



ESTINTOLAMENT DE DOS PILARS EN UN EDIFICI D'OFICINES A TORROELLA DE MONTGRÍ

BLAZQUEZ GUANTER S.L.P. – SEBASTIÀ FIGUEROLA
Setembre 2016

ÍNDIX

DADES GENERALS	2
0 Estat inicial.....	3
1 Actuació. Supressió dels pilars centrals P02 i P03	5
2 Procés d'entrada en càrrega de les bigues i enderroc dels pilars	5
2.1 Realització dels nous fonaments	6
2.2 Col·locació dels nous pilars i bigues	6
2.3 Instal·lació de gats hidràulics i aplicació de càrregues	8
2.4 Aplicació de forces i deformacions obtingudes	10
2.5 Ataconament dels pilars	11
2.6 Retirada dels gats hidràulics i de l'apuntament provisional.....	12
2.7 Enderroc dels pilars a suprimir.....	13
2.8 Entrada en servei de l'edifici	15
3 Conclusió	16

DADES GENERALS

Objecte del projecte:

Estintolament de dos pilars existents en un edifici d'oficines a Torroella de Montgrí.

Agents dels Projecte:

Redactors del projecte i direcció d'obra: Sebastià Figuerola (projecte arquitectònic) i Blázquez Guanter SLP (projecte estructural).

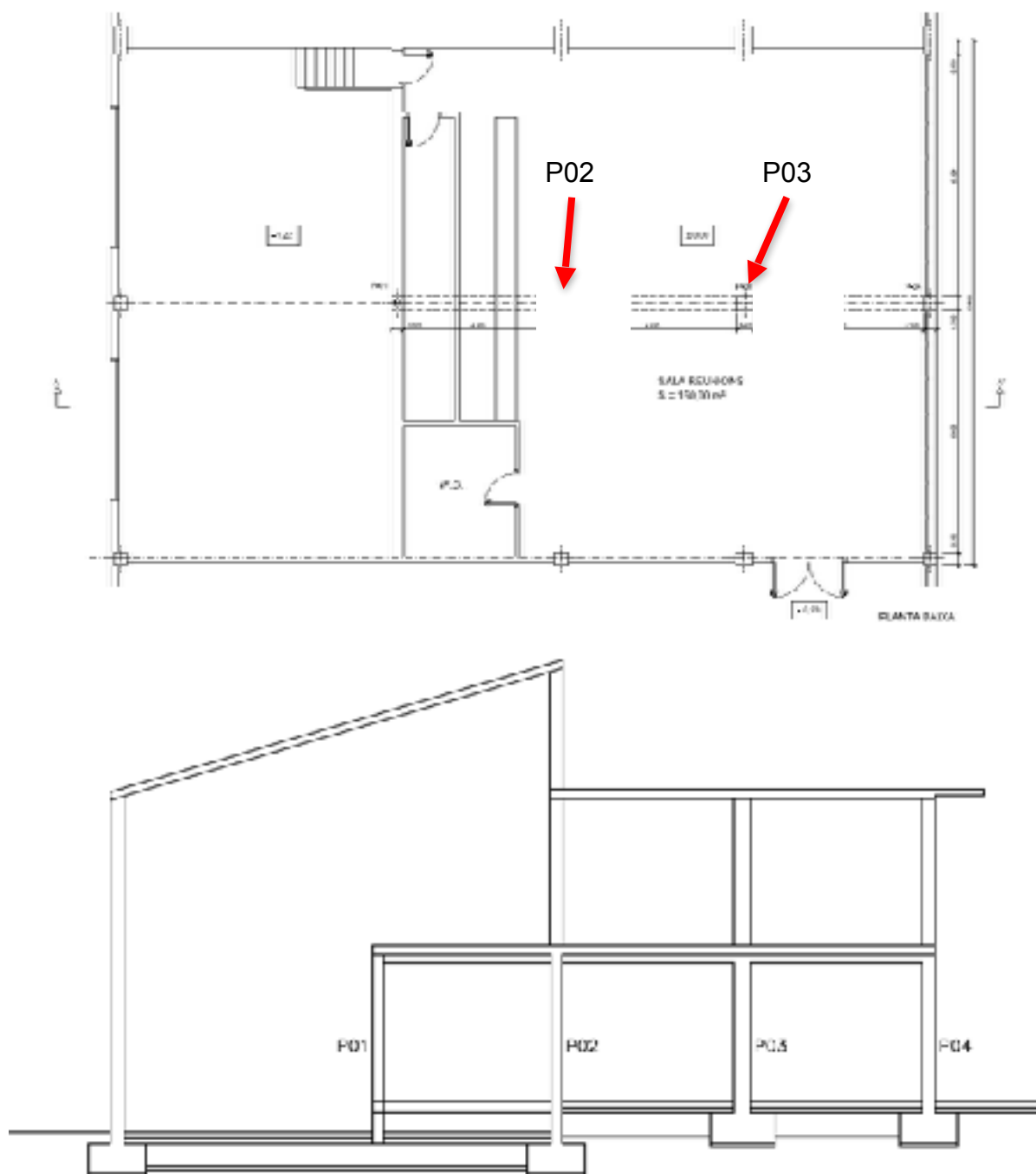
Col·laboradors en l'execució: Miquel Llorens (3S Tech)

