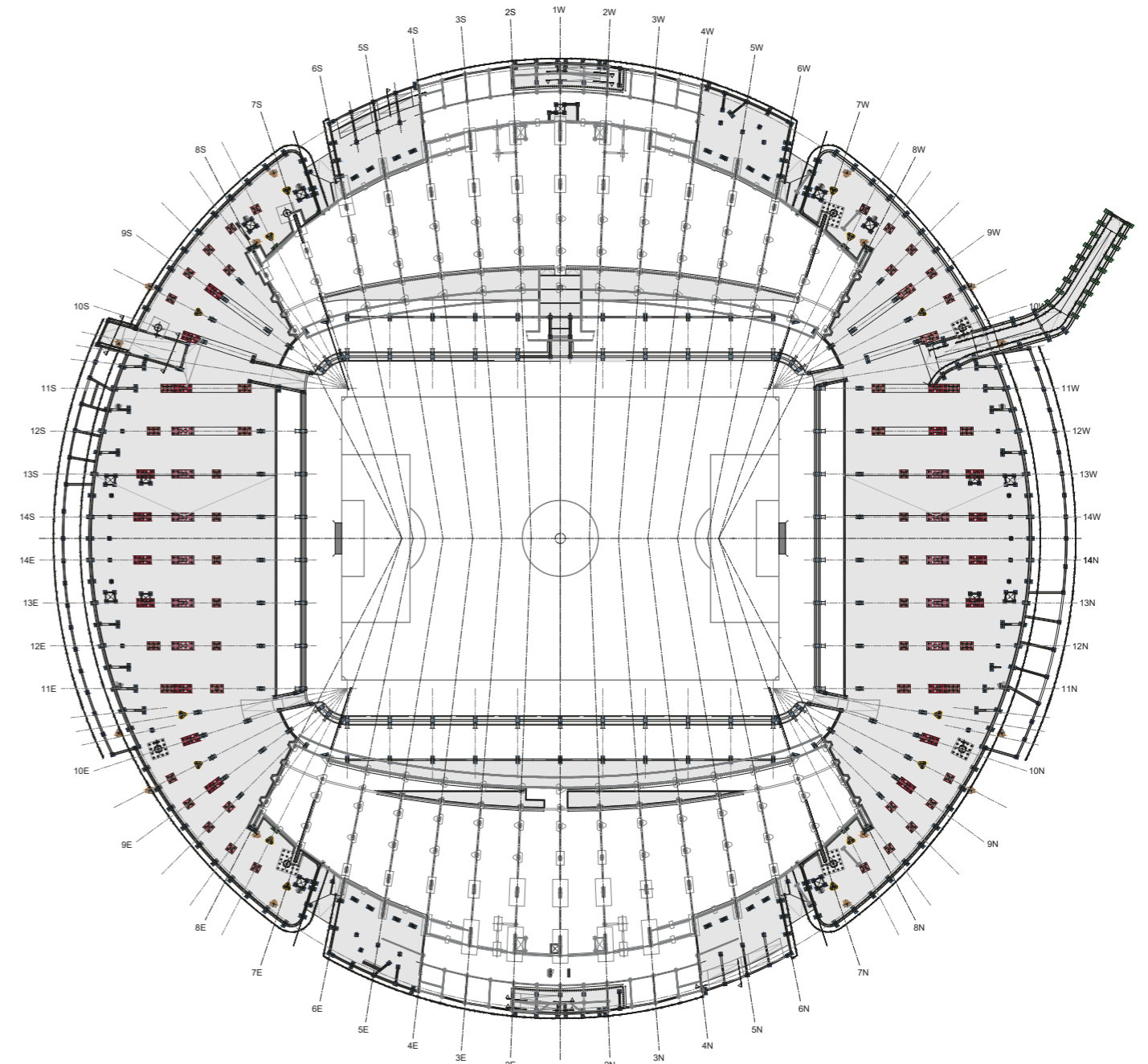
### 6.1. Estudi dels fonaments

Com s'ha explicat en punts anteriors, la remodelació d'Anoeta comprèn la demolició i posterior construcció d'uns nous fons sud i nord, pel que tots els elements dels fonaments d'aquestes zones de l'estadi originari s'eliminen (Figura 75).

Els fonaments dels fons es realitzen en dues fases diferents, començaven amb els treballs de demolició del fons sud en setembre de 2017 (fase 2), i aproximadament un any després repetien el mateix procés en el fons nord (fase 4). Entre ambdues fases anteriors té lloc la fase en la que s'hi fan els fonaments per a l'ampliació de la tribuna lateral (fase 3). En totes aquestes zones els fonaments dels pòrtics estan constituïts per pilotis. En la Figura 76, corresponent al plànol de fonaments, es poden observar els encepats que recullen els caps dels pilotis. Els fonaments es realitzen d'aquest mode perquè ja quan s'hi construí l'estadi en 1993 s'hi va recórrer a la construcció sobre pilotis degut a que s'hi alçava sobre una maresma dessecada.



**Fig. 75**  
Planta dels fonaments existents. En roig el elements que s'eliminen per poder executar les obres projectades



**Fig. 76**  
Planta general dels fonaments

TIPUS	DIMENSIONS
ENCEPAT 1	0,85 x 0,85
ENCEPAT 2	1,80 x 0,85
ENCEPAT 2b	1,80 x 0,85
ENCEPAT 3	1,80
ENCEPAT 3b	1,80
ENCEPAT 4	1,95 x 1,95
ENCEPAT 5	3,05 x 1,95
ENCEPAT 6	4,15 x 1,95
ENCEPAT 7	5,25 x 1,95

**Fig. 77**  
Quadre resum dels fonaments

Després de l'estudi dels elements de fonamentació observem que existeixen diversos tipus d'encepats depenent de les zones en que es situen, però amb una simetria d'aquests entre fons oposats (Figures 77 i 78).

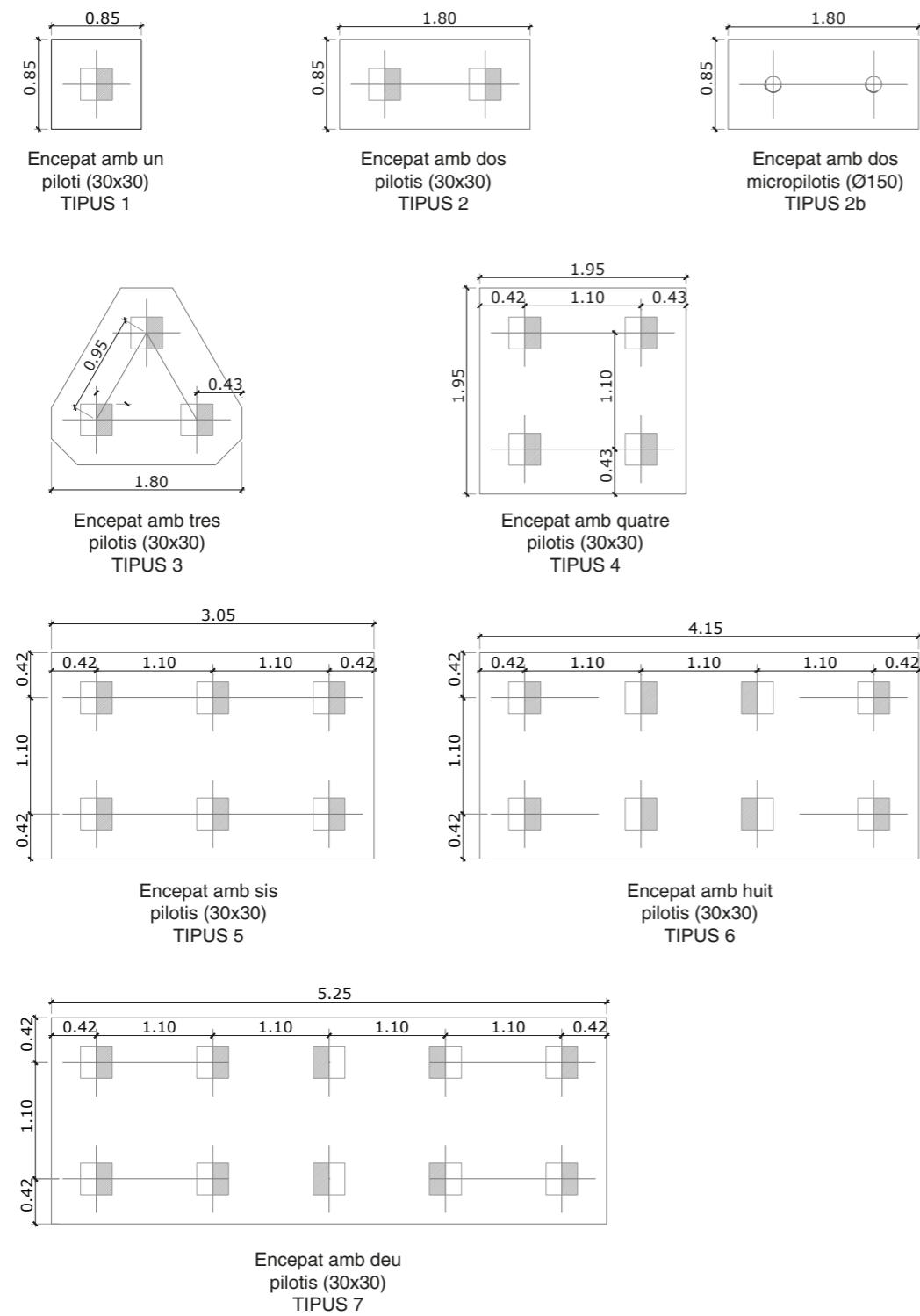
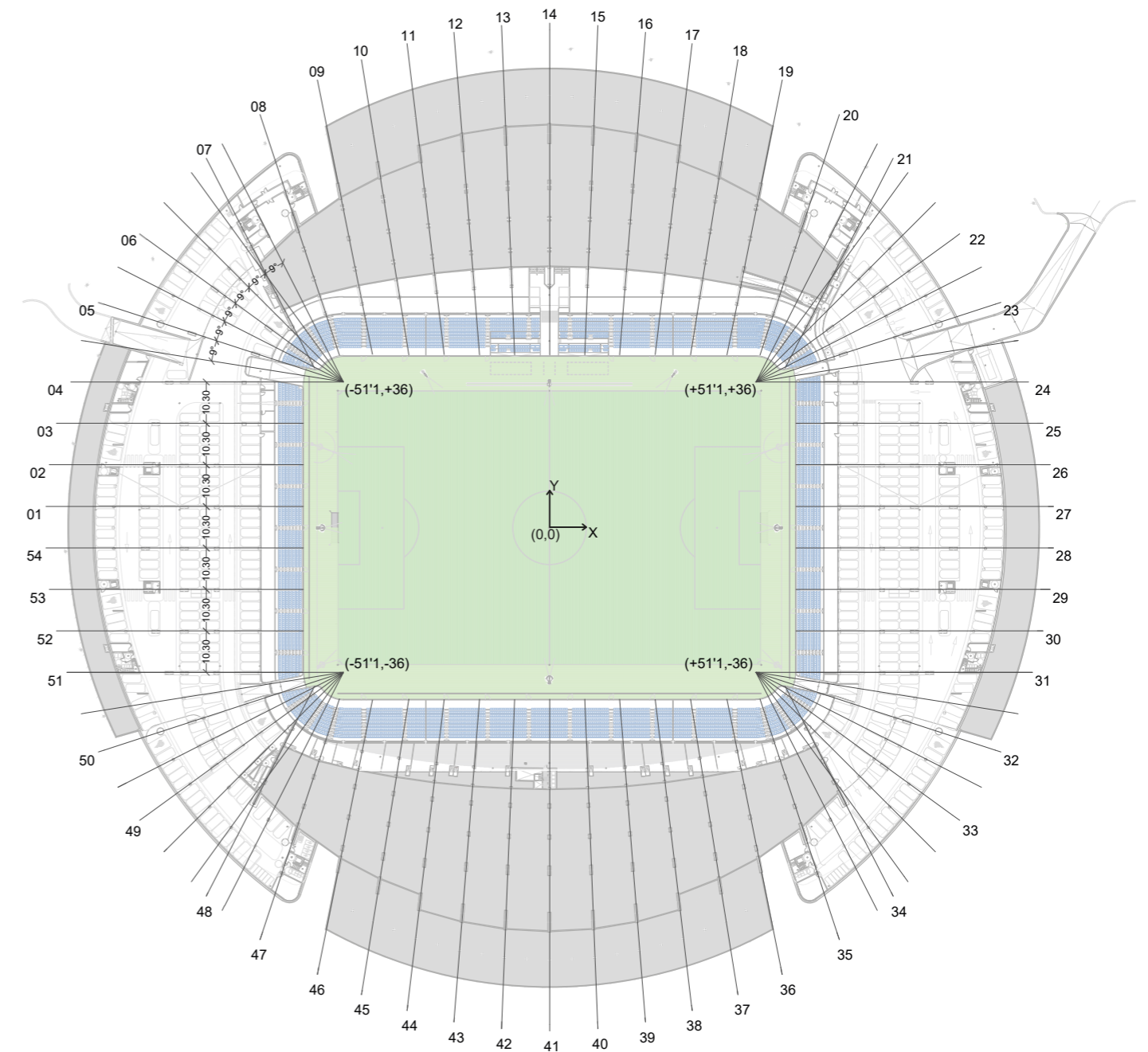


Fig. 78  
Detalls dels encepats

## 6.2. Estudi dels pòrtics

L'estudi dels pòrtics el centrarem en els dels fons i de les cantonades, ja que són els construïts en la remodelació. L'estructura de l'estadi es compon de 54 pòrtics, encarregats de suportar l'estructura de coberta, forjats, graderies, façanes i tancaaments, sent 24 d'aquests els de nova construcció. Aquests pòrtics tenen diferents àmbits de càrrega depenent de la zona de l'estadi en la que es troben, d'aquesta manera la separació dels pòrtics dels fons és de 10,30 metres, en canvi en els pòrtics de les quatre cantonades la distància entre pòrtics és variable. En quan a les llums entre pilars dels pòrtics aquestes oscil·len entre els 3,13 metres de la menor i els 9,62 metres de la màxima. Per al replanteig dels pòrtics d'estudi es pren com a punt zero de l'eix de coordenades el punt mig del centre del terreny de joc, i des d'aquest punt es replanteixen el 4 punts de les cantonades des dels que s'inicia el replanteig de tots els pòrtics de les cantonades amb una separació entre ells de 9°, per la seua part els pòrtics dels fons són paral·lels als eixos XY respectivament (Figura 79).

Fig. 79  
Planta de replanteig de pòrtics

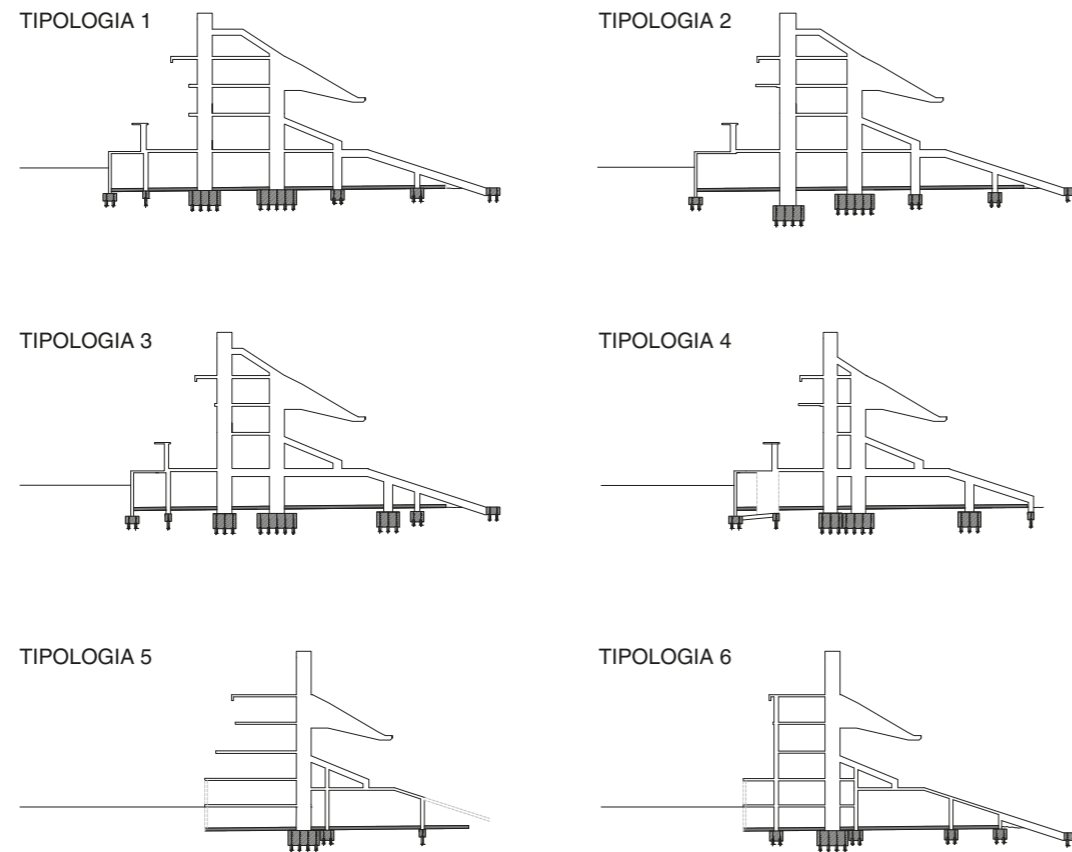


### 6.2.1. Tipologia dels pòrtics

Els pòrtics de les zones de nova construcció, realitzats amb formigó armat, presenten 7 tipologies diferents ja que depenen de la seua situació adopten diferents variants. En la Figura 80 es detallen els pòrtics que pertanyen a cada tipologia i en la Figura 81, les formes d'aquestes tipologies.

TIPOLOGIA	PÒRTICS
1	01, 27, 28, 54
2	02, 26, 29, 53
3	03, 25, 30, 52
4	04, 24, 31, 51
5	05, 23, 32, 50
6	06, 22, 33, 49

**Fig. 80**  
Taula de tipologia de pòrtics



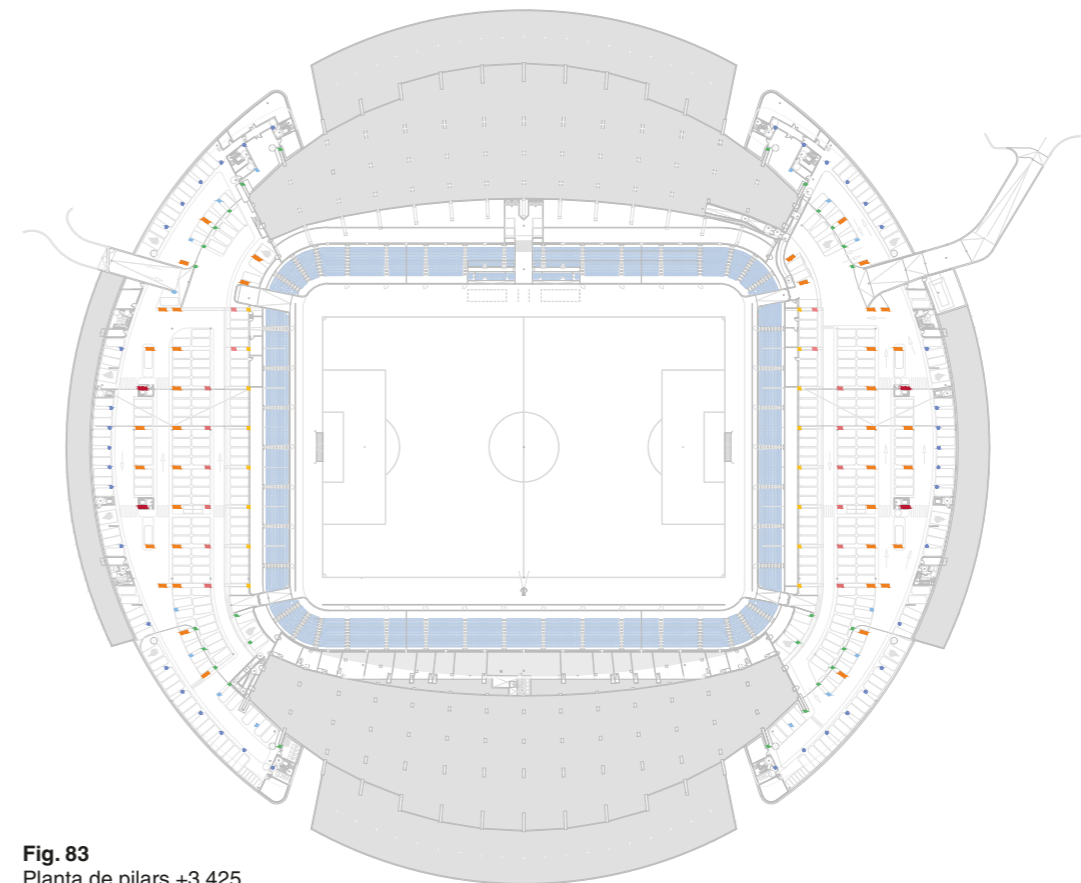
Parts del pòrtic que no s'hi han pogut reconèixer amb exactitud en plànols i imatges  
**Fig. 81**  
Tipologies de pòrtics

### 6.2.2. Estudi de pilars dels pòrtics

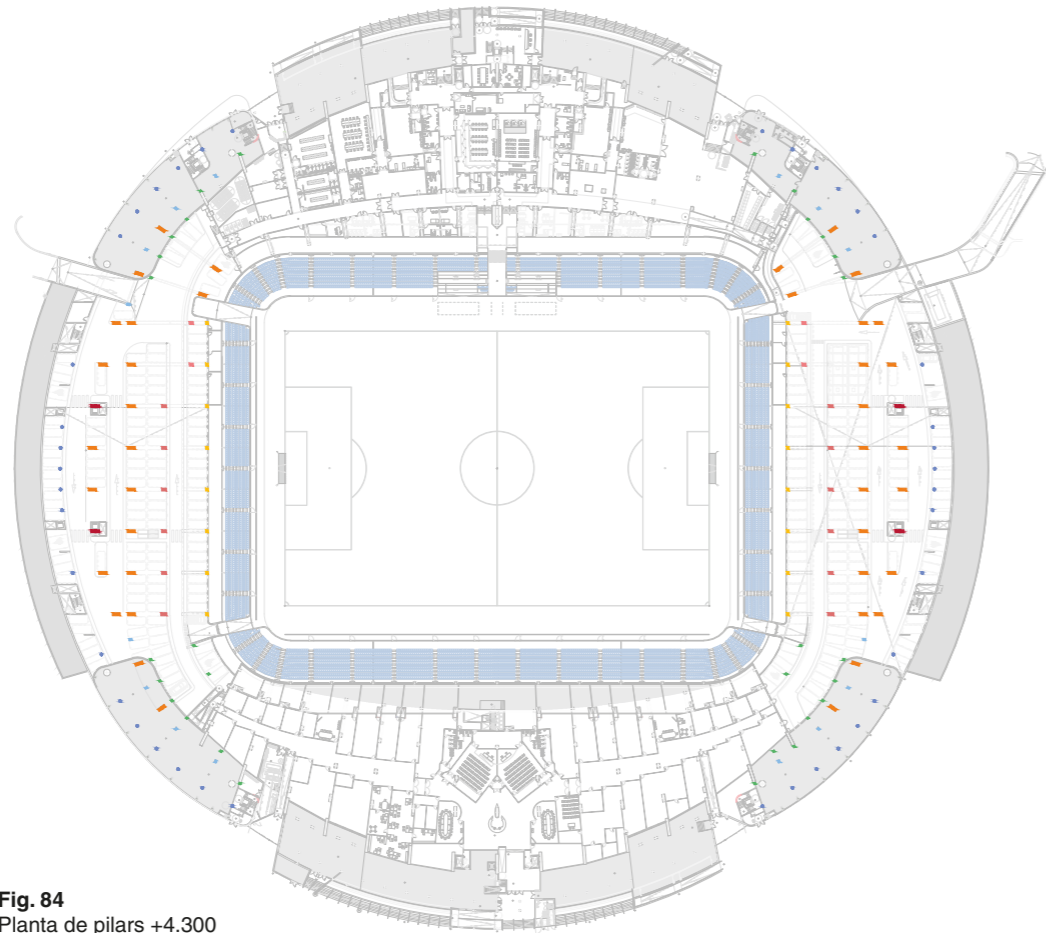
En aquests tipus de construccions les mesures dels pilars varien a causa de les càrregues que els arriben en cadascuna de les zones, així en aquest cas trobem 10 tipus diferents, els quals es recullen en la taula de la Figura 82 (Figures 83, 84, 85, 86, 87, 88 i 89).

