

Treball d'artesia

Execució del voladís en la construcció de l'edifici DHUB de la Plaça de les Glòries de Barcelona

Montse Jorba Calsina

Arquitecta tècnica d'Acciona

Josep M. Badosa i Sanuy

Arquitecte tècnic

■ ■ ■ Un dels punts més singulars del projecte de l'edifici DHUB, pel que fa a la seva geometria, es referia als voladissos, especialment el que vola sobre la plaça de les Glòries, i de la mà d'aquest ho són també l'edifici o nucli central emergent sobre rasant i els dos voladissos posteriors, els quals formen un conjunt sobre l'horitzontalitat de la resta d'edifici semi soterrat i sobre la rasant de la plaça. Agafant l'amplada de tot el carrer Àvila de 20 metres, es troba aquest nucli central caracteritzat per l'important volum que té i el fet que s'ha hagut de construir sobre les vies del tramvia metropolità i la via pública, salvats tots dos per una plataforma de treball que hem anomenat "protecció" íntimament lligada a l'execució de la volada principal en la seva etapa d'estructura i els seus posteriors revestiments (que serà objecte d'una altra anàlisi en propers Informatius).

La tipologia estructural global de projecte resulta adequada i es manté en tots els seus plantejaments, encara que modificant apreciablement les formes i característiques dels subsistemes estructurals, s'intuïa que es podien aprofitar més activament les condicions megaestructurals que l'edifici posseïx, i ajustar a valors concrets alguns dels elements pel que fa a condicionants de deformació i vibratori requerits en la normativa actual (CTE). Així mateix, el procés constructiu, la seqüència del qual ha hagut de ser molt acurada, s'ha hagut d'ajustar en cada estudi per assegurar que és l'adequada tant pel bloc central de formigó armat posttesat com per l'avanç de muntatge

Dels assajos es van treure conclusions que faran revisar la normativa en vigor i el desenvolupament de zones d'interfase entre voladissos i murs de formigó posttesat amb mecanismes especials



dels dos voladissos, que es realitzà de manera simultània.

Per al muntatge de la volada principal, s'estudià la fixació de cada peça, així com

la unió amb el mur i l'enriostament entre cadascuna d'elles, per crear pòrtics contravents mentre no s'acabaven els elements definitius. Per la dimensió de cada peça a part d'aquests criteris estructurals d'interferència amb el conjunt, va caldre tenir en compte els mitjans auxiliars per al seu muntatge i trobar el processos més òptims.

De l'actuació innovadora dels voladissos en surten petites actuacions

innovadores que pegen de la principal, com ara assaigs de laboratori poc usuals i nous, com el sistema Toft, o assaigs per a la determinació del coeficient de lliscament, del qual es van treure conclusions que faran revisar la normativa en vigor, i el desenvolupament de zones d'interfase entre voladissos i murs de formigó posttensat amb mecanismes especials.

El voladís de la sala d'actes

El punt més crític del disseny i desenvolupament constructiu és el gran voladís de la sala d'actes, de 35 m. No menys important però sí en un segon pla, es troben els voladissos posteriors situats un damunt de l'altre de 13 i 8m respectivament. Tots dos voladissos es troben subjectes a l'imponent nucli estructural que conforma el cos central emergent, mitjançant un sistema de posttesat horitzontal en els murs on s'ancoren els voladissos i una sèrie de forjats posttesats que traven aquests. El posttesat horitzontal comprimeix el formigó de manera que a mesura que es van muntant les volades s'equilibra l'excés de compressió amb la tracció que suposen els voladissos. Sense aquest hauria estat impossible executar els voladissos. Tots dos voladissos s'han plantejat amb dues façanes estructurals tipus gelosia, que aniran connectades mitjançant un sistema d'ancoratges i elements de transmissió de càrregues als murs de formigó de l'edifici central emergent sobre rasant. Són dos murs que disten entre ells els 20 metres d'amplada del carrer Àvila. D'aquestes dues façanes o murs, arrencaran les bigues metàl·liques des de les quals s'aniran conformant els forjats de les diferents plantes.

Les façanes s'han plantejat amb un cantell màxim de 400 mm, de manera que s'ha disposat de perfils laminats HEB-400 i IPE-400. En el cas de necessitar característiques mecàniques superiors, es van estudiar seccions tancades d'aquests perfils mitjançant la col·locació de tapes de xapa, casuística que es dona en zones dels dos primers mòduls d'arrencada superiors on els esforços de tracció són molt grans. La sortida d'emergència de l'auditori, situada en la façana que dona a la torre Agbar al cos central emergent, se soluciona mitjançant una altra estructura metàl·lica penjada i també constituïda per perfils laminats, que aniran ancorats,

Objectius fonamentals dels estudis

- Garantir de manera precisa les condicions resistents i deformacions d'un sistema estructural que s'acobli amb total adequació a l'edifici arquitectònic i a la seva funcionalitat prevista.
- Assolir un procés constructiu molt eficient i operatiu, capaç per valorar els treballs i temps d'execució dels elements en taller i, sobretot, dels acoblaments dels mateixos en obra.
- Aconseguir una adequació del material resistent i del cost unitari d'aquest, adoptant disposicions, seccions i unions dels seus elements que s'ajustin amb la major precisió possible a la distribució ideal de mínima energia interna pel plexe resistent necessari.
- Minimitzar el nombre d'unions i precisar al màxim la transferència dels seus esforços, entre les estructures metàl·liques dels voladissos principals i els murs dorsals en què cada un s'encasta, permetent facilitar l'execució i deslligar la construcció d'ambdós sistemes, en ordre a millorar els procediments constructius d'ambdós sistemes.