PLANTA	MESURES DE PILARS EN CADA PLANTA (m)
+3.425	P1: Ø60 (cm); P4: 0,5x0,5; P5: 0,5x0,7; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+4.300	P1: Ø60 (cm); P4: 0,5x0,5; P5: 0,5x0,7; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+8.325	P1: Ø60 (cm); P2: 0,25x0,75; P3: 0,3x0,6; P4: 0,5x0,5; P5: 0,5x0,7; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+13.225	P1: Ø60 (cm); P3: 0,3x0,6; P4: 0,5x0,5; P5: 0,5x0,7; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+16.375	P1: Ø60 (cm); P3: 0,3x0,6; P4: 0,5x0,5; P5: 0,5x0,7; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+20.750	P4: 0,5x0,5; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2
+24.950	P4: 0,5x0,5; P6: 0,7x0,7; P7: 0,7x1,0; P8: 0,7x1,2; P9: 0,7x2,0; P10: 0,7x2,2

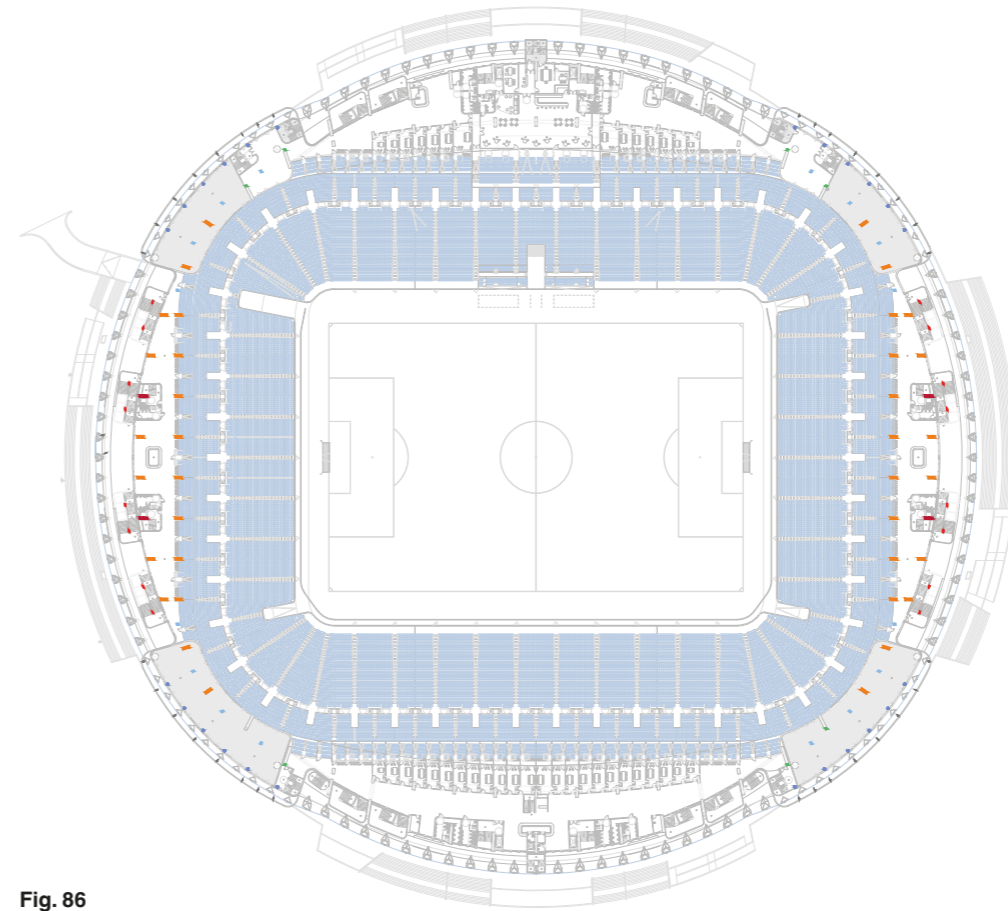
**Fig. 82**  
Taula resum dels pilars existents per planta



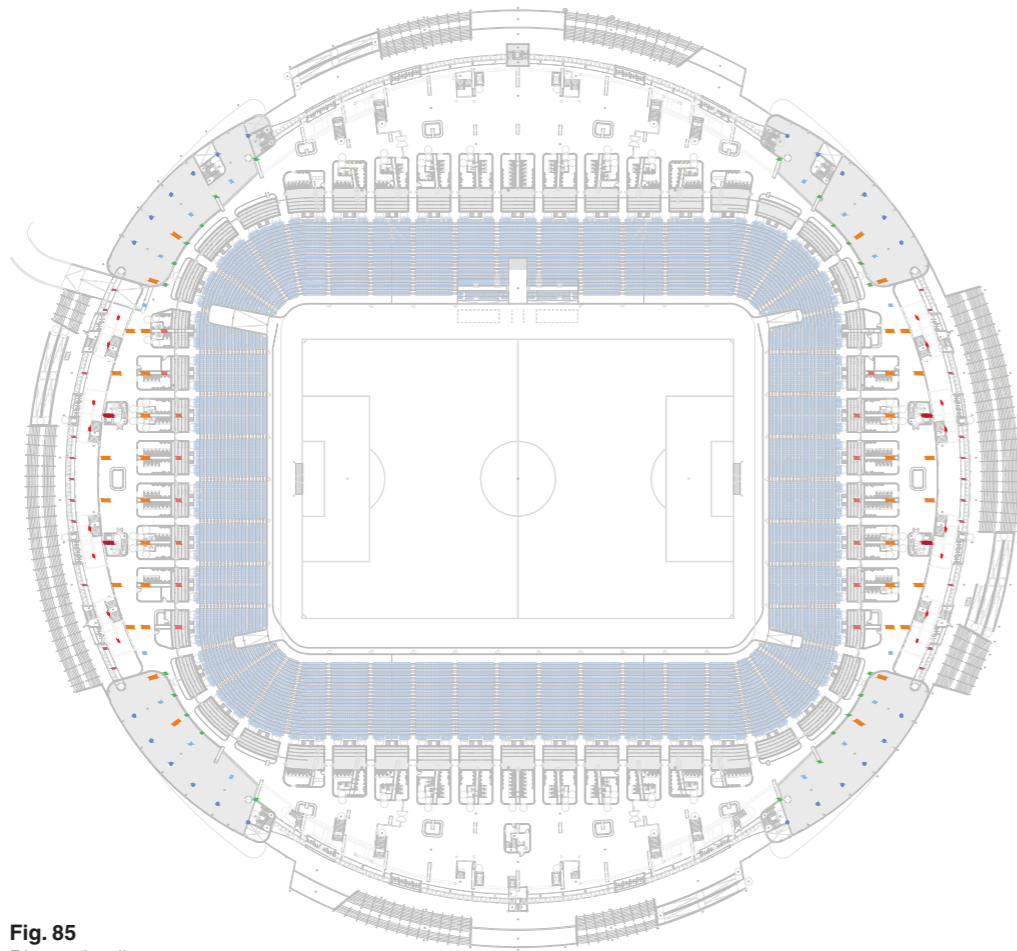
**Fig. 83**  
Planta de pilars +3.425



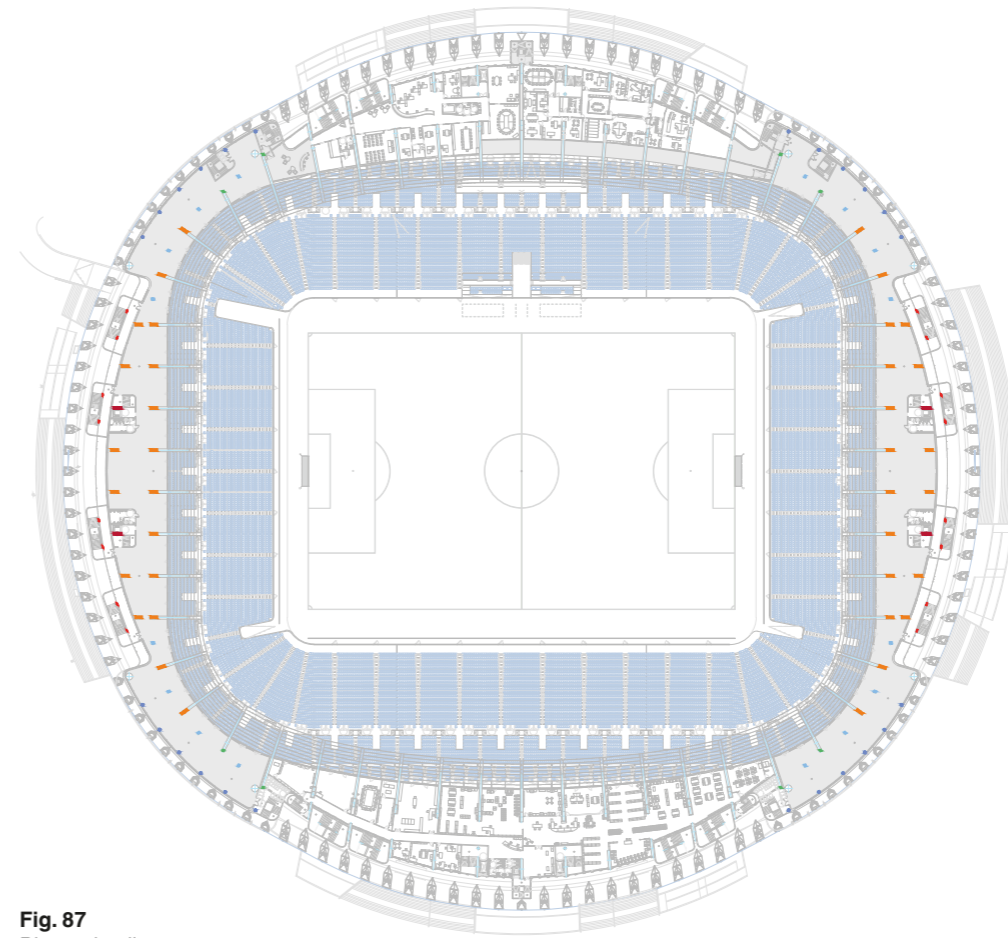
**Fig. 84**  
Planta de pilars +4.300



**Fig. 86**  
Planta de pilars +13.225



**Fig. 85**  
Planta de pilars +8.325



**Fig. 87**  
Planta de pilars +16.375

### 6.2.3. Anàlisi del pòrtic tipus

Una vegada fet l'estudi general dels nous pòrtics que componen l'estadi, es realitza un anàlisi detallat d'un dels quals, en el que es detallen les mesures dels pilars i de la llosa. A més sobre aquest recau l'estructura espacial que suporta la coberta i envoltant, en la qual es mostren els diferents elements que la componen (estudi complet de la coberta en el punt 6.4.).

El pòrtic analitzat correspon a la tipologia 1, la qual engloba els pòrtics 01 i 54 del fons sud i el 27 i 28 del fons nord. En aquestes zones sols existeix la planta d'aparcament i 4 plantes per damunt (Figura 90).

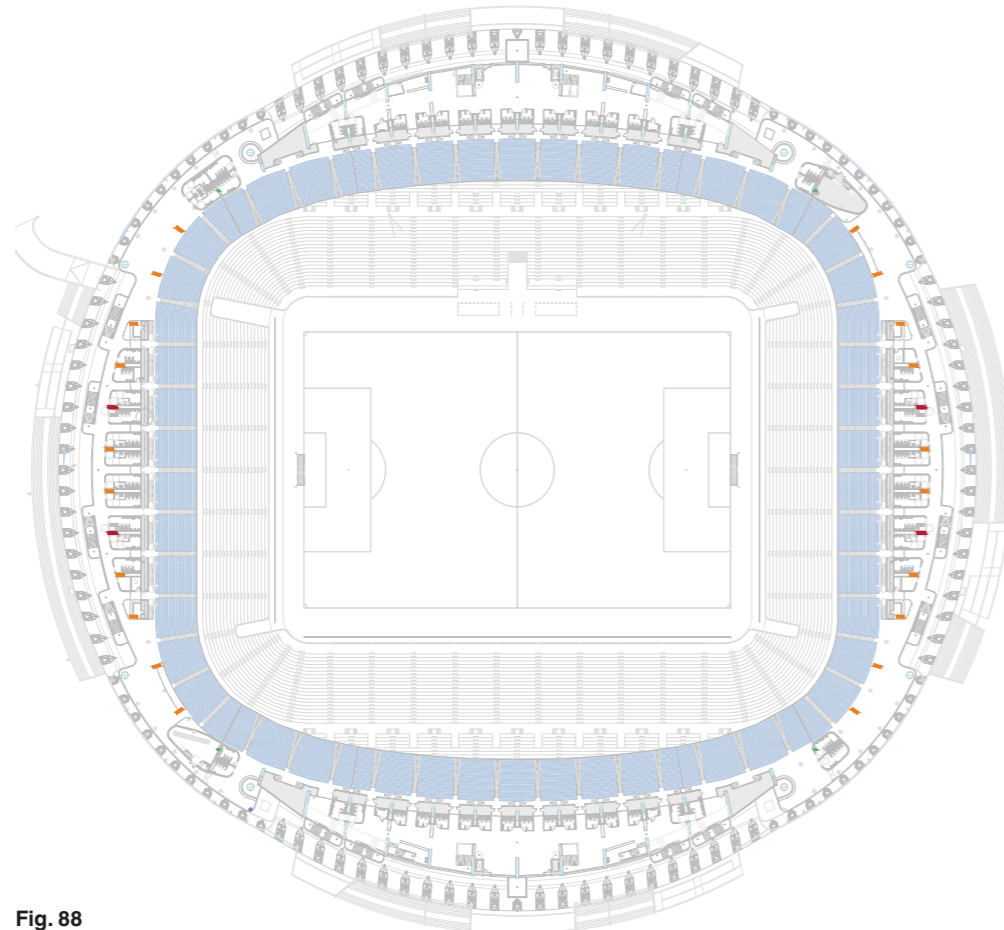


Fig. 88  
Planta de pilars +20.750

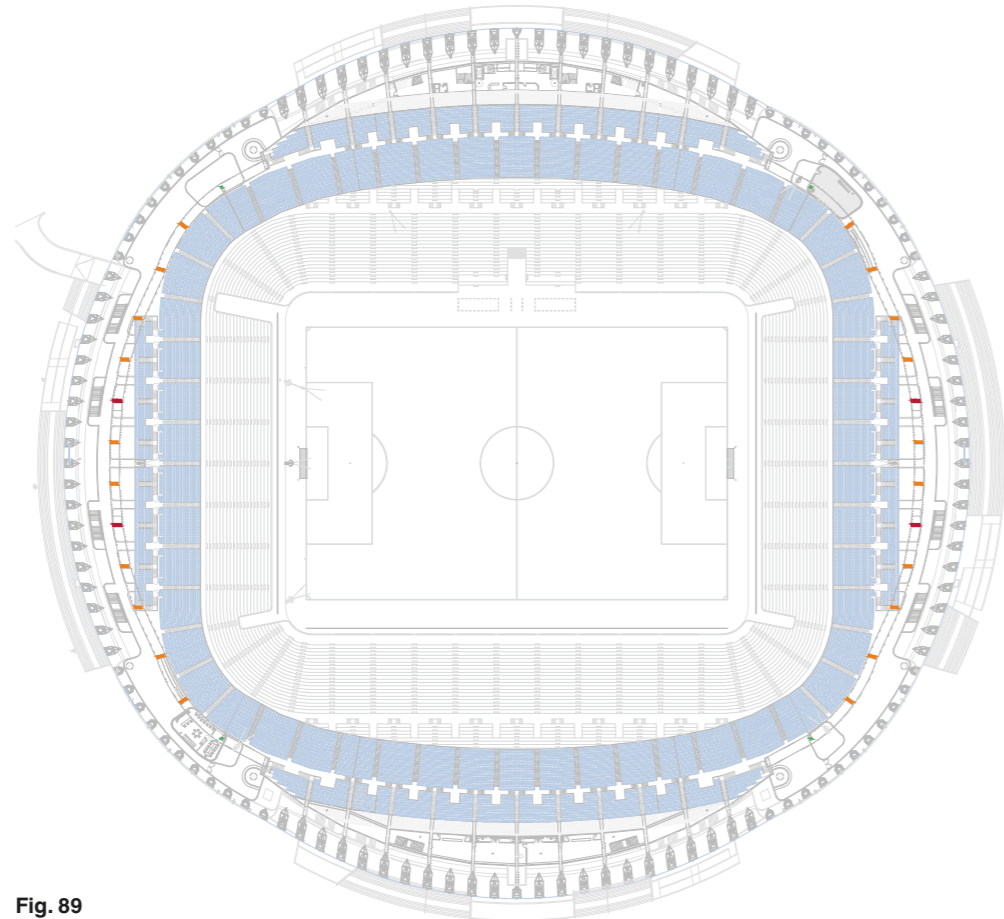


Fig. 89  
Planta de pilars +24.950

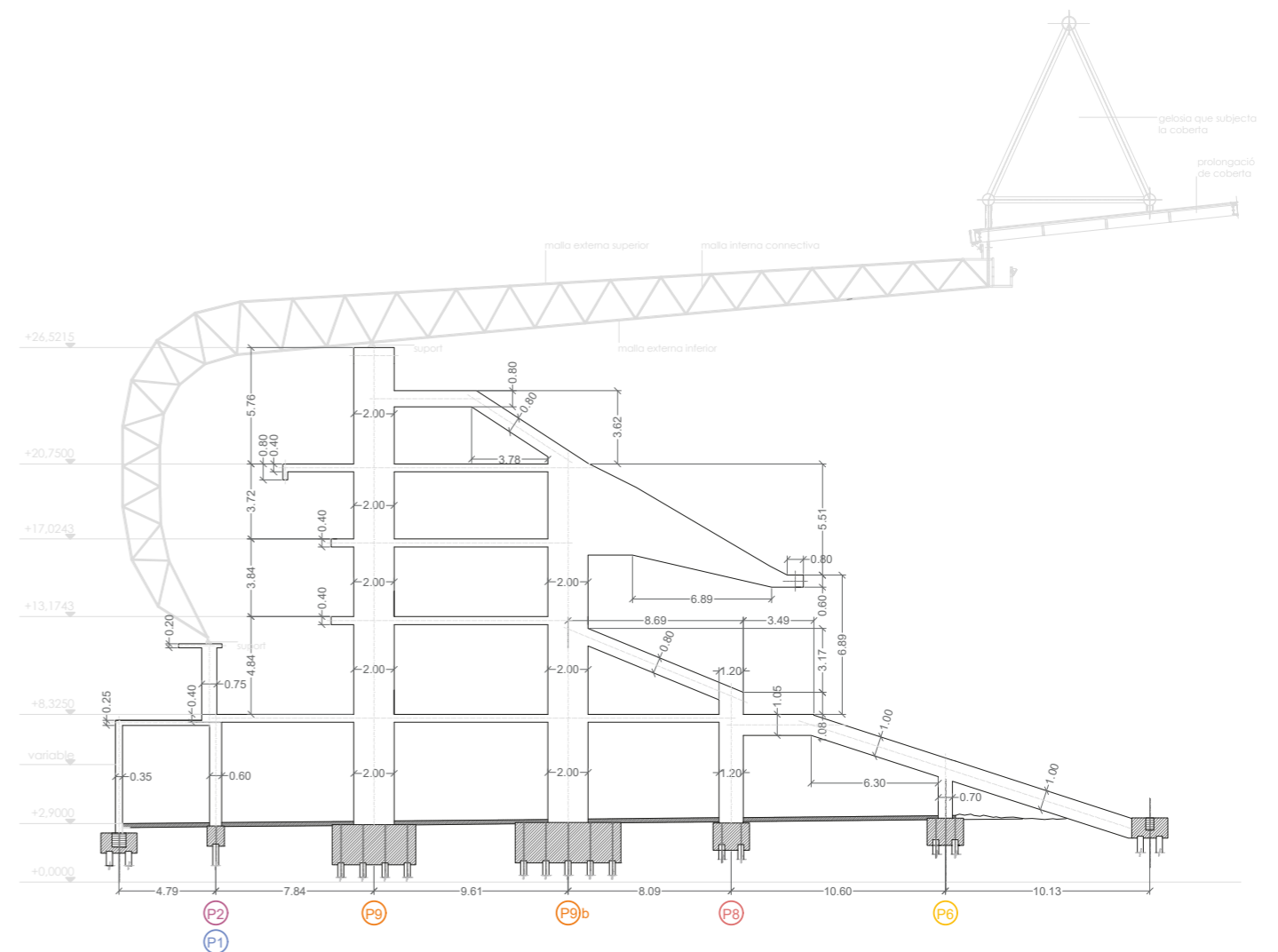


Fig. 90  
Pòrtic tipus (tipologia 1)

### 6.3. Estudi del forjat

Pràcticament la totalitat dels forjats estan executats amb el sistema constructiu de lloses de formigó, de 40 cm de gruix en els forjats dels fons i de 30 cm en les cantonades, menys en la cota +8,325 on el gruix de la llosa en les cantonades és de 35 cm, i a excepció del forjat +23.375 que és un forjat col·laborant de gruix 7+7 cm.