A priori, els principals avantatges es preveuen en guanyar en simplicitat de muntatge i seguretat, treballant en els detalls de les unions més que en una rebaixa substancial d'acer. ■

tant als murs de formigó com a l'estructura metàl·lica del voladís de 35 metres on se situa l'auditori. En totes les estructures metàl·liques s'han projectat unions en obra del tipus cargolat, de manera que simplifiquin el muntatge de l'estructura i garanteixi la rapidesa d'execució i fiabilitat, minimitzant amb això els riscos

existents durant la seva construcció. Això garanteix un millor control de qualitat al taller, minimitzant els problemes d'execució de soldadures en una estructura d'aquest tipus (intempèrie, posició, mitjans auxiliars necessaris, etc.)

Per a la realització del projecte de càlcul de l'estructura s'ha considerat la normativa vigent del CTE (DB-SE, DB-SE-AE, DB-SI), Norma de Construcció Sismoresistent, EHE-2008 i Eurocodis (3 i 4). Els materials utilitzats són acer estructural dels tipus S-275JR i S-355J2N. Les xapes dels forjats col·laborants segueixen sent les de projecte però en aplicar la normativa abans esmentada, i per al seu compliment, es revisen les quanties d'armat i de formigó, veient-se lleugerament incrementades.

El més destacat de l'actuació innovadora dels voladissos a part de la seva transformació d'estructura soldada a cargolada, són l'execució de la interfase entre aquesta estructura metàl·lica i el nucli de formigó de l'edifici emergent central, i la realització d'uns assaigs per determinar el coeficient de lliscament en les unions cargolades. És per aquest motiu, que aprofundim en aquests dos punts d'una manera més intensiva abans d'entrar en el monogràfic de la fabricació a taller i muntatge a l'obra.

Interfase

Es desenvolupen amb detall els elements d'ancoratge i distribució de càrregues de l'estructura, assegurant que siguin rígids i suficients per transmetre els importants esforços. És així com es posa de manifest que es necessiten uns 80 cm d'ample de mur mínim per a la zona d'interfase. En projecte estaven previstos 40 cm d'estructura i un paquet de façana important la pell de la qual no podia tenir diferents plans. És per aquest motiu que l'eixamplament en els caps dels murs fins a 70 cm va fer necessari tornar a estudiar la façana en aquesta zona i buscar una solució local que no minvés els condicionants i requeriments de la mateixa.

Aquest sobre ample guanyat igualment molt ajustat va obligar a desenvolupar

El planejament d'obra era molt ajustat i no es podia permetre ni una errada de taller amb el consegüent temps d'espera entre nova fabricació i transport a obra

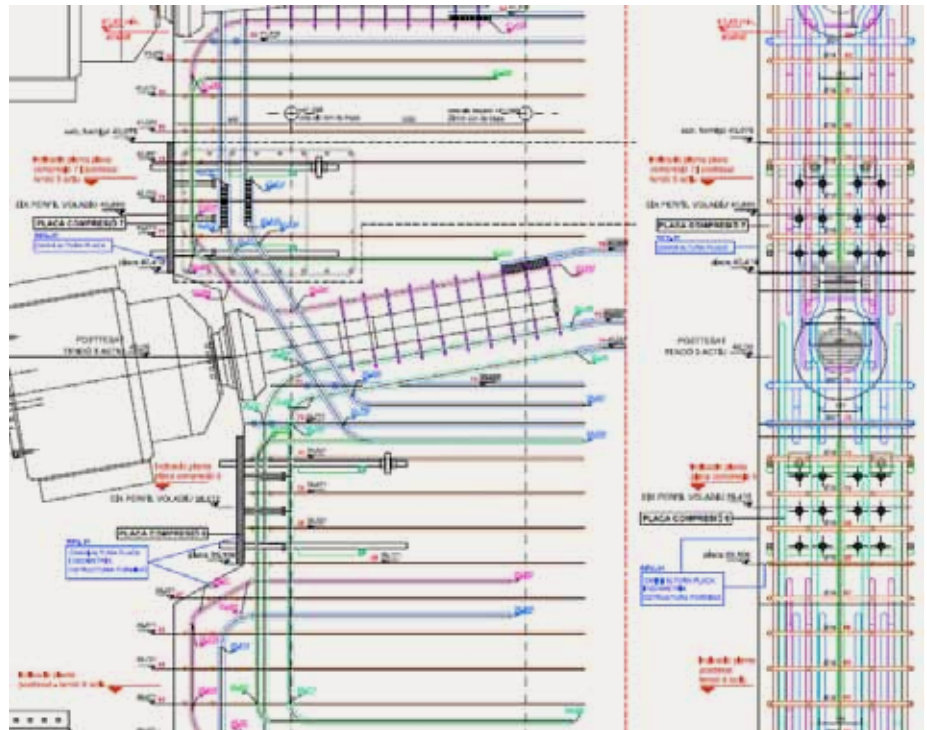
par un complex entramat en aquests caps dels murs amb una tolerància de 2 mm en l'execució de l'armat, donant lloc a haver de soldar totes les barres per assegurar que aquestes es mantinguessin en la posició prevista.

La geometria de cadascuna de les barres és molt precisa quant a radi de curvatura i posició, és per aquest motiu que es va portar a obra una màquina plegadora d'armat i es varen executar els armats en obra ajustats mil·limètricament segons les necessitats de cada un en la seva posició. El planejament d'obra era molt ajustat i no es podia permetre ni una errada de taller amb el conseqüent temps d'espera entre nova fabricació i transport a obra.

Al voltant de les beines, variables en diàmetre segons la seva posició, tenim curvatures més o menys obertes. Per comprovar cada grifatge amb la màquina plegadora es treballa amb una taula en paral·lel on es replantegen les barres a manera de plantilla de comprovació. Realment es tracta d'un treball d'artesanía des de la seva concepció fins a la seva posada en obra.

L'armat i les plaques amb els connectors han d'estar disposats de manera que no interfereixin entre si i a la vegada, es respectin els recobriments del formigó armat. Són zones delicades que un cop posttesades reben grans esforços i cal cuidar l'execució amb un nivell d'exigència important.

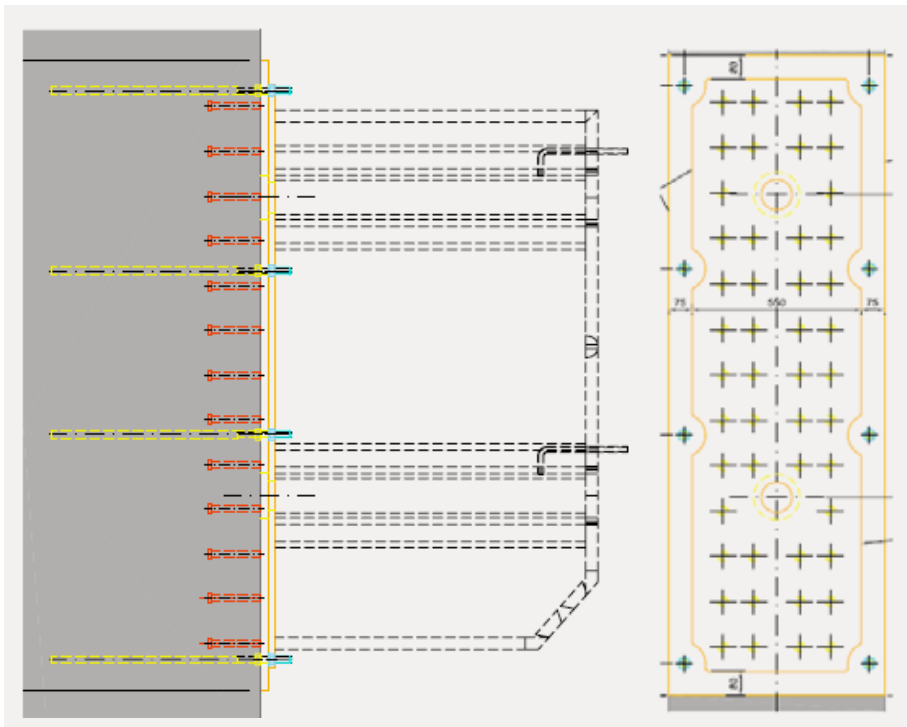
Al seu torn, el conjunt del primer mòdul d'ancoratges pensats inicialment en xapes de 50 mm amb pern tipus Nelson a quadrar amb la retícula d'armat horitzontal i vertical ha de ser dividida



A LA FOTO S'OBSERVEN
LES DIFERENTS FASES
DE LA INTERFASE
QUE S'EXPLIQUEN A
CONTINUACIÓ

Diferents fases de la interfase

- Per assegurar la correcta posició dels ancoratges es va establir un procediment constructiu que va comportar formigonar els caps dels murs en diferents fases.
- 1. Disposició de l'armat segons plànols i mitjançant unions de tipus soldat per assegurar la seva posició teòrica en obra.
- 2. Col·locació de la primera placa d'ancoratge amb els connectors tipus Nelson i els pern d'ancoratge de 650 mm de longitud.
- 3. Formigonat del cap fins 40cm de la cara interior de la placa d'ancoratge.
- 4. Col·locació del primer mòdul d'estructura metàl·lica i fixació en tota la seva alçada i diferents nivells.
- 5. Formigonat dels 40cm que s'havien deixat mitjançant un encofrat manual amb tremuges i un abocament del formigó de consistència líquida en tongades de poca alçada i un vibrat acurat per evitar la formació de coques i assegurar una correcta execució d'aquestes zones rellevants.
- 6. Realització del posttesat horitzontal dels murs de formigó armat mitjançant la col·locació de gats hidràulics



VISTA LATERAL I FRONTAL ON ES POT APRECIAR LA DOBLE PLACA PER A LA REGULACIÓ

en dues xapes de 25 mm cadascuna per poder absorbir qualsevol diferència mil·limètrica de manera que els ancoratges definitius es puguin disposar en la posició teòrica de pla i així conformar dos plans completament paral·lels, a la mateixa alçada i distància segons plànol.