Les lloses de formigó són un tipus de forjat in situ que tenen com avantatge la seua gran simplicitat, però sense oblidar l'elevat pes propi (Miquel 2008). La fermesa i consistència que proporcionen permeten una tolerància major al pes que suporten, per tant, són utilitzades en edificis on les càrregues a suportar són elevades (Arkiplus 2019).

Per altra banda, el forjat col·laborant és un tipus de forjat prefabricat metàl·lic, compost per una xapa col·laborant, armadura de positius i negatius, malla electrosoldada i una capa de compressió de formigó. Aquest tipus de forjat es sol recolzar sobre corretges metàl·liques o de formigó o sobre murs de càrrega. L'ample de la xapa normalment és d'uns 82 cm i la longitud pot variar per adequar-se a les necessitats, però es limita a 12-14 m pel transport i la manipulació en obra. La capa de compressió sol ser d'uns 3-5 cm. Aquesta solució s'utilitza per a construcció modulada en hospitals, escoles, edificis d'oficines, construcció residencial, per a obra civil i en edificis singulars i de gran altura. Els principals avantatges que presenta són la rapidesa de muntatge, la capacitat per permetre grans llums i càrregues i la no necessitat d'apuntalament sempre que es respecten unes distàncies entre punts de recolzaments indicades pel fabricant. Però pel contrari, presenta un mal comportament front al foc (Figura 91) (Miquel 2008).

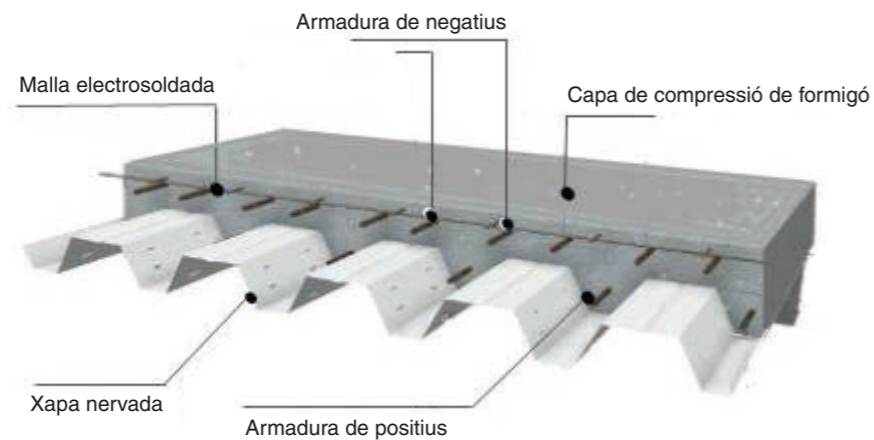


Fig. 91  
Detall de forjat de xapa nervada

### 6.4. Estudi de la coberta

En la coberta es poden diferenciar dues parts, per una banda l'estructura espacial, formant un únic element junt amb les gelosies que reben l'envoltant translúcida d'ETFE en façana, i que es recolza sobre els pòrtics; per altra banda, les 4 grans gelosies que suporten l'extensió de la coberta d'ETFE transparent, aquestes gelosies recolzen sobre els 8 pilars situats en les cantonades (Figures 92, 93 i 94).

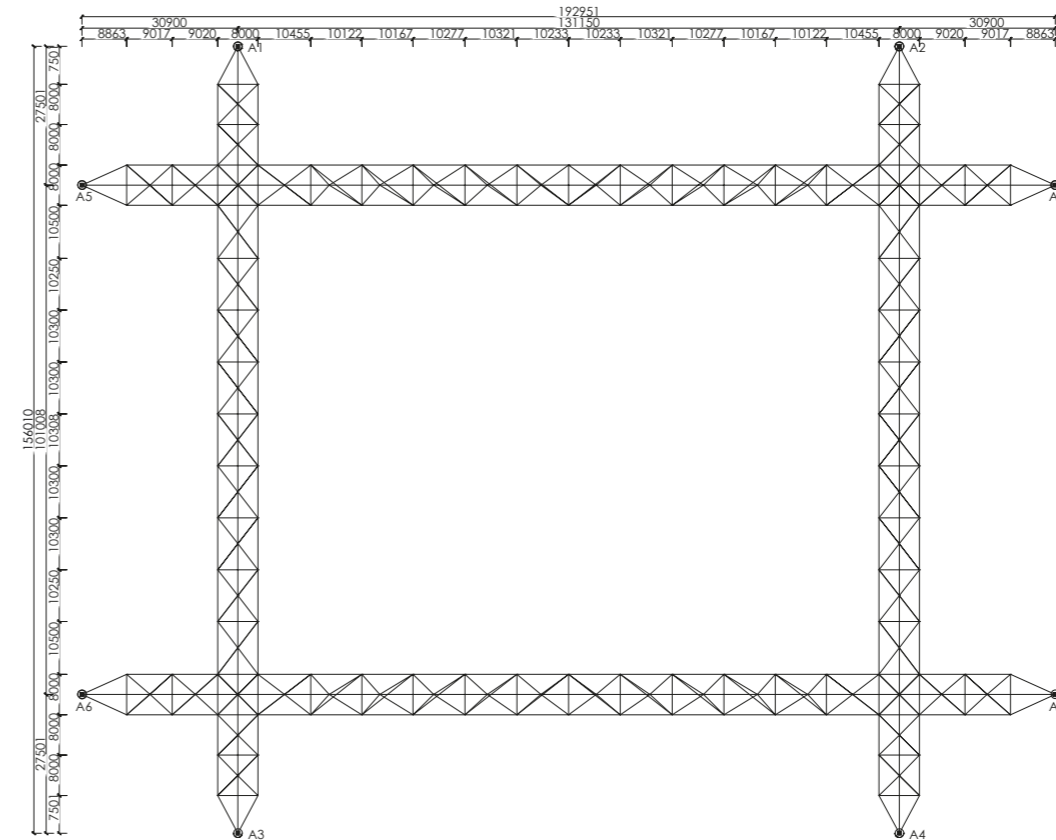


Fig. 92  
Planta general posició de les gelosies metàl·liques

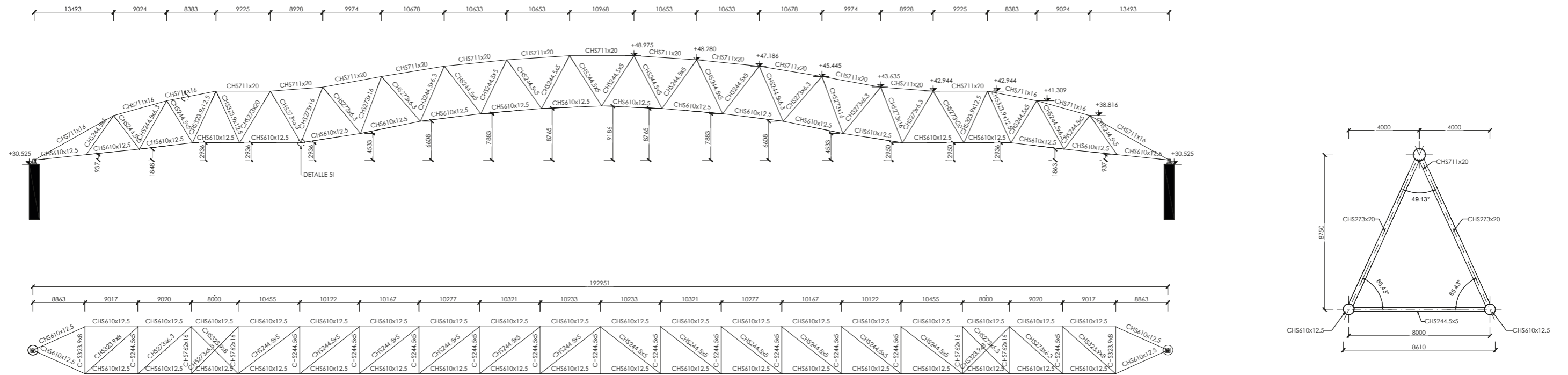


Fig. 93  
Gelosià tipus 1. Alçat, planta i secció tipus

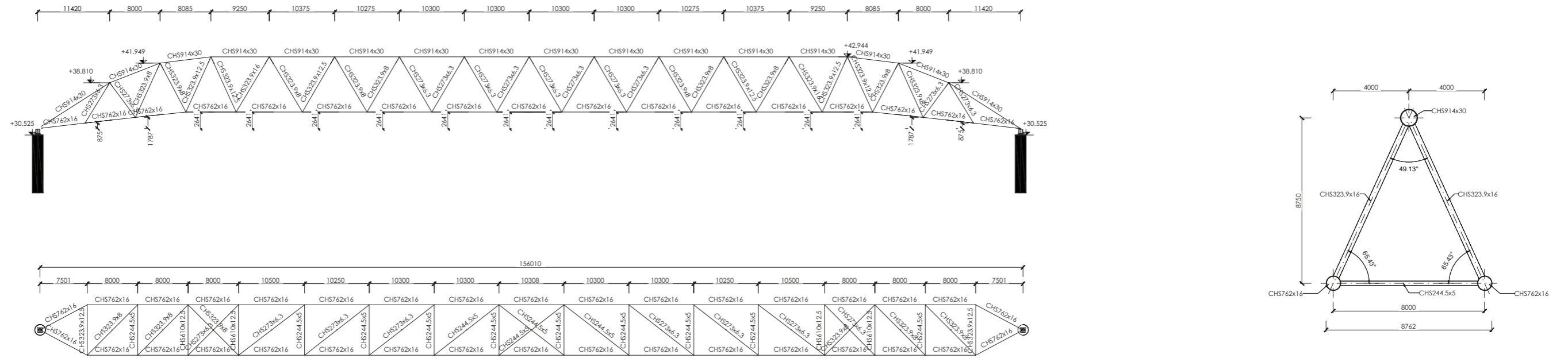
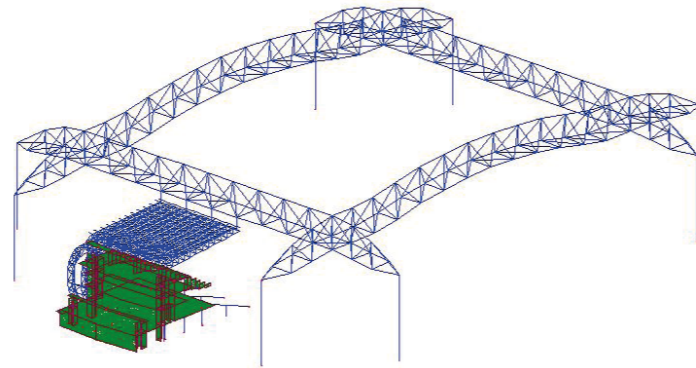


Fig. 94  
Gelosià tipus 2. Alçat, planta i secció tipus

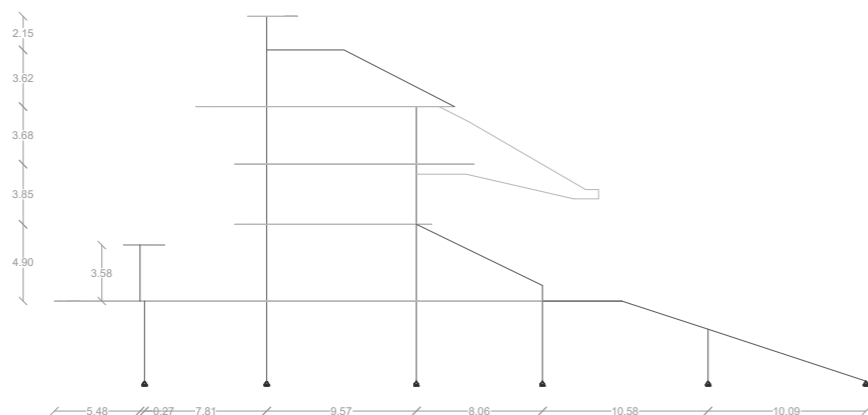
## 7. Càlcul del pòrtic tipus

Finalitzat l'estudi estructural passem al càlcul del pòrtic tipus detallat en el punt 6.2.3. (pòrtic 01) per poder conèixer quin és el comportament de l'estructura d'aquest. Començarem amb l'avaluació de les càrregues que introduïrem en el programa de càlcul d'estructures ANGLE amb el qual realitzarem el càlcul del pòrtic, sabent que l'àmbit de càrrega és de 10,30 m ja que la separació entre els pòrtics dels fons és de 10,30 m [(10,30/2) + (10,30/2)]. Per a tenir en compte el comportament de l'estructura espacial de coberta sobre el pòrtic modelarem els pòrtics continus a aquest, ens referim al pòrtic 02, 53 i 54, a fi de fer la comprovació amb la continuació de l'estructura, i les quatre grans gelosies (Figures 95 i 96).

Els pilars s'han modelitzat mitjançant seccions rectangulars i circulars de HA-30. Els murs de contenció, les lloses i els murs de les caixes de les comunicacions verticals s'han modelitzat mitjançant elements finits triangulars plans de 0,80 m de dimensió (seria recomanable que aquesta dimensió fos menor però l'ordinador no té suficient capacitat per a fer el càlcul amb una dimensió menor). Al mallat se li han aplicat les propietats de un HA-30. Les accions sobre cada planta s'han introduït com càrrega gravitatòria sobre una zona plana de EF2D. Per a les gelosies de façana elegim perfils normalitzats tubulars rodons Ø94.5 per als cordons i Ø75.5 per a les diagonals, i per a l'estructura espacial de coberta els Ø94.5 per a les malles externes i Ø75.5 per a la malla interna, ja que no s'han pogut esbrinar els perfils que la componen i hem elegit uns que poden aproximar-se. Les grans gelosies que subjecten la nova coberta es componen de perfils tubulars de diversos diàmetres i espessors però que hem tingut que reduir a tres ja que ANGLE no ens permetia que arribaren al mateix nus 3 perfils de secció diferent, així per al cordó superior s'han emprat CHS-914x30, per als inferiors CHS-762x16 i per a les diagonals CHS-323,9x8. L'acer utilitzat ha sigut el S275.



**Fig. 95**  
Modelat estructural amb elements assignats



**Fig. 96**  
Pòrtic tipus

### 7.1. Avaluació de les càrregues

El Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la edificación s'aplica per determinar les accions sobre les nostres edificacions a fi de verificar el compliment dels requisits de seguretat estructural, com són la capacitat portant i estabilitat i l'aptitud al servici. Doncs, el Codi Tècnic de l'Edificació fa una divisió entre els diferents tipus d'accions (Código Técnico de la Edificación 2015):

- Accions permanents
  - Pes propi dels elements estructurals, els tancaments, els barandats, els revestiments (paviment, enguixat, falsos sostres) i equipament fixe
  - Pretesat
  - Accions del terreny
- Accions variables
  - Sobrecàrrega d'ús
  - Vent
  - Accions tèrmiques
  - Neu
- Accions accidentals
  - Sisme
  - Incendi
  - Impacte

A l'hora de realitzar el càlcul sols tindrem en compte les accions permanents de pes propi i les accions variables de sobrecàrrega d'ús, vent i neu.

#### Càrregues permanents

Les càrregues permanents de pes propi que tindrem en compte són les dels elements que hi podem reconèixer en els plànols i en les imatges del nou estadi. Utilitzem els valors mínims de pes propi que estableix el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la edificación ja que no hi coneguem el pes real dels elements constructius emprats, de manera que farem una estimació de les possibles càrregues que actuen sobre el pòrtic.

Llosa massissa de formigó, gruix total 0,20 m: 5 kN/m<sup>2</sup> (gruix 0,40 m: 10 kN/m<sup>2</sup>)

CTE SE-AE. Anejo C, Tabla C.5

Xapa nervada amb capa de formigó; gruix total < 0,12 m: 2 kN/m<sup>2</sup>

CTE SE-AE. Anejo C, Tabla C.5

Moqueta; gruix total < 0,03 m: 0,5 kN/m<sup>2</sup>

CTE SE-AE. Anejo C, Tabla C.5

Barandat: 1 kN/m<sup>2</sup>

CTE SE-AE. 2 Acciones permanentes, 2.1 Peso propio

Grades prefabricades: 3 kN/m<sup>2</sup>



- Planta +8.325

(llosa + barandats)

$$10 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 = \underline{11 \text{ kN/m}^2}$$

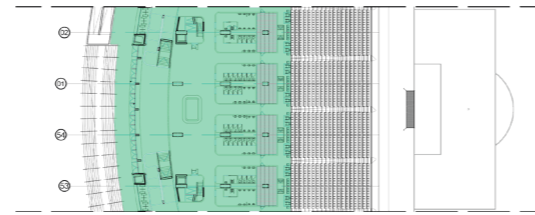


Fig. 97

Càrregues permanents llosa i barandats (1)

- Planta +13.225

(llosa + paviment + barandats)

$$10 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 = \underline{11,5 \text{ kN/m}^2}$$

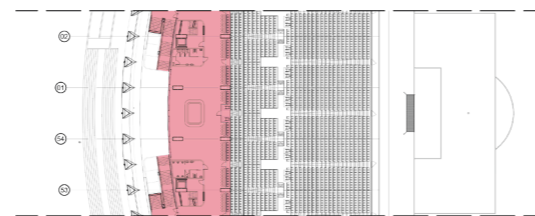


Fig. 98

Càrregues permanents llosa, paviment i barandats (1)

- Planta +17.075

(llosa + paviment + barandats)

$$10 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 = \underline{11,5 \text{ kN/m}^2}$$

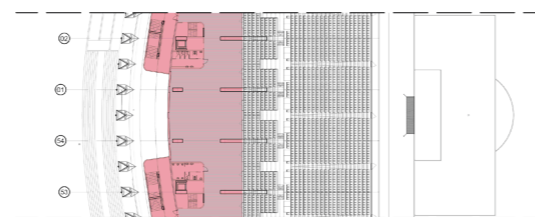


Fig. 99

Càrregues permanents llosa, paviment i barandats (2)

- Planta +20.750

(llosa + barandats)

$$10 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 = \underline{11 \text{ kN/m}^2}$$

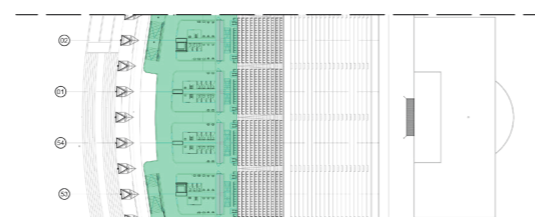


Fig. 100

Càrregues permanents llosa i barandats (2)

El programa de càlcul ANGLE té en compte el pes propi de les lloses pel que no serà necessari aplicar el seu pes en el modelat de l'estructura, amb el que volem dir que per a les plantes +8.325 i + 20.750 aplicarem una càrrega permanent d'1 kN/m<sup>2</sup> i en les plantes +13.225 i +17.075 una càrrega d'1,5 kN/m<sup>2</sup>.