Així mateix la filosofia de la placa d'ancoratge ve a ser la mateixa de la placa base d'ancoratge de qualsevol pilar metàl·lic. És a dir, hi ha una rosca i contrafemella per procedir al correcte aplomat i anivellament de la mateixa. Les rosques que s'observen en la placa que va

contra l'estructura del formigó permeten certa tolerància pel que fa a la placa que rep l'estructura metàl·lica en la direcció x/y. La unió entre elles és soldada, és per aquest motiu que en la dimensió z cal que estiguin perfectament aplomades, fet que amb les rosques s'aconsegueix fàcilment aquesta regulació perfecte.

Una estructura d'aquestes característiques té unes consideracions pròpies de les grans estructures metàl·liques d'enginyeria civil tot i que ens trobem dins el camp de l'edificació

- entre les diagonals dels primers mòduls de l'estructura metàl·lica.
- 7. Execució dels cordons d'unió entre les dues plaques d'ancoratge mitjançant soldadura.
- 8. Col·locació dels següents mòduls de l'estructura segons el procediment previst. Veure annex.
- 9. Reblert de la separació entre placa d'ancoratge i mur de formigó mitjançant injectat per bombament de resines especials.

Aquest procediment pot semblar lent i costós però no hem de perdre la noció que ens trobem davant una estructura

singular amb uns requeriments alts i toleràncies molt baixes. Això no vol dir que si l'estructura no hagués estat cargolada les exigències haguessin estat menors. Una estructura d'aquestes característiques té unes consideracions pròpies de les grans estructures metàl·liques d'enginyeria civil tot i que ens trobem dins el camp de l'edificació.

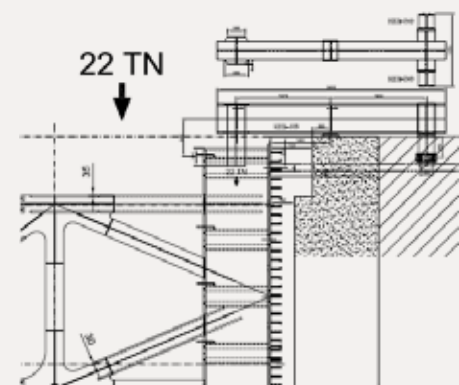
És per aquest motiu que es fa necessari desenvolupar mecanismes per fer-la possible com ara els comentats o com les bigues especials de regulació per a la col·locació dels mòduls d'arrencada. ■



Execució precisa

Els ancoratges de diferents nivells en una mateixa plomada així com els d'un costat i els situats a 20 metres respecte els anteriors, han d'estar perfectament alineats entre si per no tenir problemes en el futur. Una estructura cargolada és molt ràpida de muntar sempre i quan tot encaixi. Per fer-nos una idea del que estem parlant cal pensar en la tolerància que té un cargol dins una femella. I que aquesta precisió s'exigeix en totes les peces que conformen el voladís (estructures laterals, forjats, altells, etc.).

Atesa la necessitat de precisar soldar l'armat dels murs en la zona d'ancoratges metàl·lics, es va avançar i finalitzar l'estructura de formigó mentre es pujaven els caps en paral·lel, és per això que l'aspecte del cos central ja deixava entreveure que alguna cosa especial requerien uns voladissos de grans dimensions.



DETALL PEÇA PREVISTA COL·LOCADA EN CADA CAP DE MUR PER SUBJECTAR DE MANERA PROVISIONAL EL PRIMER MÒDUL

Assaig de lliscament

Presa la decisió de canviar la solució de l'estructura metàl·lica de soldada a cargolada, la direcció d'execució juntament amb la col·laboració d'ATISAE, va indicar de fer uns assaigs per determinar el coeficient de fregament desenvolupat en les unions cargolades. I encara que no existeix obligació normativa de realitzar aquest tipus d'assaigs per a la preparació superficial adoptada, l'UTE Centre Disseny va decidir dur a terme els mateixos amb caràcter informatiu, ja que en tota normativa, recomanacions i bibliografia tècnica coincideix en un valor del coeficient de fregament de 0,50 davant del valor de 0,35 adoptat, de forma prudent, en el disseny de les unions.

Durant els dies 6 i 7 d'octubre de 2010, es van realitzar una sèrie d'assaigs en el IETCC (Institut Eduardo Torroja), a Madrid, amb la finalitat d'obtenir aquestes dades. Per a aquestes proves es van realitzar unes provetes i un procediment d'assaig recollits en l'annex G de la norma EN 1090-2:2008 *Execució d'estructures d'acer i alumini. Part 2: Requisits tècnics per a l'execució d'estructures d'acer*, procedint-ne a la fabricació de cinc exemplars.

Cal comentar que durant el procés previ a la realització dels assaigs, UTE Centre Disseny va efectuar consultes amb més de deu empreses de control i laboratoris d'assaig de reconegut prestigi a Espanya, que van declinar fer l'assaig pel desconeixement d'aquest, així com per les possibles incerteses en els resultats derivats d'aquest assaig i per l'absència d'equips amb les dimensions i precisió adequats. Finalment, IETCC va acceptar fer-lo advertint que era la primera vegada que feia servir el tipus de proveta esmentada i que els requisits establerts en la normativa eren excessivament estrictes per produir resultats fiables. La seva experiència en l'avaluació del coeficient de fregament es basava en l'ocupació d'un altre tipus de proveta i valors superiors als establerts en l'assaig, aspecte que van advertir en reiterades ocasions.

De forma paral·lela al procés indicat, es van dur a terme una sèrie d'assaigs en els Tallers d'Acciona Infraestructures,



FOTOGRAFIA DEL MUNTATGE EN OBRA DEL MÒDUL SUPERIOR DEL VOLADÍS POSTERIOR DE 8 M DE LONGITUD

(empresa que ha executat l'estructura metàl·lica dels voladissos). En aquests assaigs, de caràcter intern, es varen utilitzar diferents tipus de provetes amb diverses mètriques de cargols, i diferents unitats per tal de treure un major ventall de conclusions. Així mateix, durant aquest procés intern es va procedir per part del Taller i de l'Enginyeria d'Acciona Infraestructures a l'anàlisi de la normativa europea i nord-americana relacionada amb aquest tipus d'assaigs i unions, així com diferents fonts bibliogràfiques que poguessin aportar informacions d'interès, i per tal de aconseguir un major coneixement del procés d'assaig es va procedir per part de l'enginyeria a la utilització de models teòrics d'elements finits.

Les unions cargolades emprades en el projecte constructiu de l'estructura del Centre de Disseny de Barcelona corresponen a l'anomenada categoria B, o unions resistents al lliscament en Estat

Límit de Servei, d'acord amb la UNE EN 1993.01.08:2005, Eurocodi 3: Projecte d'estructures d'acer. Part 1-8: Unions ". En aquest tipus d'unions s'estableix que les sol·licitacions produïdes en Estat Límit de Servei no hauran d'excedir el nivell de fregament generat, comportant en Estat Límit Últim com unions cargolades de tipus convencional. Aquest fet suposa que, un cop superat el fregament existent, els filaments dels cargols es recolzaran en les perforacions, obtenint-ne la capacitat última de la unió com el valor mínim dels cargols sol·licitats a tallant o la capacitat d'aixafament de les xapes.

D'acord amb l'esmentada norma, complementada per la norma EN 1090-2:2008, *Execució d'estructures d'acer i alumini. Part 2: Requisits Tècnics per a l'execució d'estructures d'acer*, les superfícies de contacte preparades mitjançant granallat correspondran a superfícies del tipus A, podent emprar-ne en el disseny de les unions un valor de coeficient de fregament de 0,50, molt superior l'adoptat en el Centre de Disseny de Barcelona, de valor 0,35. Aquest valor adoptat, resulta molt

Realment es tracta d'un treball d'artesanía des de la seva concepció fins a la seva posada en obra

prudent però el podríem classificar de raonable, tenint en compte que el valor de 0,50 és un valor mitjà no absolut. Un error en la traducció de la normativa, no específica que el valor és un valor mitjà.

Les provetes assajades s'han sotmès a esforços de compressió i realitzat amb material qualitat S355J2N, igual que l'utilitza't al Centre de Disseny, cargols qualitat 10/09 i volanderes indicadores del tipus DTI. Les distàncies entre cargols i granallat han estat també els mateixos. L'única variant respecte a obra ha estat portar l'assaig fins al punt d'esquinçar els forats de la xapa central per a poder avaluar la capacitat de la unió amb desplaçaments i així caracteritzar adequadament el fenomen.

Fabricació a taller i muntatge a obra

Respecte a la fabricació al taller destaquem dues parts, la complexa execució de les peces d'ancoratge i d'altra banda la formació dels diferents conjunts i bigues del mecano cargolat. Anant per parts, les peces d'ancoratge són peces de gran

complexitat que donada l'escassa o nul·la tolerància es decideix d'acoblar en una peça única que reculli tota la vertical d'ancoratges, siguin de tracció o de compressió. És a dir, en la volada hi haurà dos conjunts d'ancoratges que conformaran el primer mòdul d'arrencada.

El realitzar un únic mòdul que els aglutini assegura que la resta d'estructura cargolada s'acoblarà a la perfecció. Si els ancoratges es munten solts, són massa peces i molt pesades per assegurar perfectament la precisió entre elles.

L'assemblatge en taller d'aquests conjunts exigeix una meticulositat extrema, ja que com hem comentat, és la peça de partida per a l'acoblament de la resta de l'estructura, que va cargolada a aquests blocs soldats i que a més són les peces d'ancoratge dels cables de posttesat que subjecten les volades metàl·liques de l'edifici. Tenint en compte aquestes exigències s'estudien les operacions a dur a terme en els Tallers Centrals d'Acciona. Per això i per tal de garantir la geometria dels conjunts, es prepara una plantilla,

a base de perfils HEB i forats per fixar els extrems que van cargolats per tal de garantir la geometria exacta dels conjunts.