- Graderies

(grades prefabricades; àmbit de càrrega:10,3m)

$$3 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,30 \text{ m} = \underline{30,90 \text{ kN/m}}$$

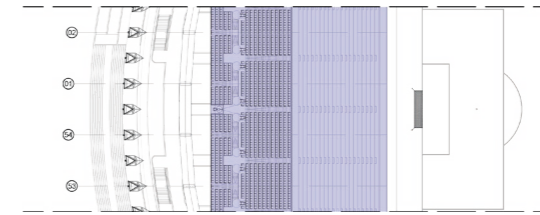


Fig. 101

Càrregues permanents grades prefabricades

- Coberta + façana

Com s'ha explicat en el punt 6.4. Estudi de la coberta, l'estructura espacial de coberta forma un únic element junt amb les gelosies de façana, transmetent les seues càrregues a l'estructura principal, al sistema de pòrtics, pel que les càrregues permanents de coberta i façana seran la suma dels pesos propis dels elements que conformen el conjunt. Hi farem una aproximació de les dimensions d'aquests elements i dels seus pesos ja que no hi disposem de la informació necessària.

*Sistema de coberta*

Suposem un tancament de policarbonat per a la coberta.

· Tancament de policarbonat: 0,2354 kN/m<sup>2</sup>

Densitat del policarbonat: 1,2 g/cm<sup>3</sup>

Gruix de la peça: 2 cm

· Subestructura que suporta el tancament de coberta

Àrea tub rectangular: total= 0,0320 m<sup>2</sup>; buit= 0,0228 m<sup>2</sup>; massís= 0,0092 m<sup>2</sup>

Pes específic aparent de l'acer: 78,5 kN/m<sup>3</sup>

CTE SE-AE. Anejo C, Tabla C. 1

Pes del tub rectangular: 0,0092 m<sup>2</sup> • 78,5 kN/m<sup>3</sup>= 0,7222 kN/m

*Sistema de façana*

· Tancament d'ETFE transparent: 0,0043 kN/m<sup>2</sup>. Al tractar-se d'un material lleuger que aporta una càrrega menuda el podem menysprear en el càlcul.

· Subestructura que suporta el tancament de façana

Àrea tub rectangular: total= 0,0144 m<sup>2</sup>; buit= 0,0120 m<sup>2</sup>; massís= 0,0024 m<sup>2</sup>

Pes específic aparent de l'acer: 78,5 kN/m<sup>3</sup>

CTE SE-AE. Anejo C, Tabla C. 1

Pes del tub rectangular: 0,0024 m<sup>2</sup> • 78,5 kN/m<sup>3</sup>= 0,1884 kN/m

**Càrregues variables**

Les càrregues variables que actuen sobre el pòrtic són la sobrecàrrega d'ús, la neu i el vent.

*Sobrecàrrega d'ús*

Extraiem els valors característics de la sobrecàrrega d'ús de la taula 3.1. del DB SE-AE.

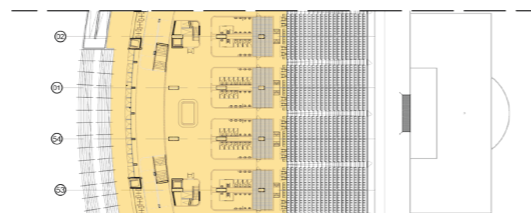
**Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso**

Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2 Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas		2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2 Zonas con asientos fijos	4	4
		C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles, salas de exposición en museos, etc.	5	4
		C4 Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1 Locales comerciales	5	4
		D2 Supermercados, hipercorredores o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)		2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>		1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup> Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(8)</sup>	2
		G2 Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G3 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

**Fig. 102**  
Valors característics de la sobrecàrrega d'ús del CTE

**- Planta +8.325**

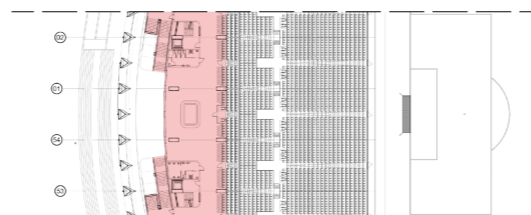
Zones d'accés al públic. Zones d'aglomeració: **5 kN/m<sup>2</sup>**  
CTE SE-AE. Tabla 3.1.



**Fig. 103**  
Sobrecàrrega d'ús planta +8.325

**- Planta +13.225**

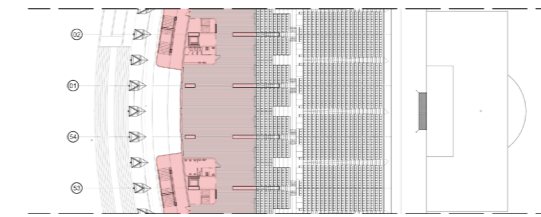
Zones d'accés al públic. Zones sense obstacles que impedeixin el lliure moviment de les persones: **5 kN/m<sup>2</sup>**  
CTE SE-AE. Tabla 3.1.



**Fig. 104**  
Sobrecàrrega d'ús planta +13.225

**- Planta +17.075**

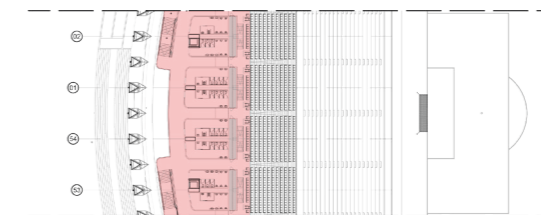
Zones d'accés al públic. Zones sense obstacles que impedeixin el lliure moviment de les persones: **5 kN/m<sup>2</sup>**  
CTE SE-AE. Tabla 3.1.



**Fig. 105**  
Sobrecàrrega d'ús planta +17.075

**- Planta +20.750**

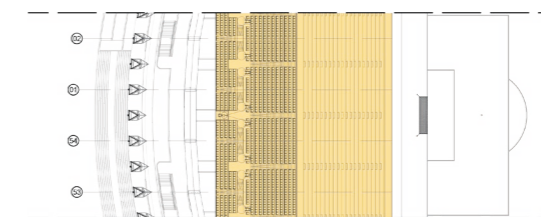
Zones d'accés al públic. Zones sense obstacles que impedeixin el lliure moviment de les persones: **5 kN/m<sup>2</sup>**  
CTE SE-AE. Tabla 3.1.



**Fig. 106**  
Sobrecàrrega d'ús planta +20.750

**- Graderies**

Zones d'accés al públic. Zones d'aglomeració: **5 kN/m<sup>2</sup>** (àmbit de càrrega 10,30 m; 5 kN/m<sup>2</sup> • 10,30 m= **51,50 kN/m**)  
CTE SE-AE. Tabla 3.1.



**Fig. 107**  
Sobrecàrrega d'ús graderies

Sobrecàrrega de neu

Calculem la sobrecàrrega seguint les instruccions determinades pel Codi Tècnic de l'Edificació (Código Técnico de la Edificación 2015):

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

$q_n$ : valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal.

$\mu$ : coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3.

El coeficient de forma per a una coberta amb una inclinació inferior o igual que 30° és 1, per tant, per a la coberta d'Anoeta amb una inclinació de 3° és:

$$\mu = 1$$

$s_k$ : valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal.

El valor de la sobrecàrrega de neu sobre un terreny horitzontal en les capitals de província i ciutats autònomes l'agafem de la taula 3.8. Per a Sant Sebastià el valor és:

**Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas**

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	1,2	Soria	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,5	Sevilla	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,7	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,6	Tenerife	950	0,2
Castellón	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,9
Ciudad Real	640	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	0	0,5
Córdoba	100	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Valencia/València	690	0,2
Coruña / A Coruña	0	0,2	Oviedo	740	0,5	Valladolid	520	0,4
Cuenca	1.010	0,3	Palencia	0	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Gerona / Girona	70	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Granada	690	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
		0,5	Pamplona/Iruña	460	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2

Fig. 108 Sobrecàrrega de neu en capitals de província i ciutats autònomes del CTE

$$s_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Per tant, la càrrega de neu per unitat de superfície és:

$$q_n = 1 \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 = \underline{0,3 \text{ kN/m}^2}$$

Sobrecàrrega de vent

Per al càlcul de la sobrecàrrega del vent utilitzem la fórmula que dona el Codi Tècnic:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

$q_e$ : força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica.

$q_b$ : pressió dinàmica del vent. Com a valor en qualsevol punt del territori espanyol, pot adoptar-se 0,5 kN/m<sup>2</sup>, aleshores:

$$q_b = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$c_e$ : coeficient d'exposició, variable amb l'altura del punt considerat, en funció del grau d'aspror de l'entorn on es troba ubicada la construcció. Agafem el valor de la taula 3.4, considerant un grau IV i una altura de 24 m, de manera que:

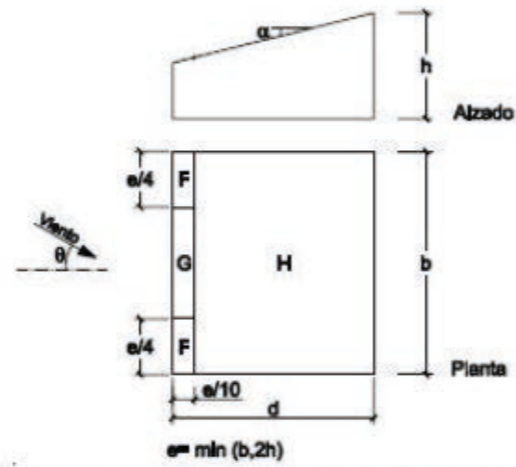
**Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$**

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Fig. 109 Valors del coeficient d'exposició  $c_e$  del CTE

$$c_e = 2,4$$

$c_p$ : coeficient eòlic o de pressió, que depèn de la forma i orientació de la superfície respecte al vent, i en el seu cas, de la situació del punt respecte a les vores de la superfície. Aquest valor l'obtenim de la taula D.5 i amb una direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ :



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	$\geq 10$	-1,7 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6 +0,0
	$\leq 1$	-2,5 +0,0	-2,0 +0,0	-1,2 +0,0
15°	$\geq 10$	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2
	$\leq 1$	-2,0 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2
30°	$\geq 10$	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4
	$\leq 1$	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2 0,4
45°	$\geq 10$	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6
	$\leq 1$	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6
60°	$\geq 10$	0,7	0,7	0,7
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7
75°	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8

Fig. 110  
Valors del coeficient eòlic o de pressió  $c_p$  del CTE

Amb aquests valors passem al càlcul de les pressions i succions que afecten a les graderies a la coberta de l'estadi.

- Primer amfiteatre

Inclinació 18°;  $c_{p,pressió} = -0,28$ ;  $c_{p,succió} = 0,24$   
Àmbit del pòrtic: 10,30 m

· Pressió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (-0,28) = -0,336 \text{ kN/m}^2$$

$$-0,336 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{-3,461 \text{ kN/m}}$$

· Succió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (0,24) = 0,288 \text{ kN/m}^2$$

$$0,288 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{2,966 \text{ kN/m}}$$

- Segon amfiteatre

Inclinació 22°;  $c_{p,pressió} = -0,25$ ;  $c_{p,succió} = 0,29$   
Àmbit del pòrtic: 10,30 m

· Pressió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (-0,25) = -0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$-0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{-3,09 \text{ kN/m}}$$

· Succió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (0,29) = 0,348 \text{ kN/m}^2$$

$$0,348 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{3,584 \text{ kN/m}}$$

- Tercer amfiteatre

Inclinació 30°;  $c_{p,pressió} = -0,2$ ;  $c_{p,succió} = 0,4$   
Àmbit del pòrtic: 10,30 m

· Pressió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (-0,2) = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$-0,24 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{-2,472 \text{ kN/m}}$$

· Succió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (0,4) = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{4,944 \text{ kN/m}}$$

- Quart amfiteatre

Inclinació 33°;  $c_{p,pressió} = -0,16$ ;  $c_{p,succió} = 0,44$   
Àmbit del pòrtic: 10,30 m

· Pressió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (-0,16) = -0,192 \text{ kN/m}^2$$

$$-0,192 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{-1,978 \text{ kN/m}}$$

· Succió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (0,44) = 0,528 \text{ kN/m}^2$$

$$0,528 \text{ kN/m}^2 \cdot 10,3 \text{ m} = \underline{5,438 \text{ kN/m}}$$

- Coberta

Inclinació 3°;  $c_{p,pressió} = -0,6$ ;  $c_{p,succió} = +0,0$   
Àmbit del pòrtic: 10,30 m

· Pressió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (-0,6) = -0,72 \text{ kN/m}^2$$

· Succió

$$q_e = 0,5 \cdot 2,4 \cdot (0,0) = \underline{0,0 \text{ kN/m}^2}$$

## 7.2. Diagrames d'esforços en les barres del pòrtic tipus

### Hipòtesi 1: Pes propi

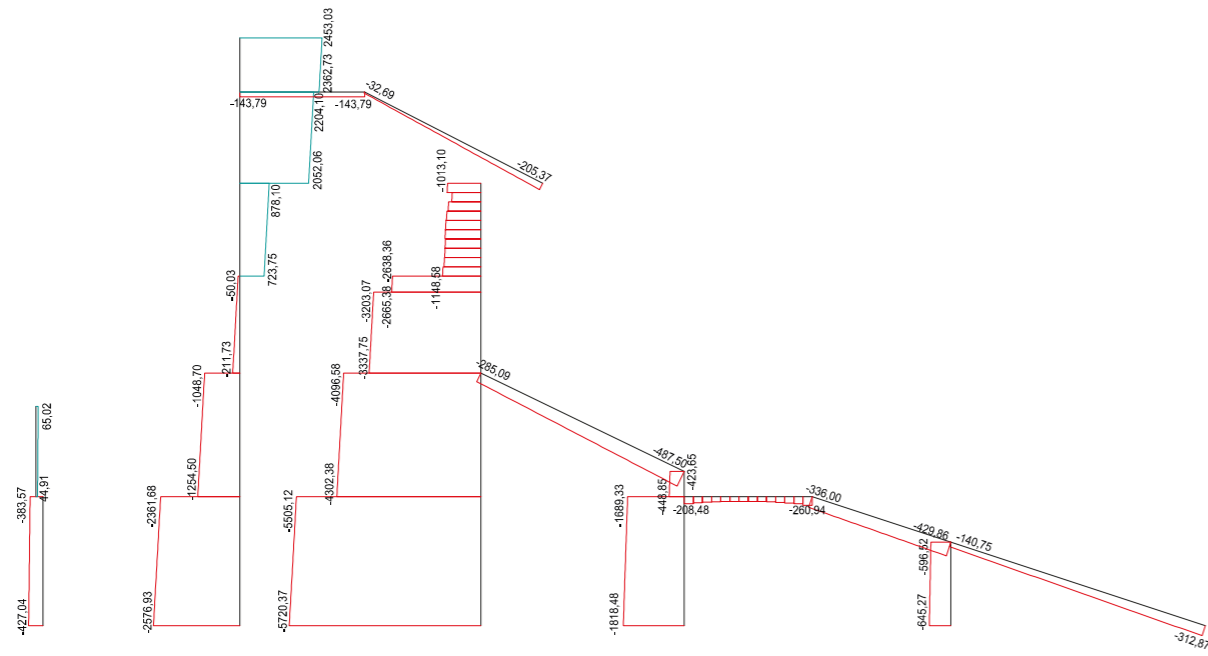


Fig. 111  
Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) hipòtesi 1

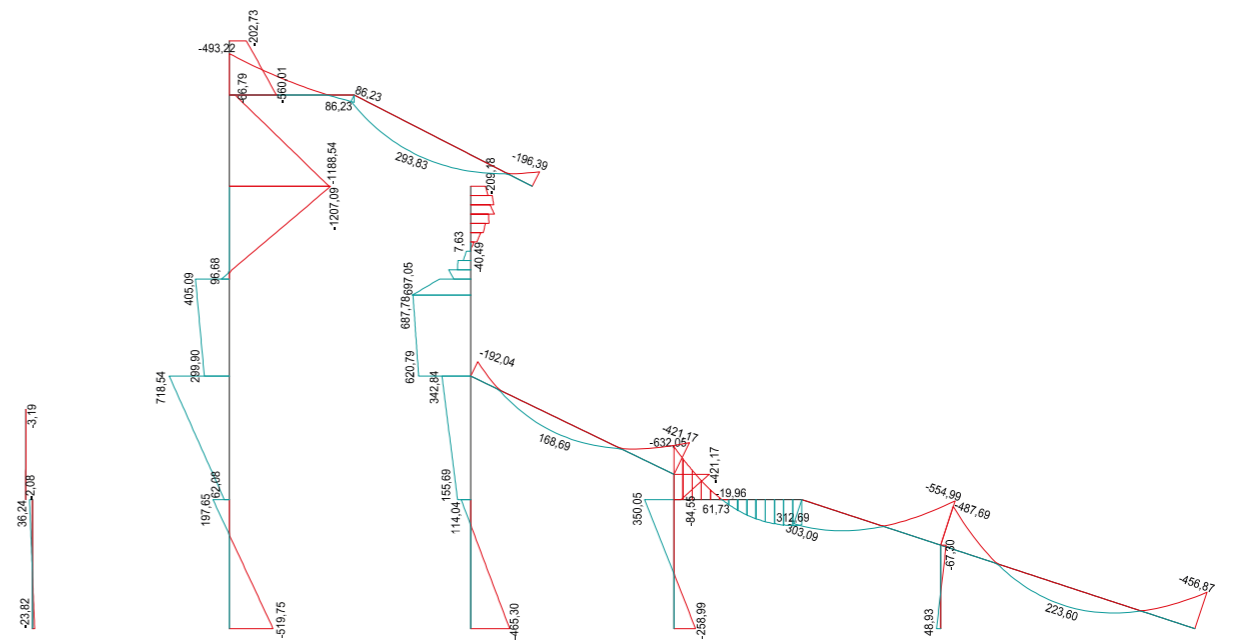


Fig. 113  
Diagrama de Moments ( $M_x$ ) hipòtesi 1

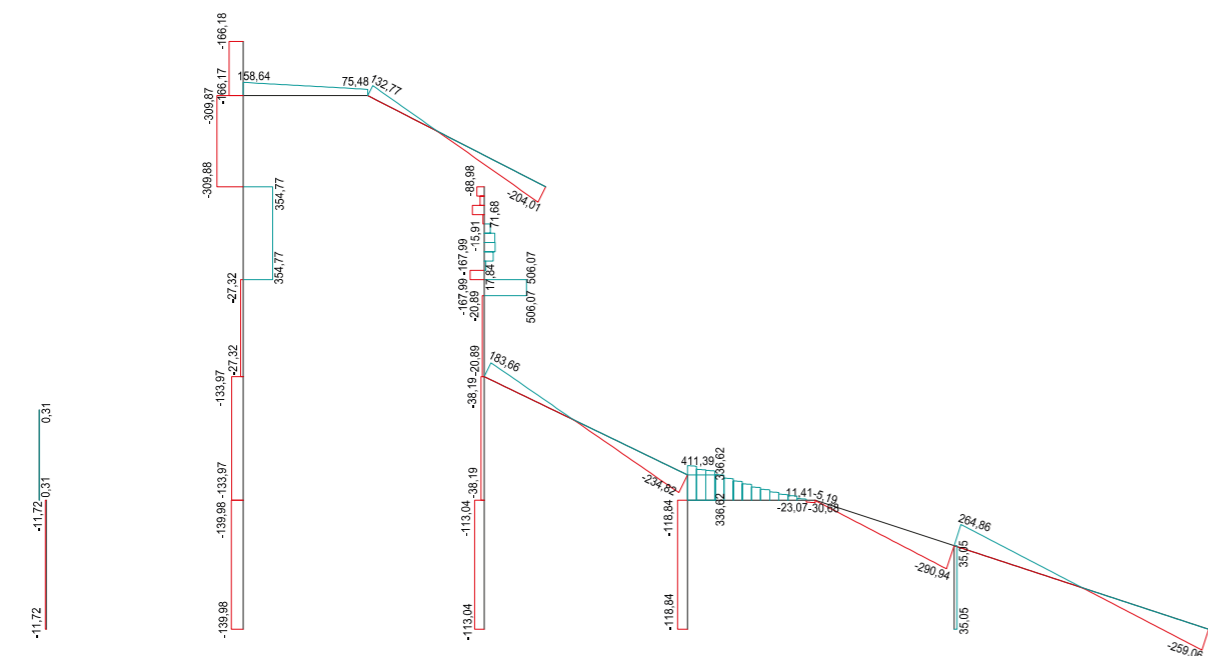


Fig. 112  
Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) hipòtesi 1

Hipòtesi 2: Sobrecàrrega d'ús

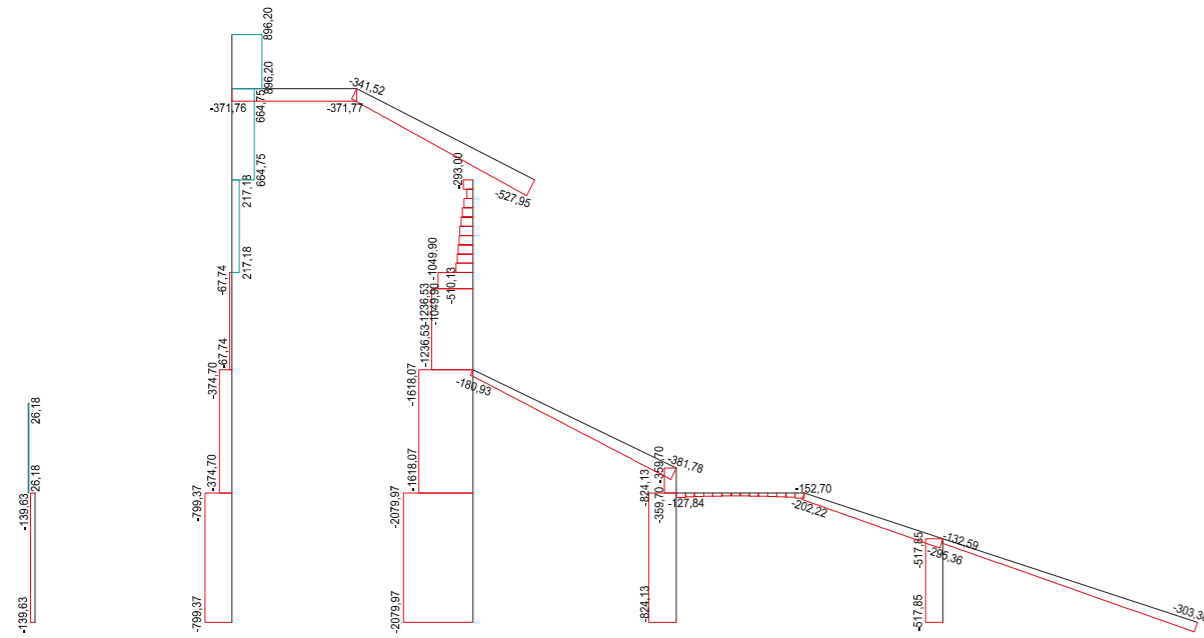


Fig. 114  
Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) hipòtesi 2

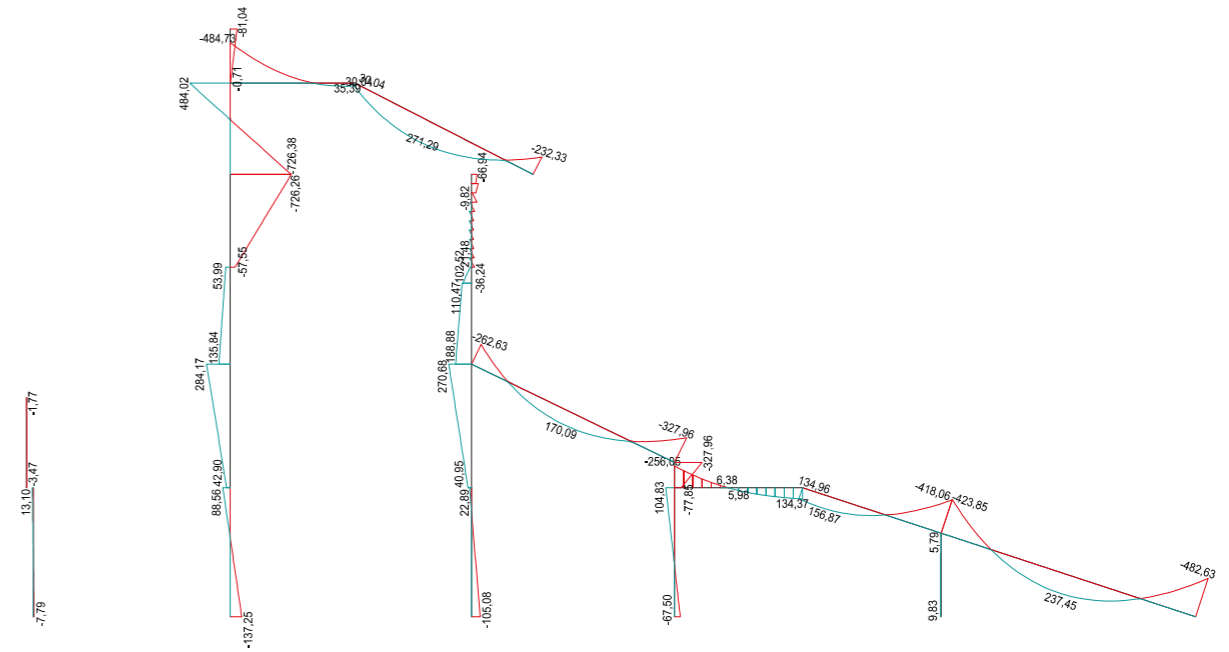


Fig. 116  
Diagrama de Moments ( $M_x$ ) hipòtesi 2

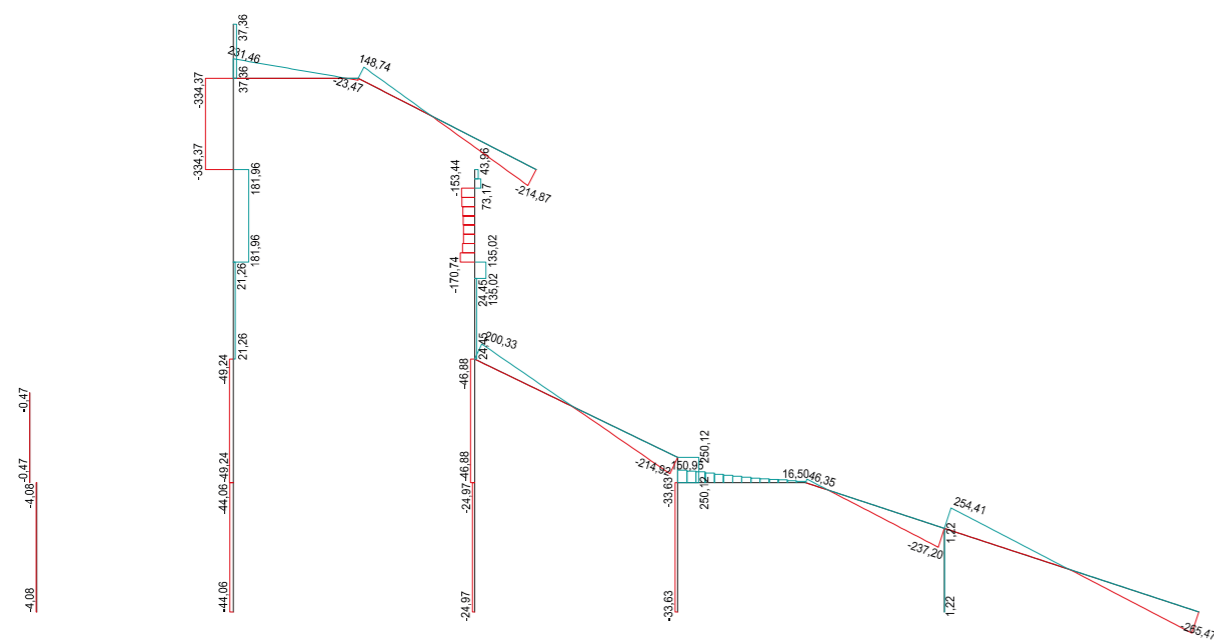


Fig. 115  
Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) hipòtesi 2



Combinació E.L.U.

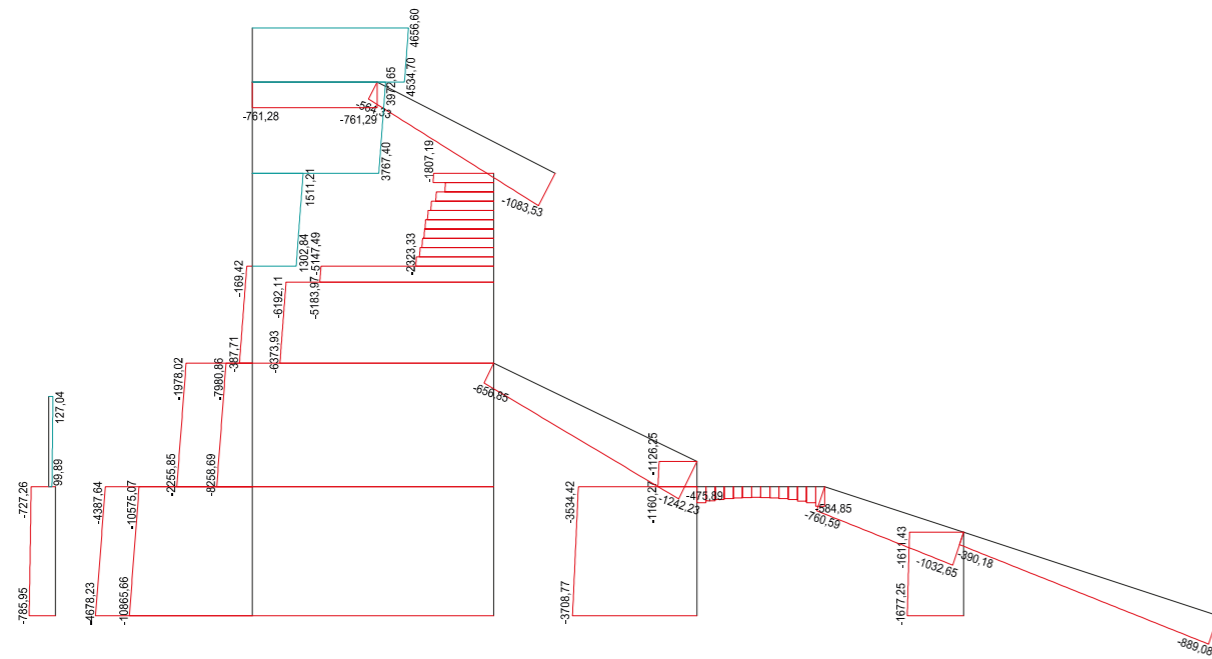


Fig. 120  
Diagrama d'Axials (N<sub>x</sub>) combinació E.L.U.

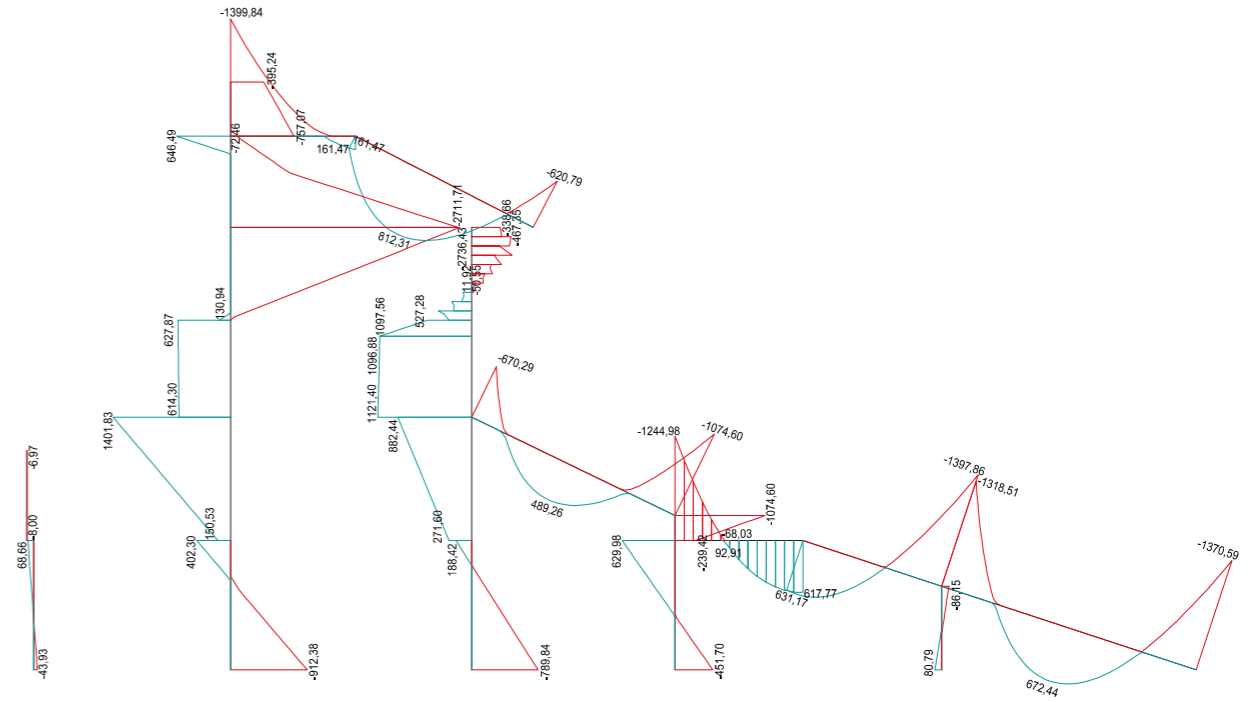


Fig. 122  
Diagrama de Moments (M<sub>x</sub>) combinació E.L.U.

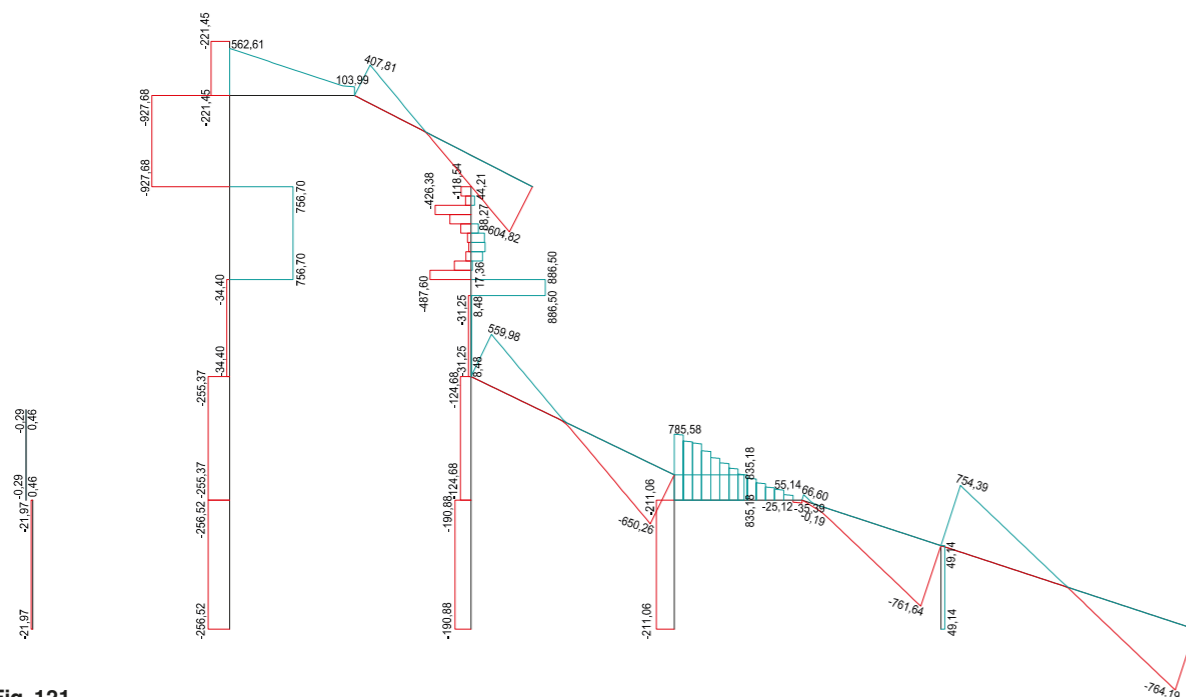


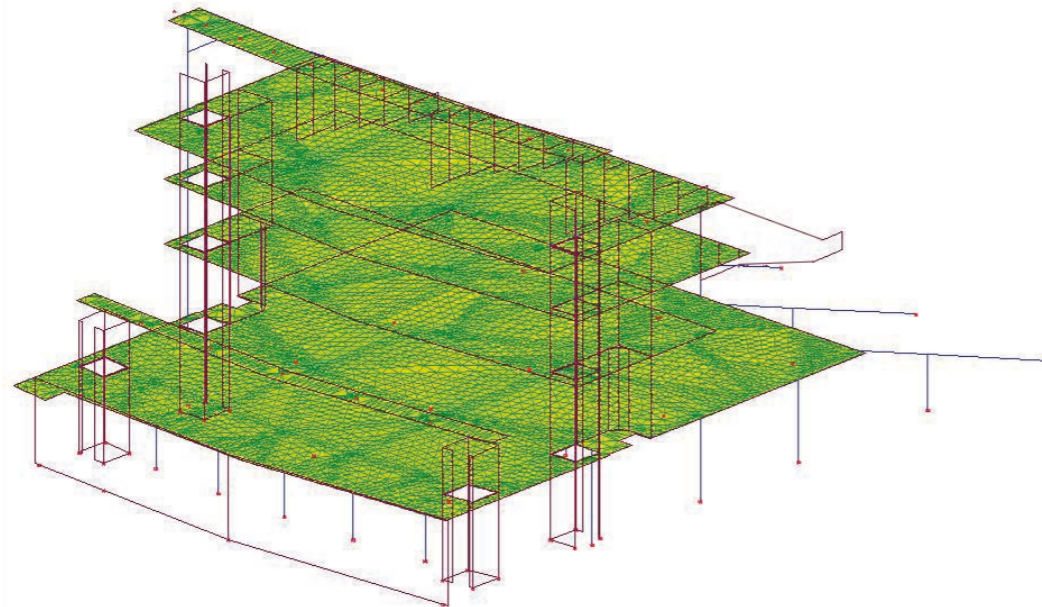
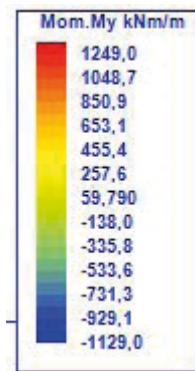
Fig. 121  
Diagrama de Tallants (V<sub>y</sub>) combinació E.L.U.



Les anteriors figures mostren els diagrames d'esforços als que estan sotmesos cadascun dels pilars i bigues de formigó que componen el pòrtic tipus. Feta la comparació entre les diferents combinacions d'hipòtesis i la combinació E.L.U., obtenint valors no significatius sobre les barres en la hipòtesi 3 en la que la càrrega principal és la neu, observem que el pòrtic està sotmès a majors esforços en la combinació d'hipòtesis 1, en la que la càrrega principal és el pes propi, de mode que aquests seran els valors que utilitzarem en el càlcul del pilar.

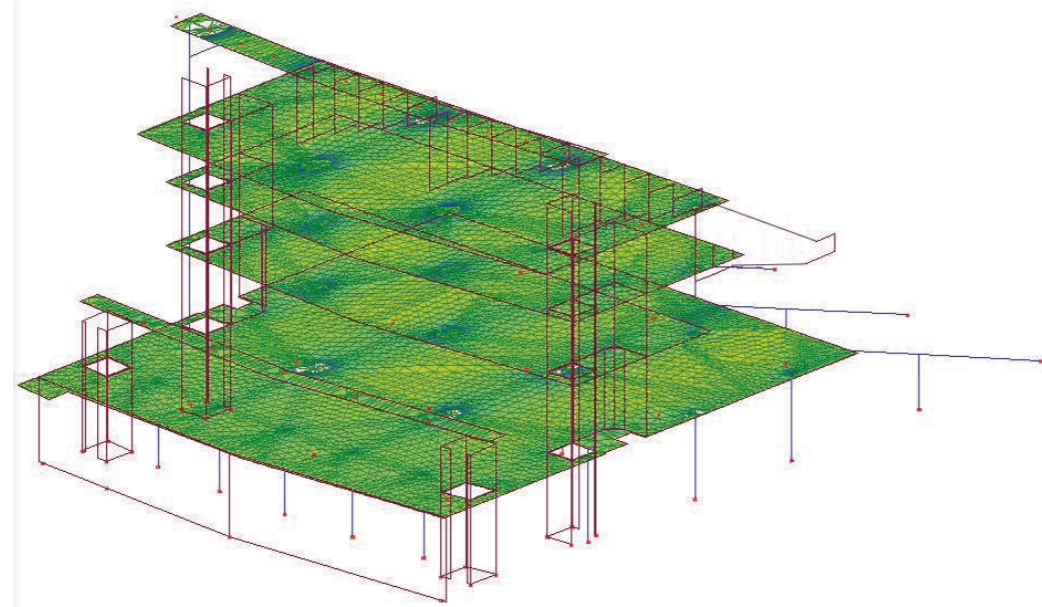
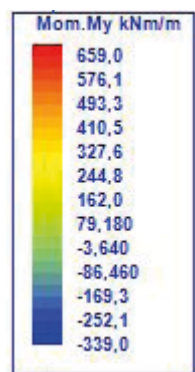
### 7.3. Isovalors en les lloses

**Fig. 123**  
Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. (1)

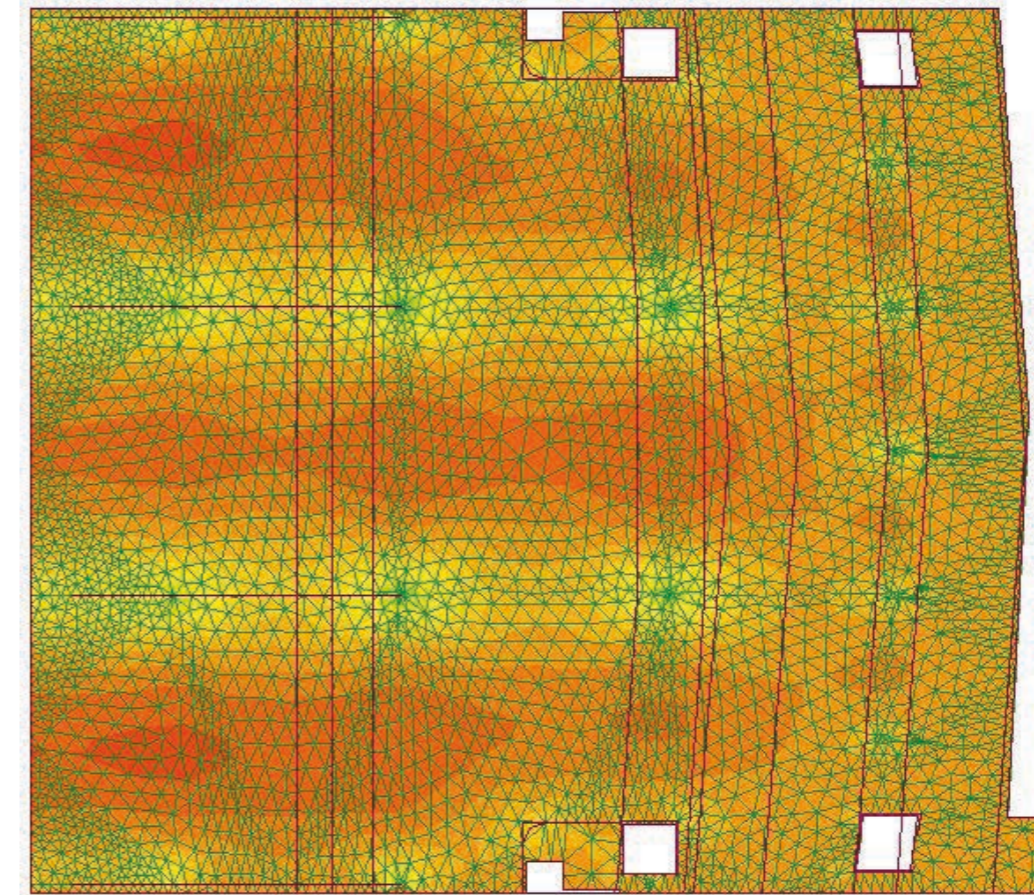


En el conjunt de lloses de la part d'estructura de formigó modelada els colors predominants que mostren els isovalors dels moments resultants són el groc i el verd, per tant, les lloses en la major part de superfície presenten uns valors de moments compresos entre 653,1 kN·m i -335,8 kN·m (Figura 123).