Com que la variació dimensional no pot superar els 2 mm i tenim 7 unions, cal obligatòriament anar soldant les unions per separat per permetre la retracció de les peces sense que afecti la longitud total del conjunt. Com és lògic, això implica una minva considerable en el rendiment dels treballs, ja que obliga a realitzar una unió, esperar que refredi, controlar les deformacions sofertes, corregir-les i seguir amb la unió per tornar a repetir el cicle. També hem de tenir en compte que les peces a acoblar tenen uns bisells amb una gran quantitat de material d'aportació, cosa que augmenta els temps d'execució de les unions per a poder armar els conjunts que s'han de muntar a obra.

S'observen les importants dimensions dels bisells que cal preparar amb unes xapes de gruixos considerables en el propi ancoratge. ■



VISTA GENERAL DE L'ACOBLEMENT DELS ANCORATGES AL PRIMER MÒDUL. ES TRACTA LA ZONA ON, A MÉS, ELS HEB-400 I IPE-400 ESTAN TANCATS AMB XAPONS PER PRECISAR MAJOR RIGIDESA QUE LA RESTA DE L'ESTRUCTURA



S'OBSERVEN ELS PILARS JA ACOBLATS. S'OBSERVEN COM LES XAPES DE LA FOTOGRAFIA ANTERIOR JA S'HAN SOLDAT CONTRA ELS PERFILS HEB-400 O IPE-400, SEGONS EL CAS, PER CONFORMAR ELS NUSOS, I AQUESTS AL SEU TORN S'UNEIXEN ALS PILARS



S'OBSERVA LA PEÇA ACABADA AMB LA QUANTITAT DE CORDONS EN SUPERFÍCIE QUE QUEDEN EN EL PUNT MÉS OBERT DEL BISELL



VISTA D'UN DELS CONJUNTS ACOBLATS. EN AQUEST CAS ES TRACTA DELS TRAMS EXTREMS DEL FORJAT INCLINAT DE LA SALA D'ACTES ON HI HA UNA SÈRIE DE BIGUES DE LIGAT ENTRE LES BIGUES PRINCIPALS O BIGUES BOYD



PECES PENDENTS D'ACOBLAR PER A CONFORMAR UN PILAR. ES TRACTA DELS NUSOS DE LA PART SUPERIOR DELS VOLADISSOS, JA QUE EN UNA CARA NO TENEN ENTRONCAMENT



VISTA D'UNA DE LES BIGUES INFERIORS DE LA VOLADA 1 DEL NIVELL +29,86. SÓN LES PRIMERES PECES A COL·LOCAR, LES QUALS VAN ESTINTOLADES A L'ESPERA D'ACOBLAR AMB EL PRIMER MÒDUL QUE RECULL TOTS ELS ANCORATGES. A LA VEGADA, AQUESTA BIGA ARMADA PORTA LA PREPARACIÓ D'UN TIRANT D'UNA PLANTA INFERIOR PENJADA, LA DEL NIVELL +24,74, SALA D'EXPOSICIONS

MUNTATGE EN OBRA

Col·locació prèvia de les 4 xapes d'ancoratge i perns connectors en els diferents nivells i en ambdós costats, recordem distanciació entre si els 20 m d'amplada que té el carrer Àlaba. Aquestes xapes d'ancoratge tenen una amplada de 650 mm i un gruix de 25 mm sent la seva longitud variable. Al seu torn, porten uns perns roscats de M24 i longitud 750 mm, que permeten el seu ancoratge provisional fins que es col·loca sobre elles el conjunt que prové de taller. La missió d'aquests perns roscats és que, un cop col·locat el conjunt sobre les plaques, es puguin regular si així fos necessari perquè aquest conjunt quedi correctament col·locat en la seva posició definitiva.



VISTA DE LA PLACA D'ANCORATGE SUPERIOR. S'OBSERVEN ELS PERNS D'ANCORATGE ABANS DE FORMIGONAR LA PRIMERA FASE PER DEIXAR-LOS SUBJECTES. ENTRE FASES DE FORMIGONAT ES COL·LOCA UN PANELL TIPUS NERVOMETAL AMB AÏLLAMENT (COL·LOCAT EN EL LÍMIT AMB LA CARA D'ENCOFRAT) PER CONFINAR EL LÍMIT DE FORMIGONAT I EVITAR FUITES DEL FORMIGÓ DE CONSISTÈNCIA FLUIDA.

1. Col·locació biga armada costat Besòs

■ Un cop s'han col·locat les plaques d'ancoratge es col·loca la biga inferior armada de la cota +29.30 (nivell auditori). Per al muntatge es munten dues torres de suport provisionals sobre la protecció existent i sobre elles es recolza la biga armada fins que aquesta sigui suportada per les diagonals definitives de l'estructura principal a mode de tirants. Aquestes torres van presentar una càrrega de 0.393 Tn i 6.45 Tn. El pes de la biga era de 8.1 Tn. ■

El pes de la biga era de 8.1 Tn.