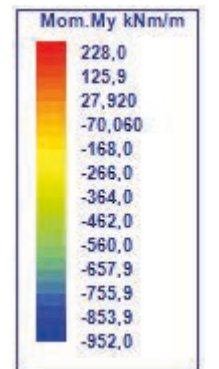
**Fig. 124**  
Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. (2)



En la Figura 124 limitem que els valors que es mostren es troben entre els anteriors de mode que podem observar que les zones que presenten valors diferents a aquests es corresponen a les zones on les lloses es troben amb els pilars, conclouent així que es ací on es trobaran els valors de moment negatiu majors.

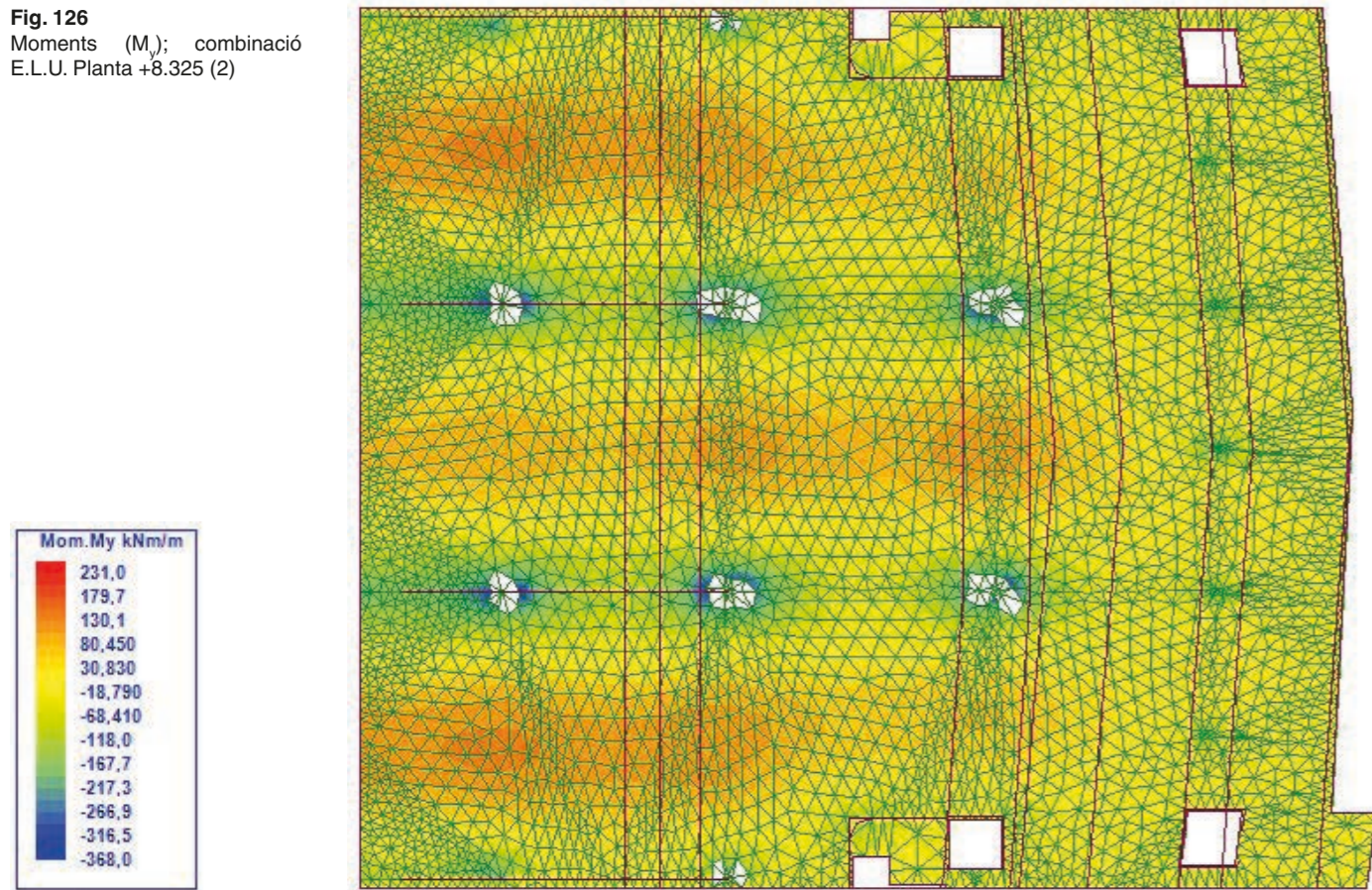


**Fig. 125**  
Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. Planta +8.325 (1)



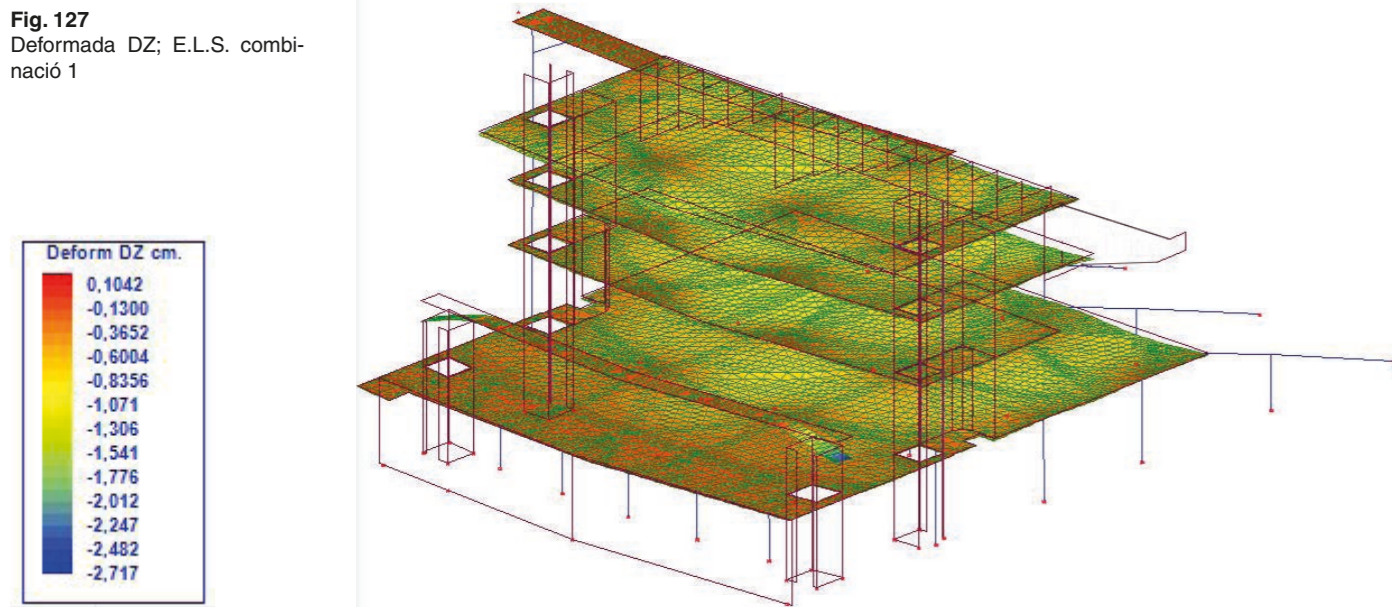
Per a una millor comprensió del que s'ha explicat en les línies anteriors, fem el mateix estudi sobre una de les plantes, exactament la planta +8.325, ja que és la planta que rep les càrregues de totes les plantes superiors. En aquesta planta els moments estan compresos entre els valors 228 kN·m i -952 kN·m (Figura 125).

**Fig. 126**  
Moments ( $M_x$ ); combinació  
E.L.U. Planta +8.325 (2)



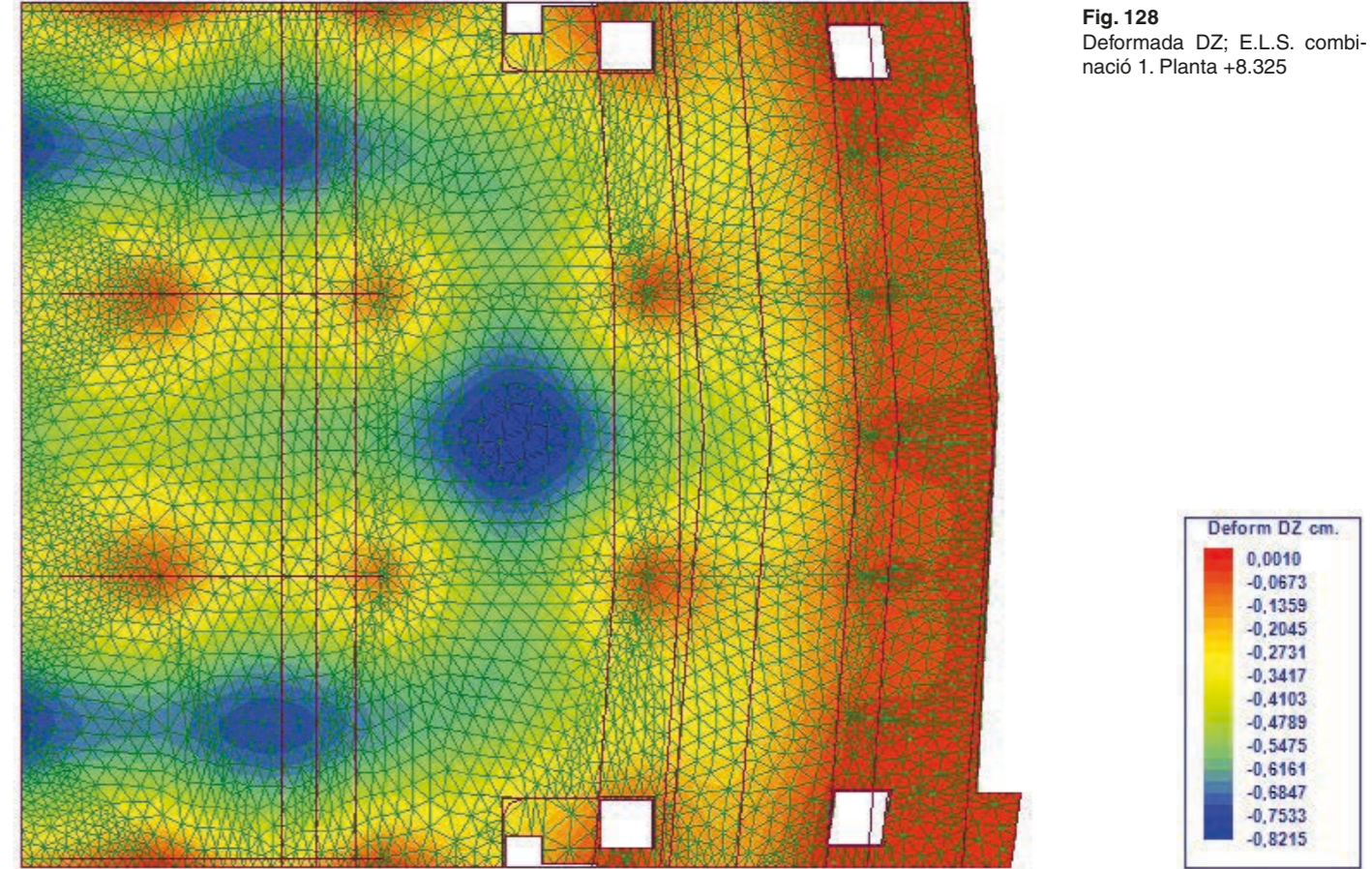
De la mateixa manera que en la Figura 124, en la Figura 126 limitem que el valors mostrats estiguin entre els valors de moment compresos entre 228 kN-m i -364 kN-m, de manera que veiem com les zones d'encontre entre pilars i lloses queden fora d'aquests valors.

**Fig. 127**  
Deformada DZ; E.L.S. combi-  
nació 1



En quant a la deformada en direcció vertical en el conjunt de lloses, la deformada es mou entre els 0,1042 cm i els -2,717 cm. Degut al predomini dels colors groc i roig podem parlar d'una deformació general compresa entre els valors -1,306 cm i els 0,1042 cm, doncs parlem d'uns valors més que acceptables (Figura 127).

**Fig. 128**  
Deformada DZ; E.L.S. combi-  
nació 1. Planta +8.325



En la deforma DZ de la planta +8.325 podem fer un estudi més exhaustiu de com es comporta la deformada. En la franja perimetral de façana i en les zones de pilars és on la deformada presenta el seu valor mínim, augmentant en valors negatius cap a l'interior i concentrant-se la deformació màxima en varies zones entre pilars (Figura 128).

7.4. Isovalors en la mènsula

Un dels elements rellevants del pòrtic tipus és la mènsula que suporta l'anell de graderies superior, modelat amb elements finits triangulars.

Fig. 129 Moments (M<sub>y</sub>); combinació E.L.U.

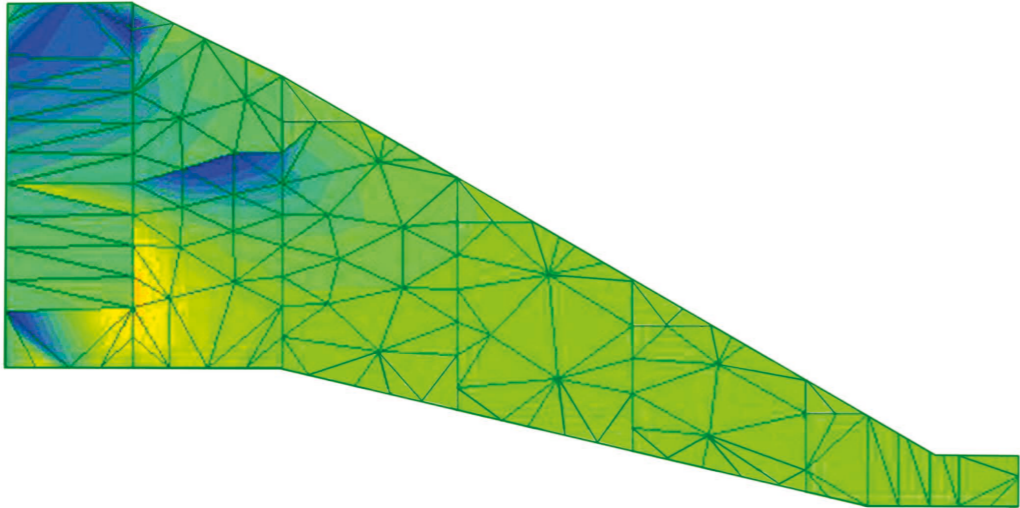
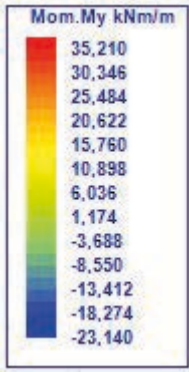
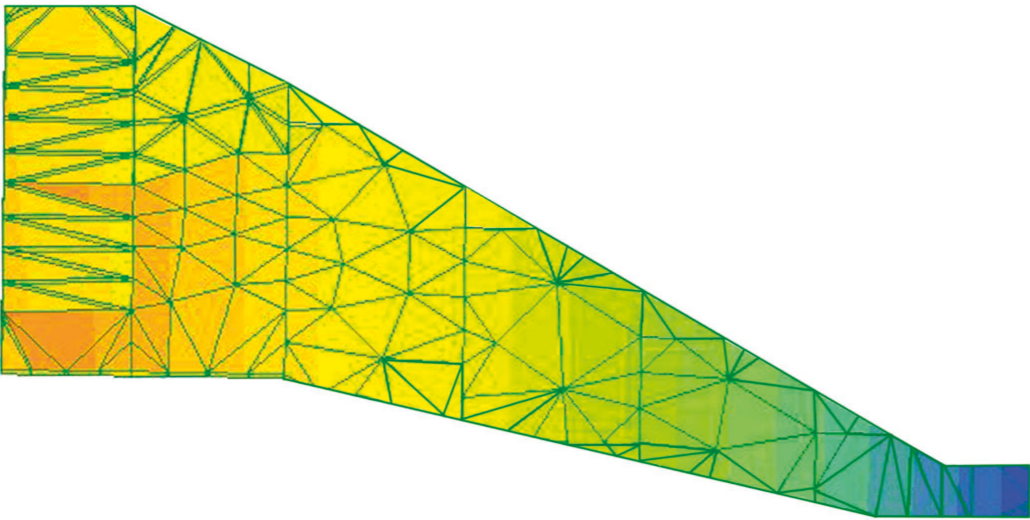
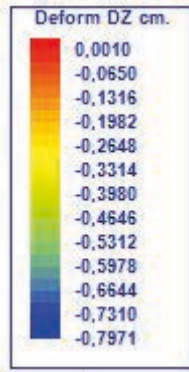


Fig. 130 Deformada DZ; E.L.S. combinació 1



7.5. Diagrames d'esforços de l'estructura metàl·lica

Les següents figures pertanyen als diagrames d'esforços Axials (N<sub>x</sub>), Tallants (V<sub>y</sub>) i Moments (M<sub>z</sub>) als que es troben sotmeses les grans gelosies, l'estructura espacial de coberta i de les gelosies de façana, obtingudes en el programa ANGLE sota la hipòtesi 1: pes propi.