2. Col·locació biga armada costat Llobregat

■ Es repeteix la mateixa operació que en el costat Besòs. S'observa l'estructura metàl·lica del nucli d'escaleres mecàniques i ascensors. ■

3. Muntatge del primer mòdul al costat Llobregat



■ Es comença per aquest costat perquè porta la mateixa complexitat que el simètric però amb la diferència que es poden emprar els mitjans auxiliars (grua mòbil i camió de material) des de dins de l'obra. D'aquesta manera es poden prendre temps estimats de durada del muntatge i ajustar al màxim les hores necessàries de tall de trànsit a la plaça de les Glòries que necessitarà el costat Besòs.

El procediment consisteix a col·locar el mòdul en la seva posició i acoblar a les plaques d'ancoratge prèviament col·locades sense recolzar-se en la biga inferior. En aquest cas el pes d'aquest mòdul és de 20 Tn. ■

El procediment consisteix a col·locar el mòdul en la seva posició i acoblar a les plaques d'ancoratge prèviament col·locades sense recolzar-se en la biga inferior.

4. Col·locació del primer mòdul d'estructura en el costat Besòs



■ El següent pas és la col·locació del primer mòdul d'estructura en el costat Besòs. De manera igual que a l'anterior, es col·locarà sobre la biga inferior i s'acoblarà a les plaques d'ancoratge del mur prèviament col·locades. El pes del conjunt complet és de 22 Tn. Una vegada que estigui col·locat correctament en eixos i en cota se subjectarà mitjançant un altre ancoratge provisional sobre el mur de formigó del nucli central.

La peculiaritat d'aquesta fase de muntatge del primer mòdul del costat Besòs és que únicament es pot emplaçar la grua a la via pública. Això comporta encaixar l'ajustada planificació de l'obra amb la possibilitat de poder tallar el trànsit a la plaça de les Glòries durant 36 hores seguides d'acord amb l'aprovació del Comitè d'Obres de l'Ajuntament de Barcelona i la Guàrdia Urbana. Finalment, s'encaixa la data en cap de setmana i entre la visita del Papa a la ciutat i una convenció europea, fets que necessiten assegurar la mobilitat i no permeten talls de trànsit en zones tant concorregudes com el nus de Glòries. ■

MUNTATGE DES DE FORA DE L'OBRA

Aquesta fase, és l'única de tot el muntatge que necessita de tall de via pública de tot el muntatge del voladís de 35m sobre la via pública. Això gràcies a la protecció provisional prèviament muntada així com la gran capacitat de càrrega de la grua torre. Es verifica topogràficament la correcta posició dels conjunts i es procedeix al formigonat dels caps dels murs, zona interfase, contra les plaques d'ancoratge.

**6.**

■ Una vegada que el formigó de les plaques d'ancoratge hagi adquirit la resistència mínima exigida per al tesat, es procedeix al tesat de cables en el Bloc 2. ■

7.

■ Col·locació del segon mòdul al costat Llobregat de 7.5 Tn. ■

8.



■ Muntatge "Porteria", futur pas sortida emergència per passarel·la lateral en el costat Besòs, previ al muntatge del segon mòdul del mateix eix. ■

9.



■ Col·locació segon mòdul costat Besòs. Aquesta peça ve del taller sencer a i a l'obra se li afegeixen dues bigues d'unió amb el pilar col·locat anteriorment perquè resulti més còmode i pugui realitzar-se millor l'acoblament amb el mateix. El pes d'aquest pilar complet amb les 2 bigues d'unió amb el pilar anterior és de 5,5 Tn.

S'observa que encara segueixen els suports provisionals i encara no treballa la volada com a tal.

El muntatge és nocturn encara que de dia, en un altre torn, es realitza el pre-muntatge de diagonals i muntants al pilar de manera que l'alçament és del conjunt sencer i no del pilar i les peces entre mòduls a part. ■

10.



■ Posteriorment es completa la unió entre els dos pilars i entre el pilar i la biga inferior amb la resta de bigues HEB-400 que falten per col·locar, tant horitzontals com diagonals amb el que queda format el Mòdul 2 del costat Besòs. ■

11.



■ Muntatge Bigues tipus Boyd. A continuació es munten les bigues existents entre els conjunts d'ambdós costats, començant per la cota +29.30 i pujant fins arribar a la +44.11. En aquest apartat s'inclouen les bigues tipus Boyd HEA-800 (pes = 4500 Kg), les IPE-200 i les HEA-200 (bigues de lligat transversals), a més d'algun element solt existent com ara pilars (HEB-160 i HEB-100) o tirants (100x100x10). També es col·loca la biga IPE-500 situada a la cota 41.025 en tota la longitud de l'alçat, i que serveix d'unió entre les HEA-800 i l'alçat d'ambdós costats. Un cop adequades totes les unions del material col·locat anteriorment, es procedeix al muntatge de les xapes col·laborants per a l'execució dels forjats dels diferents nivells. ■

12.



■ Muntatge dels tercers mòduls. Un cop col·locades totes les bigues i elements intermedis dels dos primers mòduls, es col·loquen els dos pilars següents en ambdós costats. El pes de cada un d'ells és de 6.5 Tn. Un cop col·locats cadascun dels pilars en la seva posició definitiva se li afegeixen la resta de bigues d'unió de HEB-400 i IPE-400. Es realitza amb cada un dels 4 pilars, formant-se així els mòduls 3 i 4. ■

13.



■ Muntatge 4t mòdul costat Llobregat. ■

14.