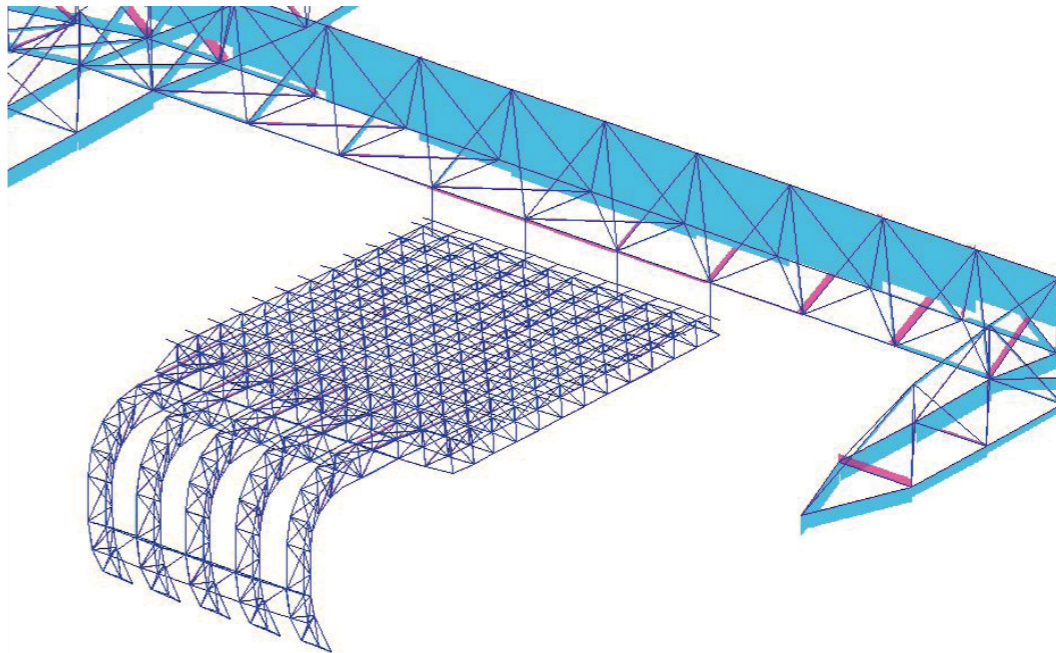


Fig. 131 Diagrama d'Axials (N<sub>x</sub>) (1)

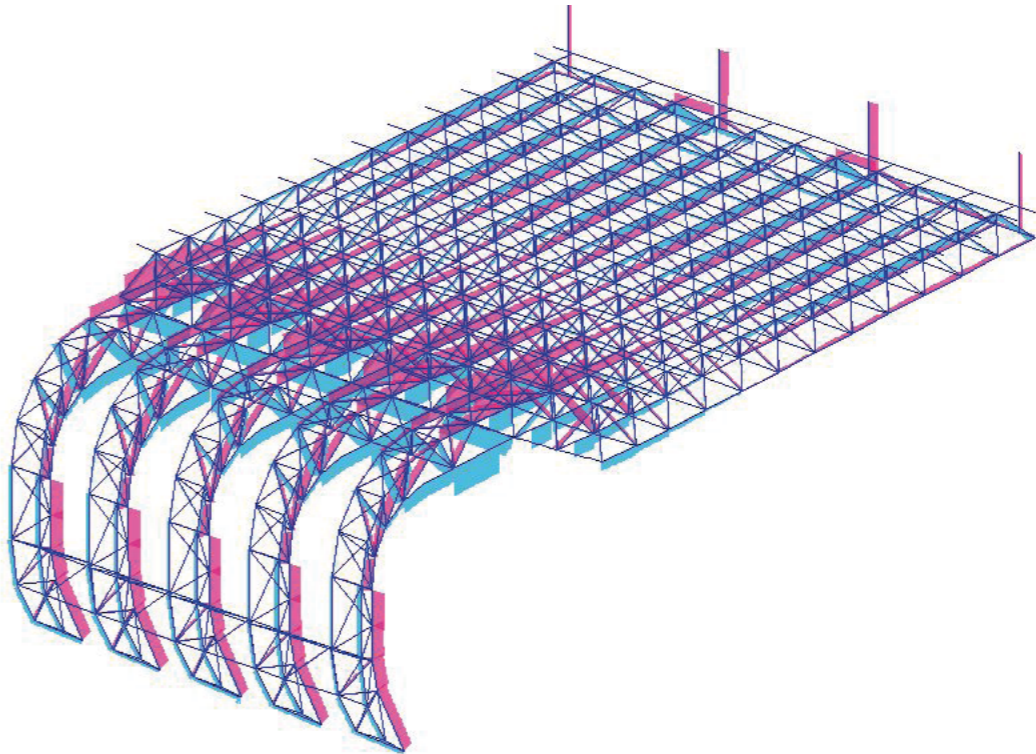
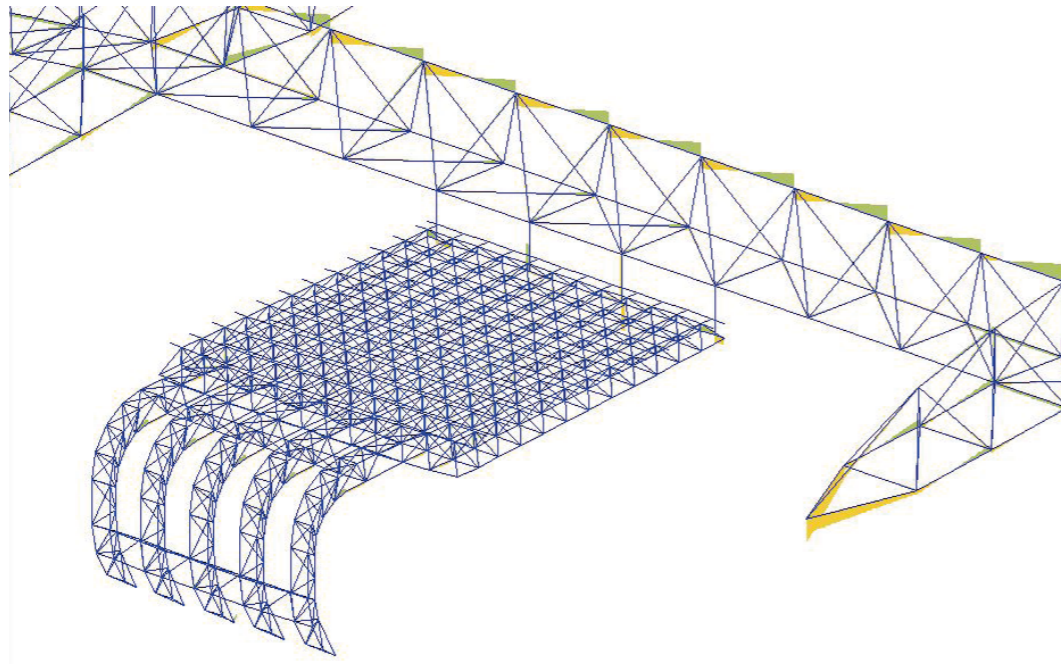
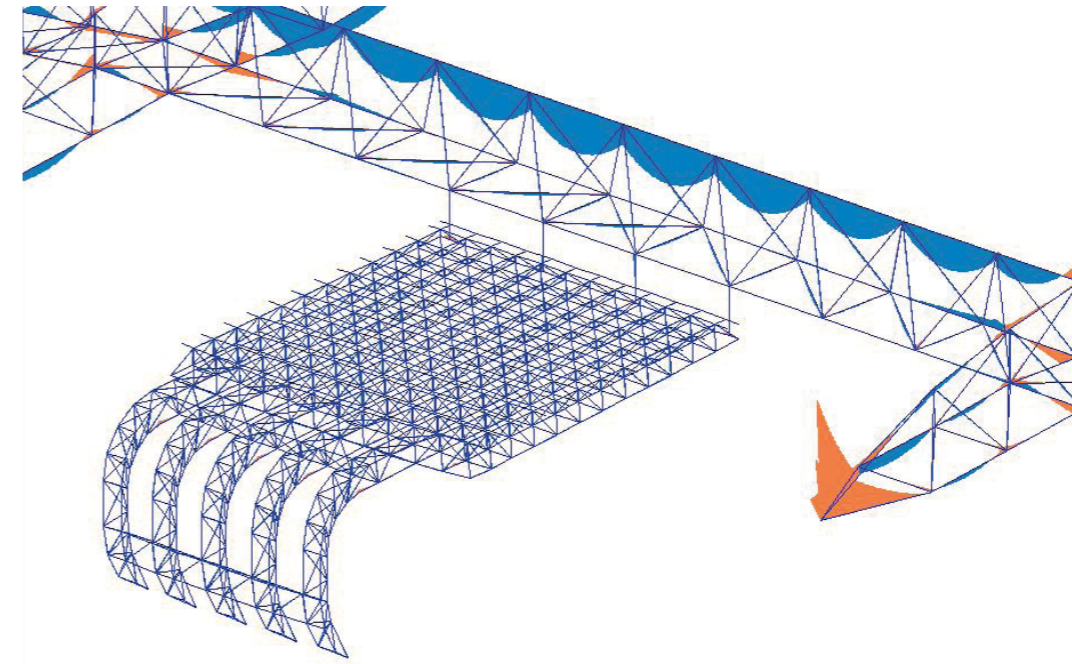


Fig. 132 Diagrama d'Axials (N<sub>x</sub>) (2)

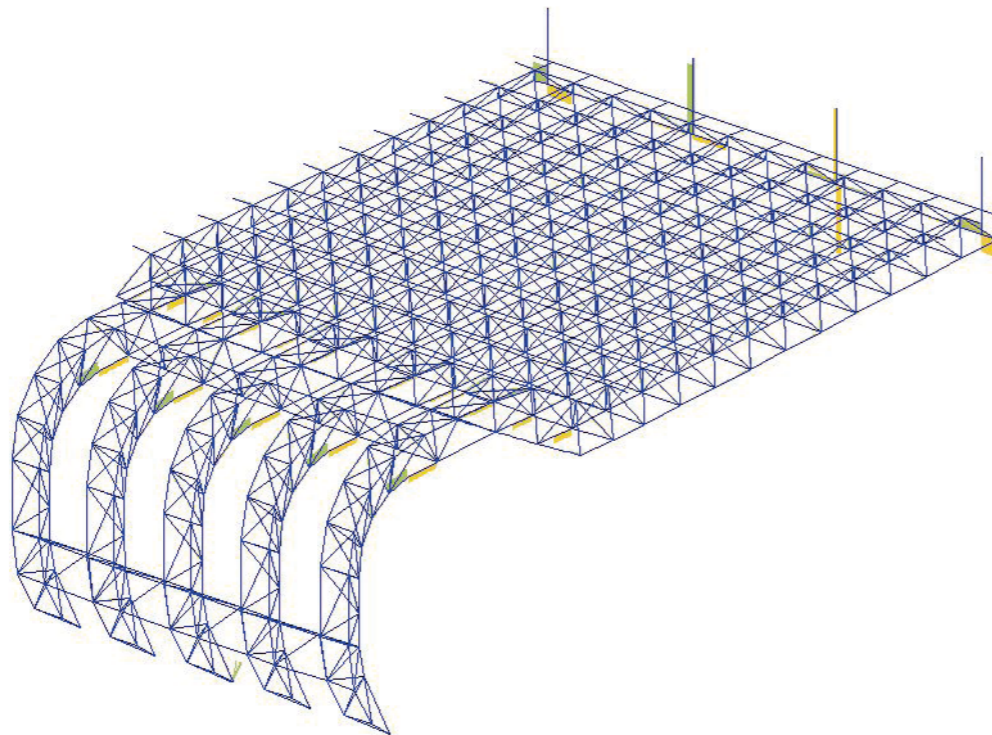
**Fig. 133**  
Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) (1)



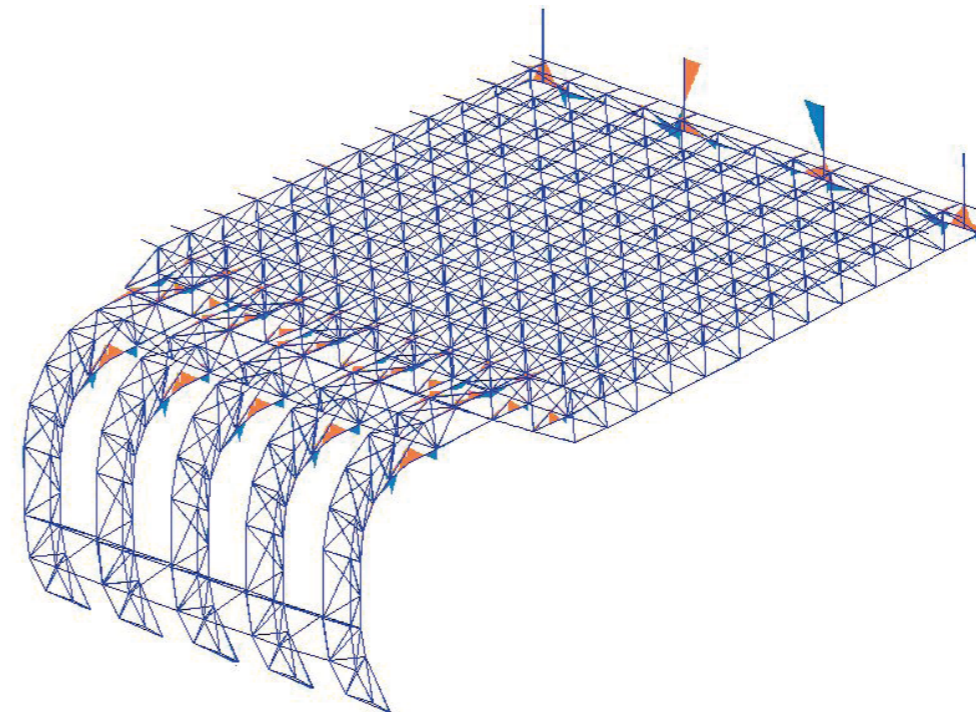
**Fig. 135**  
Diagrama de Moments ( $M_x$ ) (1)



**Fig. 134**  
Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) (2)



**Fig. 136**  
Diagrama de Moments ( $M_x$ ) (2)



### 7.6. Càlcul pilar de formigó

En aquest punt procedim a realitzar la comprovació d'un dels pilars del pòrtic tipus, concretament el pilar P9 en el primer tram que és on presenta els esforços majors (Figura 137). A continuació es recullen les dades d'aquest pilar:

Secció:  $b=2000\text{ mm}; h=700\text{ mm}$

Recobriment mecànic en pilars:  $c=35\text{ mm}$

$f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 500/1,15 = 434,78\text{ MPa} > 400\text{ MPa} \rightarrow$  la resistència de càlcul de l'acer de les barres comprimides no deu ser superior a 400 MPa, per tant,  $f_{yd} = 400\text{ MPa}$ .

$f_{cd} = 0,9 \cdot (f_{ck}/1,5) = 0,9 \cdot (30/1,5) = 18\text{ MPa}$

$e_0 \geq e_{\min} = 2\text{ cm}$   
 $h/20 = 70/20 = 3,5\text{ cm}$

Limitació mecànica:  $A_s \cdot f_{yd} \geq 0,05 \cdot N_d; 0,05 \cdot 2576,93 = 128,85\text{ kN}$   
 $A_s \cdot f_{yd} \leq 0,5 \cdot A_c \cdot f_{cd}; 0,5 \cdot 2000 \cdot 700 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 12.600\text{ kN}$

Limitació geomètrica:  $A_s \cdot f_{yd} \geq (4/1000) \cdot A_c \cdot f_{yd}; (4/1000) \cdot b \cdot h \cdot f_{yd} = 0,004 \cdot 2000 \cdot 700 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 2.240\text{ kN}$

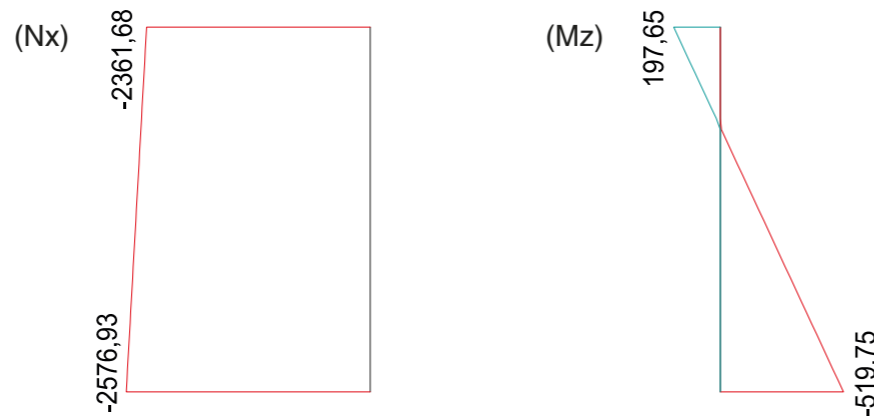


Fig. 137 Diagrames d'Axials ( $N_x$ ) i de Moments ( $M_z$ ) del pilar de formigó

Per obtenir la quantia d'armadura necessària hem extret del programa de càlcul d'estructures ANGLE la quantia mecànica d'armadura necessària  $U_{s,tot}$  i la capacitat mecànica relativa necessària  $\omega$  (Figura 138).



Fig. 138 Resultats del programa de càlcul d'estructures ANGLE

$\omega = 0,22$   
 $U_{s,tot} = 6.283,2\text{ kN}$

Aquesta quantia es reparteix entre les 4 cares del pilar, resultant:  
 $6.283,2\text{ kN} / 4\text{ cares} = 1.570,8\text{ kN per cara}$

Algunes de les opcions d'armat són les següents:

- 8Ø20 en les dues cares principals, amb una quantia de 1.092,7 kN, i 16Ø20 en les altres dues cares, amb una quantia de 2.185,4 kN.
- 3Ø20 en les dues cares principals, amb una quantia de 409,8 kN, i 20Ø20 en les altres dues cares, amb una quantia de 2.732 kN.
- 4Ø20 en les dues cares principals, amb una quantia de 546,4 kN, i 20Ø20 en les altres dues cares, amb una quantia de 2.732 kN.

*Hi fem aquestes distribucions de les barres perquè en les dos cares de menor dimensió no hi ha suficient espai per col·locar les armadures necessàries per complir amb la quantia necessària, pel que en les cares principals sumem les sobrants.*

Elegim la tercera opció per estar més prop del costat de la seguretat, encara que també podria haver-se elegit la primera opció ja que la diferència entre ambdós quanties és escassa.

$8\text{Ø}20 + 40\text{Ø}20 = 1.092,8\text{ kN} + 5.464\text{ kN}$   
 La quantia mecànica total és  $6.556,8\text{ kN}$ , de la qual hi ha 273,6 kN sobrants.

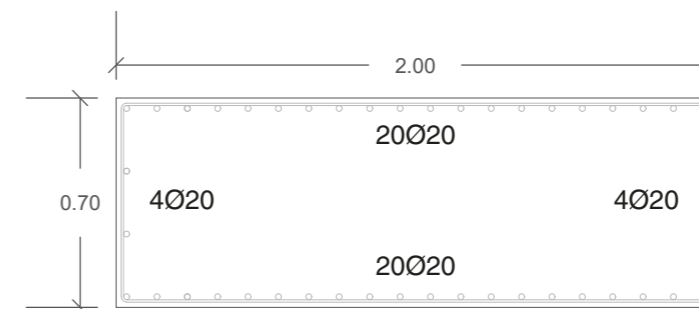


Fig. 139 Secció armat principal del pilar de formigó

Quan la quantia mecànica és per axial i les barres tenen seccions tan significatives, altra opció d'armat possible és la distribució de barres per l'interior per a que el perímetre no estiga tan carregat.

### Dimensionament a tallant

El dimensionament a tallant del pilar el realitzem per complet amb les dades del programa de càlcul ANGLE.

El tallant  $V_y$  del pilar és -139,98 kN. Els diferents tallants es mostren la Figura 140.



Fig. 140  
Resultats del programa de càlcul d'estructures ANGLE

L'armat d'estreps que proposa el programa per a aquest pilar és el de la següent figura (Figura 141):



Fig. 141  
Resultats de l'armadura de tallants del programa de càlcul d'estructures ANGLE

Per a l'armadura de tallants es disposen 5 branques verticals del diàmetre 8 i 12 rames horitzontals del diàmetre 8, sent la separació entre els estreps de 300 mm com a màxim.

Com la disposició de les armadures principals varia entre la solució que nosaltres adoptem i la proposta per ANGLE, en les figures 142 i 143 mostrem la diferència entre ambdós solucions. Per tant, per a la distribució de l'armadura de la Figura 143 es disposaran 4 branques verticals de diàmetre 8 i 13 branques horitzontals de diàmetre 8, amb una separació màxima entre estreps de 250 mm.

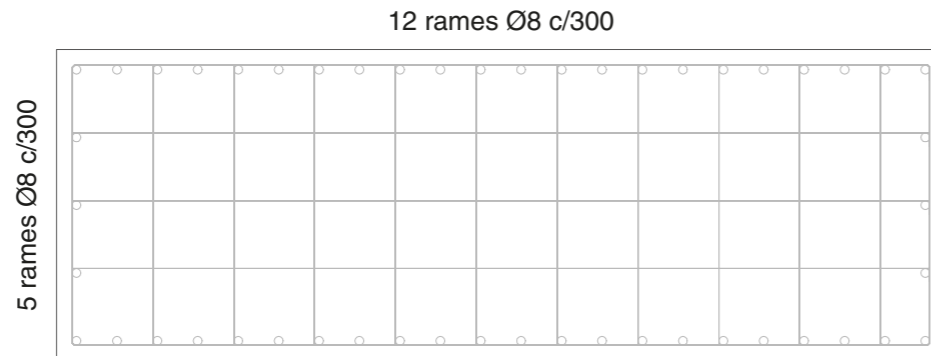


Fig. 142  
Secció armadura de tallants del pilar de formigó; resultat del programa de càlcul ANGLE

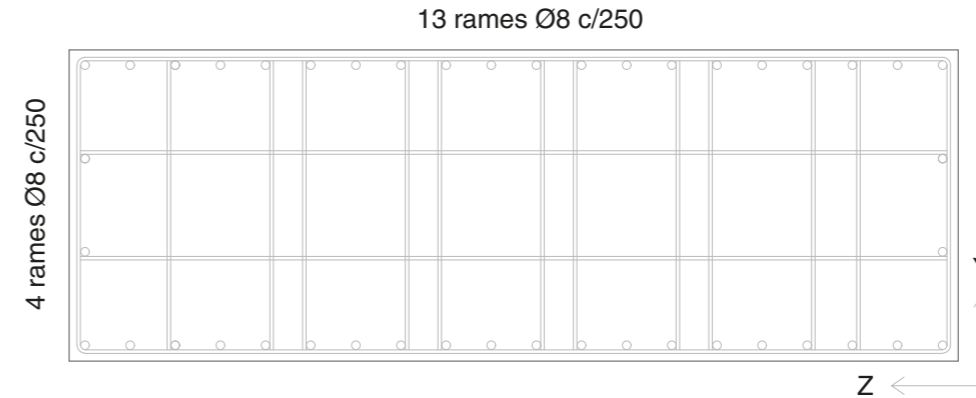


Fig. 143  
Secció armadura de tallants del pilar de formigó

Per tant, l'armat definitiu del pilar queda:

- Armadura paral·lela a l'eix Y: 4Ø20 en cada cara
- Armadura paral·lela a l'eix Z: 20Ø20 en cada cara
- Estreps: 17 rames Ø8 c/250 mm

Com hem dit en línies anteriors hi ha petites diferències entre l'armat principal que proposa el programa de càlcul i el que hem disposat segons el nostre càlcul, el nombre de barres en l'armat d'ANGLE és major que l'elegit però com s'ha demostrat en la pàgina anterior, la quantia mecànica total disposada cobreix sobradament la quantia necessària, amb el que concloem que el nombre de barres disposades per ANGLE es podria reduir. El major nombre de barres en l'armadura principal es fa notable, per tant també en el nombre de branques en l'armat d'estreps.

## 8. Conclusions

Durant la realització d'aquest treball final de grau s'ha pogut conèixer la complexitat que suposa el disseny, execució i control d'un estadi de futbol. Com arquitectes déu ser fascinant i satisfactori enfrontar-se a un projecte d'aquestes magnituds.

L'anàlisi i estudi portat endavant durant aquest treball ens ha fet aprendre ja no sols sobre la part tècnica en lo referent a la construcció i estructura sinó també sobre l'impacte que comporta dins la ciutat una infraestructura d'aquest tipus i la importància de l'acceptació de la població i visitants.