■ Muntatge 4t mòdul costat Besòs. ■

15.



■ El següent element que es col·loca, és la biga inclinada de la part inferior en ambdós costats. Per això va ser necessari col·locar una torre de suport sobre la protecció existent a l'altura de la porteria de la futura sortida d'emergència aproximadament. Aquesta peça té un pes de 9 Tn. ■

16.



■ Un cop col·locada la biga inclinada es col·loquen dos pilars més en cada costat. Els passos a seguir són els mateixos que els realitzats en el punt 13, sabent que ara aquests pilars pesen 6 Tn i 5.5 Tn respectivament. Quan estan col·locats els pilars es lliguen al pilar anterior amb les bigues HEB-400 i IPE-400 tant horitzontals com diagonals i queden formats els cinquè i sisè. ■

17.

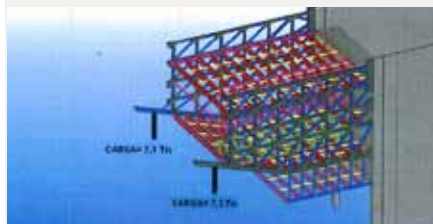


■ Igual que en els apartats 12 i 14 un cop muntats els pilars, es procedeix a col·locar les bigues existents entre eixos. El mateix mètode se segueix en el voladís posterior inferior de 13m de volada. ■



BIGUES DE LLIGAT A NIVELL DE PLANTA COBERTA. IMPRESCINDIBLES D'ANAR COL·LOCANT PER ARRIOSTRAR EL CONJUNT ABANS DE SEGUIR AMB L'AVANÇ.

18.



■ En aquest punt, tenim una càrrega en les torres de suport de 7.1 i 7.5 Tn. moment en el que es procedeix al desmuntatge de les mateixes i per tant, a començar a treballar el voladís com a tal. La següent biga a col·locar és la de secció HEB-400 i les tres IPE-400 que uneixen aquesta la biga inferior inclinada. El pes de la mateixa és de 815 Kg. ■

19.



■ Es procedeix a muntar el conjunt triangular de cantonada de l'alçat. Aquest conjunt el muntem igual que els pilars, és a dir, afegint-li en obra dues bigues d'unió amb el pilar anteriorment muntat. Un cop col·locat el conjunt en la seva situació definitiva, se li afegiran la resta de bigues d'unió amb els pilars anteriors. En paral·lel es comença el muntatge de la subestructura per a façanes.

Seguint els mateixos passos que abans, es col·loquen els elements situats entre els dos conjunts triangulars, incloent les HEA-800, HEA-200, IPE-200, HEB-160 i els tubs de 100x100x10mm corresponent a la subestructura base pel paquet de façana. A més, es munten els elements que formen el frontal diagonal de l'estructura com són les HEB-300, les IPE-300 i les HEB-700. Així queda complet el Mòdul 8 de la volada.

Queda per completar el voladís quant a l'estructura metàl·lica. S'observen començats els treballs de subestructura de façanes i ignifugat de l'estructura principal. ■

20.



■ S'observa la passarel·la metàl·lica penjada ja en el costat Besòs. ■



Fitxa tècnica

Centre de Disseny

Voladissos d'estructura metàl·lica del Centre de Disseny DHUB.

- **Ubicació:** Plaça de les Glòries. Barcelona
- **Promotor:** Ajuntament de Barcelona
- **Gestor:** Barcelona Infraestructures Municipals
- **Arquitectes:** Francesc Gual, Josep Cardús, Silvia San Miguel (MBM Arquitectes)
- **Consultors estructura voladissos:** Carles Jaén, Ana Curto (BOMA) i Acciona Infraestructuras Ingeniería (Madrid) Ricardo Llago i Patricia García
- **Director d'execució de l'obra:** Josep M. Badosa
- **Project management i direcció**

d'execució d'obra: R.Mayoral, JM.Badosa, M.Train, X.Álvarez i D.Sánchez (UTE GPO-SCEPS)

- **Consultor estructura metàl·lica:** Roberto Rondelli i Jonathan Carol (ATISAE)
- **Control de qualitat:** Carles Rubies (Paymacotas)
- **Constructora:** UTE Acciona Infraestructuras –Copcisa
- **Director departament:** Rafael Llanos (Acciona) i Ferran Alabert (Copcisa)
- **Gerent UTE:** Manuel Barrachina, Abelardo López (Acciona)
- **Cap d'obra:** Albert Ferrer (Copcisa)
- **Cap Oficina Tècnica:** Montse Jorba (Acciona)

- **Responsable qualitat UTE:** Ana Eva García (Acciona)
- **Cap de producció estructura metàl·lica:** Jordi Ortiz (Acciona)
- **Responsable seguretat i salut UTE:** Isaac Campos (Copcisa)
- **Contractista estructura metàl·lica voladissos:** Manuel Sánchez, Talleres Centrales (Acciona – Madrid)
- **Autocontrol de qualitat constructor:** Antonio García (SCI)
- **Seguretat i salut:** Imma Costa i Lúdia García (coordinació de seguretat) i Santiago Torralba (auxiliar CSS a peu d'obra) del Servei Previsió Gaudí