De l'estudi estructural hem pogut extraure diverses conclusions, per una banda que l'estructura de pòrtics plantejada és estable per si mateixa, el que ha permès la demolició dels dos fons i la seua reconstrucció; de la mateixa manera ho ha fet possible l'estructura espacial de coberta, la qual s'ha mantingut en els laterals i s'hi han col·locat de noves als fons.

També podem parlar de la funció de les quatre grans gelosies que s'han incorporat en la remodelació, i què passen a convertir-se en elements característics del nou estadi. Aquestes gelosies tenen per una banda la funció de suportar l'ampliació de coberta que s'hi fa, al mateix temps que ajuda a reduir el moment que produeix el voladís què crea la coberta, la qual descarrega únicament en l'estructura de formigó sobre un dels pilars dels pòrtics.

En el procés de càlcul de l'estructura hem pogut veure les dificultats què presenta el projecte i lo complex que resulta el càlcul. Tot i tenir com objectiu el càlcul del pòrtic tipus, l'estructura d'aquest estadi ens ha conduït a realitzar el modelat i càlcul d'una part del fons sud amb la finalitat d'aproximar-nos més al seu comportament real, centrant-nos després ja en l'estudi dels elements del pòrtic tipus. En el programa de càlcul hem tingut problemes en la coberta en la qual havíem ficat ròtules però el programa no ens mostrava resultats, pel que vam prendre la decisió d'eliminar-les, i d'aquesta manera ja ens permeté obtindre els resultats dels esforços i deformades.

Per acabar, podem dir que totes les tasques dutes a terme per a l'elaboració del treball ens ha ensenyat a seguir una metodologia de treball de investigació que ens pot servir per a futurs projectes.

*Nota:*

L'1 d'agost de 2019, la companyia de segurs Reale Seguros adquireix els drets de naming del nou estadi de la Reial Societat per als 6 pròxims anys. "Reale Seguros Stadium" és el nou nom de la casa dels txuri-urdin. (Real Sociedad 2019c)

## 9. Bibliografia

- Allianz Riviera (2015a). "OBRA ARQUITECTÓNICA". *Web oficial del Allianz Riviera*, <https://www.allianz-riviera.fr/en/introduction/building> (18 de juny de 2019)
- Allianz Riviera (2015b). "UN LUGAR MULTIFUNCIONAL". *Web oficial del Allianz Riviera*, <https://www.allianz-riviera.fr/en/introduction/multi-functional-venue> (18 de juny de 2019)
- Arkiplus (2019). "Losa de hormigón". *Arkiplus*, <https://www.arkiplus.com/losa-de-hormigon/> (9 de juliol de 2019)
- Ayuntamiento de San Sebastián (2019). "Barrios". *Web del Ayuntamiento de San Sebastián*, [https://www.donostia.eus/info/ciudadano/part\\_barrios.nsf/vowebContenidoId/NT0000098A?OpenDocument&idioma=cas&id=A379281&doc=D](https://www.donostia.eus/info/ciudadano/part_barrios.nsf/vowebContenidoId/NT0000098A?OpenDocument&idioma=cas&id=A379281&doc=D) (18 de juny de 2019)
- Bayern de Munic (2019). "EL ALLIANZ ARENA. El hogar del Bayern". *Web oficial del FC Bayern Munic*, <https://fcbayern.com/es/club/allianz-arena> (18 de juny de 2019)
- Chrisentrenador (2018). "San Sebastián – Anoeta". *Estadios de España*, <https://espanaestadios.com/2018/08/02/san-sebastian-anoeta/> (12 de juny de 2019)
- Código Técnico de la Edificación (2015). "DB-SE-AE Acciones en la edificación". *Código Técnico de la Edificación*, <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-estructural.html> (14 de juliol de 2019)
- GeoEuskadi (2017b). "CIUDAD DEPORTIVA DE ANOETA". *GeoEuskadi*, <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Documentacion/Geocuriosidades/Castellano/> (18 de juny de 2019)
- GeoEuskadi (2017a). "ESTADIO DE ANOETA". *GeoEuskadi*, <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Documentacion/Geocuriosidades/Castellano/> (26 d'abril de 2019)
- Gómez i Sáez (2017). "SAN SEBASTIÁN. DONOSTIA. GEOGRAFÍA E HISTORIA". *INGEBA Instituto Geográfico Vasco*, <http://www.ingeba.org/liburua/2016%20donostia%20definitivo%20baja%20resolucion.pdf> (17 de juny de 2019)
- IASO (2016). "ESTADIO ALLIANZ RIVIERA". *IASO*, <https://www.iasoglobal.com/es-ES/proyecto/estadio-allianz-riviera> (18 de juny de 2019)
- Larzabal, I (2019a). "ESTUDIO DE ARQUITECTURA IZASKUN LARZABAL". *Web del Estudio de Arquitectura Izaskun Larzabal*, <https://www.izaskunlarzabal.com/es/estudio-de-arquitectura/> (17 de juny de 2019)
- Larzabal, I (2019b). "INSTALACIONES DEPORTIVAS". *Web del Estudio de Arquitectura Izaskun Larzabal*, <https://www.izaskunlarzabal.com/es/instalaciones-deportivas/> (17 de juny de 2019)
- Masiá, V (2008a). "ORÍGENES DEL FÚTBOL EN SAN SEBASTIÁN". *La Futbolteca. Enciclopedia del fútbol Español*, <http://www.lafutbolteca.com/athletic-club-de-bilbao/> (20 d'abril de 2019)
- Masiá, V (2008b). "OTROS ESTADIOS". *La Futbolteca. Enciclopedia del fútbol Español*, <http://www.lafutbolteca.com/athletic-club-de-bilbao/> (25 d'abril de 2019)
- Miquel, L (2008). "ESTUDIO COMPARATIVO DE TIPOLOGÍAS DE FORJADOS ANALIZANDO SU COSTE ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL". *Cuaderno de pfc*, <https://cuadernodepfc.files.wordpress.com/2012/07/estudio-tipos-de-forjado.pdf> (9 de juliol de 2019)
- Orts, J (2012). "Allianz Arena". *Muniquéando*, <https://muniquéando.com/allianz-arena/> (18 de juny de 2019)
- Pedraza, J (2018). "ANOETA, UNA NUEVA JOYA PARA SAN SEBASTIÁN". *El País*, [https://elpais.com/deportes/2018/09/14/actualidad/1536914666\\_034307.html](https://elpais.com/deportes/2018/09/14/actualidad/1536914666_034307.html) (27 d'abril de 2019)
- Pentayus (2017). "Estadio de Atocha, San Sebastián". *La soga Revista Cultural*, <https://lasoga.org/estadio-atocha-san-sebastian/> (25 d'abril de 2019)
- Realsocialismo (2015). "La inauguración (1993)". *Realsocialismo*, <https://realsocialismo.org/anoeta-su-historia/#ultimo> (26 d'abril de 2019)
- Real Sociedad (2019a). "Historia". *Web oficial de la Real Sociedad*, <https://www.realsociedad.eus/es/club/historia> (25 d'abril de 2019)
- Real Sociedad (2019b). "Descubre Anoeta". *Web oficial de la Real Sociedad*, <https://www.realsociedad.eus/es/i/descubre-anoeta> (25 d'abril de 2019)
- Real Sociedad (2019c). "Reale Seguros Stadium". *Web oficial de la Real Sociedad*, <https://www.realsociedad.eus/es/noticias/detalle/reale-seguros-stadium> (26 d'agost de 2019)
- Real Sociedad TV (2016). "Anoeta Castellano". *Canal de Video de la Real Sociedad de Fútbol, S.A.D.*, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=156&v=Wk03wQ81dDU](https://www.youtube.com/watch?time_continue=156&v=Wk03wQ81dDU) (26 d'abril de 2019)
- Rodrigo, M (2018a). "Cuando mañana suene Anoeta, el socio de la Real volverá a sentir el fútbol en su plenitud". *Noticias de Guipuzkoa*, <https://www.noticiasdegipuzkoa.eus/2018/09/14/la-real/cuando-manana-suene-anoeta-el-socio-de-la-real-volvera-a-sentir-el-futbol-en-su-plenitud> (26 d'abril de 2019)
- Rodrigo, M (2018b). "El modelo de campo de fútbol con pistas correspondía a los años 50 y 60". *Noticias de Guipuzkoa*, <https://www.noticiasdegipuzkoa.eus/2018/09/14/la-real/el-modelo-de-campo-de-futbol-con-pistas-correspondia-a-los-anos-50-y-60> (2 de maig de 2019)
- Vicente, Á (2015). "La vía para reformar Anoeta, en marcha". *El Diario Vasco*, <https://real-sociedad.diariovasco.com/noticias/201504/24/para-reformar-anoeta-marcha-20150424001736-v.html> (26 d'abril de 2019)



**10. Índex de figures**

Fig. 1 Equip de la Reial Societat en el camp d'Ondarreta (1910) (Wikimedia commons)	04	Fig. 24 Obres fase 4.1 (Real Sociedad)	06
Fig. 2 Escut del Club Ciclista de Sant Sebastià (La Futbolteca)	04	Fig. 25 Obres fase 4.2 (Real Sociedad)	06
Fig. 3 El Club Ciclista de Sant Sebastià rebent el trofeu del Campionat d'Espanya de 1909 (Real Sociedad, Jaunsar, A. Alonso, Fototeca Kutxa)	04	Fig. 26 Obres fase 5.1 (Real Sociedad)	06
Fig. 4 Inauguració del camp d'Atocha (1913) (La soga Revista Cultural)	04	Fig. 27 Obres fase 5.2 (Real Sociedad)	06
Fig. 5 Equip de la Reial Societat (1934) (Real Sociedad, Jaunsar, A. Alonso, Fototeca Kutxa)	04	Fig. 28 Maqueta de l'estadi (Real Sociedad)	06
Fig. 6 Remodelació d'Atocha en 1948 (Real Sociedad, Jaunsar, A. Alonso, Fototeca Kutxa)	04	Fig. 29 Recreació nocturna de l'estadi durant un partit (Real Sociedad)	08
Fig. 7 Campions de la Copa del Rei, temporada 1986-87 (Real Sociedad, Jaunsar, A. Alonso, Fototeca Kutxa)	04	Fig. 30 Platja de la Concha (Agencia de noticias)	08
Fig. 8 Primera temporada en Anoeta (1993) (Real Sociedad, Jaunsar, A. Alonso, Fototeca Kutxa)	04	Fig. 31 Pinta del Vent (Destinos Euskadi)	08
Fig. 9 Camp Hípic d'Ondarreta (WordPress. Estadios de España)	05	Fig. 32 El Kursaal (Comunicae)	08
Fig. 10 Camp d'Atocha (1913) (WordPress. Estadios de España)	05	Fig. 33 Logotip de l'estudi (Izaskun Larzabal)	08
Fig. 11 El desaparegut camp d'Atocha (1984/85) (geoEuskadi)	05	Fig. 34 Izaskun Larzabal, arquitecta encarregada de la reforma d'Anoeta (Noticias de Guipuzkoa. Iker Azurmendi)	08
Fig. 12 Estadi originari inaugurat en 1940 (1954). En color roig assenyalat l'estadi d'Anoeta construït sobre el primer (geoEuskadi)	05	Fig. 35 Tenda de la Reial Societat del carrer Elkano, Sant Sebastià (Izaskun Larzabal)	08
Fig. 13 Estadi d'Anoeta (Real Sociedad)	05	Fig. 36 Camp de futbol z2 Zubieta, Sant Sebastià (Izaskun Larzabal)	08
Fig. 14 Obres fase 1.1 (Real Sociedad)	06	Fig. 37 Edifici Enertic, Sant Sebastià (Izaskun Larzabal)	08
Fig. 15 Obres fase 1.2 (Real Sociedad)	06	Fig. 38 Extensió de la ciutat en la província (Wikimedia commons)	09
Fig. 16 Obres fase 2.1 (Real Sociedad)	06	Fig.39 Plànol de Sant Sebastià (Google Earth)	09
Fig. 17 Obres fase 2.2 (Real Sociedad)	06	Fig. 40 Vista aèria de Sant Sebastià (San Sebastián Turismo & Convention Bureau. Javier Larrea)	09
Fig. 18 Obres fase 2.3 (Real Sociedad)	06	Fig. 41 Vista aèria de la Ciutat Esportiva d'Anoeta (Frontó Anoeta, Poliesportiu J.A. Gasca, Frontó Atano III, Estadi Municipal d'Anoeta, Miniestadi, Palau del Gel, Frontó Carmelo Balda, Piscines Paco Yoldi, Velòdrom Elorza) (Google Earth)	09
Fig. 19 Obres fase 2.4 (Real Sociedad)	06	Fig. 42 Construcció de la ciutat esportiva d'Anoeta (1945/46) (GeoEuskadi)	09
Fig. 20 Obres fase 2.5 (Real Sociedad)	06	Fig. 43 Vista parcial del barri d'Amara Berri (2012) (Wikimedia commons. Mikel Arrazola)	09
Fig. 21 Obres fase 2.6 (Real Sociedad)	06	Fig. 44 El desaparegut alberg juvenil, i enfront la piscina de 25 m (cap a 1960) (GeoEuskadi. Kutxa Fototeca CC)	09
Fig. 22 Obres fase 3.1 (Real Sociedad)	06	Fig. 45 Recreació de l'exterior d'Anoeta (Real Sociedad)	09
Fig. 23 Obres fase 3.2 (Real Sociedad)	06		

Fig. 46 Planta +3.425 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	10	Fig. 72 Envolupant de l'Allianz Arena (Muniquéando)	14
Fig. 47 Planta +4.300 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	10	Fig. 73 Façana il·luminada (Muniquéando)	14
Fig. 48 Planta +8.325 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	10	Fig. 74 Allianz Riviera durant un partit (OGC Nice)	14
Fig. 49 Planta +13.225 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	10	Fig. 75 Planta dels fonaments existents. En roig els elements que s'eliminen per poder executar les obres projectades (Cedida por Ikuska Ormazabal)	15
Fig. 50 Planta +17.075 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	11	Fig. 76 Planta general dels fonaments (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	15
Fig. 51 Planta +20.750 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	11	Fig. 77 Quadre resum dels fonaments (Elaborada per l'autora)	15
Fig. 52 Planta +24.950 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	11	Fig. 78 Detalls dels encepats (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	16
Fig. 53 Planta +28.625 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	11	Fig. 79 Planta de replanteig de pòrtics (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	16
Fig. 54 Planta coberta (Cedida por Ikuska Ormazabal)	12	Fig. 80 Taula de tipologia de pòrtics (Elaborada per l'autora)	17
Fig. 55 Alçat (ARREVOL)	12	Fig. 81 Tipologies de pòrtics (Elaborada per l'autora)	17
Fig. 56 Secció pòrtic 01 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	12	Fig. 82 Taula resum dels pilars existents per planta (Elaborada per l'autora)	17
Fig. 57 Secció pòrtic 14 (Cedida por Ikuska Ormazabal)	12	Fig. 83 Planta de pilars +3.425 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	17
Fig. 58 Recreació de l'estadi des d'una vista elevada (Real Sociedad)	13	Fig. 84 Planta de pilars +4.300 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	18
Fig. 59 Interior del nou camp en fase de construcció (Izaskun Larzabal)	13	Fig. 85 Planta de pilars +8.325 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	18
Fig. 60 Noves circulacions (Izaskun Larzabal)	13	Fig. 86 Planta de pilars +13.225 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	18
Fig. 61 Recreació dels vomitoris de sortida a la graderia (Real Sociedad)	13	Fig. 87 Planta de pilars +16.375 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	18
Fig. 62 Recreació del nou sòcol d'accés (Real Sociedad)	13	Fig. 88 Planta de pilars +20.750 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	19
Fig. 63 Nou sòcol en fase de construcció (Real Sociedad)	13	Fig. 89 Planta de pilars +24.950 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	19
Fig. 64 Recreació del hall d'accés al camp (Real Sociedad)	13	Fig. 90 Pòrtic tipus (tipologia 1) (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	19
Fig. 65 Hall d'accés al camp en fase de construcció (Real Sociedad)	13	Fig. 91 Detall de forjat de xapa nervada (CONSTRUMÁTICA)	20
Fig. 66 Recreació del bar de la llotja comuna (Real Sociedad)	13		
Fig. 67 Visa del camp des de la llotja comuna (Real Sociedad)	13		
Fig. 68 Recreació de la llotja privada (Real Sociedad)	13		
Fig. 69 Vista exterior del nou Anoeta (Real Sociedad)	13		
Fig. 70 Exterior de l'Anoeta en fase de construcció (Izaskun Larzabal)	13		
Fig. 71 Recreació del plató de televisió en segona planta de cantonada (Real Sociedad)	13		

Fig. 92 Planta general posició de les gelosies metàl·liques (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	20	Fig. 110 Valors del coeficient eòlic o de pressió $c_p$ del CTE (Código Técnico de la Edificación)	26
Fig. 93 Gelosia tipus 1. Alçat, planta i secció tipus (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	20	Fig. 111 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) hipòtesi 1 (Elaborada per l'autora)	27
Fig. 94 Gelosia tipus 2. Alçat, planta i secció tipus (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	20	Fig. 112 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) hipòtesi 1 (Elaborada per l'autora)	27
Fig. 95 Modelat estructura amb elements assignats (Elaborada per l'autora)	22	Fig. 113 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) hipòtesi 1 (Elaborada per l'autora)	27
Fig. 96 Pòrtic tipus (Elaborada per l'autora)	22	Fig. 114 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) hipòtesi 2 (Elaborada per l'autora)	27
Fig. 97 Càrregues permanents llosa i envans (1) (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	23	Fig. 115 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) hipòtesi 2 (Elaborada per l'autora)	28
Fig. 98 Càrregues permanents llosa, paviment i envans (1) (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	23	Fig. 116 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) hipòtesi 2 (Elaborada per l'autora)	28
Fig. 99 Càrregues permanents llosa, paviment i envans (2) (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	23	Fig. 117 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) hipòtesi 4 (Elaborada per l'autora)	28
Fig. 100 Càrregues permanents llosa i envans (2) (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	23	Fig. 118 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) hipòtesi 4 (Elaborada per l'autora)	28
Fig. 101 Càrregues permanents grades prefabricades (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	23	Fig. 119 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) hipòtesi 4 (Elaborada per l'autora)	29
Fig. 102 Valors característics de la sobrecàrrega d'ús del CTE (Código Técnico de la Edificación)	24	Fig. 120 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) combinació E.L.U. (Elaborada per l'autora)	29
Fig. 103 Sobrecàrrega d'ús planta +8.325 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	24	Fig. 121 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) combinació E.L.U. (Elaborada per l'autora)	29
Fig. 104 Sobrecàrrega d'ús planta +13.225 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	24	Fig. 122 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) combinació E.L.U. (Elaborada per l'autora)	29
Fig. 105 Sobrecàrrega d'ús planta +17.075 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	24	Fig. 123 Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. (1) (Elaborada per l'autora)	30
Fig. 106 Sobrecàrrega d'ús planta +20.750 (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	24	Fig. 124 Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. (2) (Elaborada per l'autora)	30
Fig. 107 Sobrecàrrega d'ús graderies (Cedida por Ikuska Ormazabal i modificada per l'autora)	24	Fig. 125 Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. Planta +8.325 (1) (Elaborada per l'autora)	30
Fig. 108 Sobrecàrrega de neu en capitals de província i ciutats autònomes del CTE (Código Técnico de la Edificación)	25	Fig. 126 Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. Planta +8.325 (2) (Elaborada per l'autora)	31
Fig. 109 Valors del coeficient d'exposició $c_e$ del CTE (Código Técnico de la Edificación)	25	Fig. 127 Deformada DZ; E.L.S. combinació 1 (Elaborada per l'autora)	31
		Fig. 128 Deformada DZ; E.L.S. combinació 1. Planta +8.325 (Elaborada per l'autora)	31
		Fig. 129 Moments ( $M_y$ ); combinació E.L.U. (Elaborada per l'autora)	32
		Fig. 130 Deformada DZ; E.L.S. combinació 1 (Elaborada per l'autora)	32
		Fig. 131 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) (1) (Elaborada per l'autora)	32
		Fig. 132 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) (2) (Elaborada per l'autora)	32

Fig. 133 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) (1) (Elaborada per l'autora)	33
Fig. 134 Diagrama de Tallants ( $V_y$ ) (2) (Elaborada per l'autora)	33
Fig. 135 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) (1) (Elaborada per l'autora)	33
Fig. 136 Diagrama de Moments ( $M_z$ ) (2) (Elaborada per l'autora)	33
Fig. 137 Diagrama d'Axials ( $N_x$ ) i de Moments ( $M_z$ ) del pilar de formigó (Elaborada per l'autora)	34
Fig. 138 Resultats del programa de càlcul d'estructures ANGLE (Elaborada per l'autora)	34
Fig. 139 Secció armat principal del pilar de formigó (Elaborada per l'autora)	34
Fig. 140 Resultats del programa de càlcul d'estructures ANGLE (Elaborada per l'autora)	35
Fig. 141 Resultats de l'armadura de tallants del programa de càlcul d'estructures ANGLE (Elaborada per l'autora)	35
Fig. 142 Secció armadura de tallants del pilar de formigó; resultat del programa de càlcul ANGLE (Elaborada per l'autora)	35
Fig. 143 Secció armadura de tallants del pilar de formigó (Elaborada per l'autora)	35

#### **Renúncia**

Les fotografies i plànols que no són propietat de l'autor s'utilitzen única i exclusivament amb finalitats docents dins del marc universitari, sense ànim de lucre i reconeixent la propietat intel·lectual dels qui posseeixen el dret sobre elles.





Treball Final de Grau en Fonaments de l'Arquitectura

# Estudi tipològic i estructural del futur Estadi d'Anoeta (Sant Sebastià)