0 Estat inicial

La sala objecte de l'actuació es troba en un edifici que combina una zona de magatzem amb coberta lleugera a la part del darrera, i una altra de dues plantes que conté la recepció i sala d'actes en planta baixa i oficines de la mateixa empresa en planta pis, amb façana a la carretera.

L'estructura consisteix en pòrtics de formigó perpendiculars a la façana i separats 6,40m entre ells. En la zona de les oficines, que és on s'ha de fer la intervenció, els pòrtics estan formats per pilars i jàsseres de cantell de formigó armat amb un forjat unidireccional de pòrtic a pòrtic.

La sala d'actes ocupa l'espai de dos trams entre pòrtics de manera que queden els dos pilars del pòrtic central al bell mig de la sala, cosa que dificulta el seu funcionament normal i que s'utilitza per a presentacions, conferències i actes diversos.



Planta i secció en estat inicial

El projecte de reforma inclou, a més de canvis en la distribució i acabats interiors de la sala, l'eliminació d'aquests dos pilars en la planta baixa mantenint-los en la planta primera.

En la secció adjunta es pot veure la totalitat del pòtic. Val a dir que, originalment el pilar P01 no existia, essent fruit d'una ampliació posterior de la zona d'oficines, i que es va realitzar amb elements metàl·lics, com es comenta més endavant.



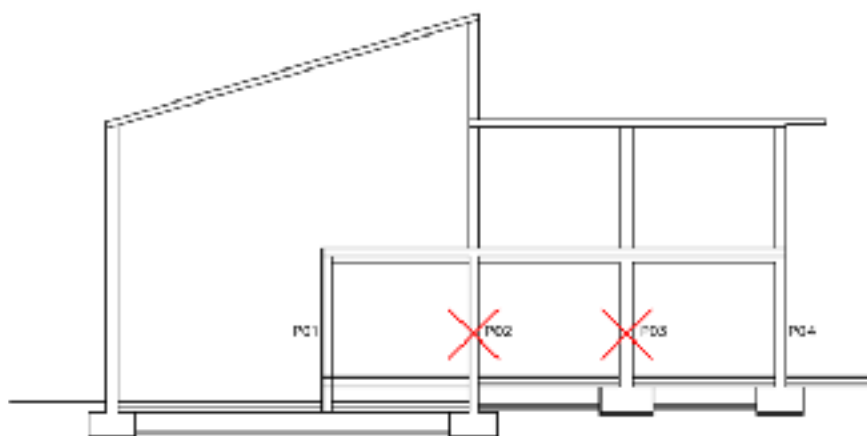
Imatge de la sala en estat inicial amb els pilars P02 i P03

1 Actuació. Supressió dels pilars centrals P02 i P03

Els pilars a eliminar són el P02 i P03 i són de formigó armat. La llum restant entre els pilars P01 i P04 és de 14,40m.

Per aconseguir-ho, es proposa la col·locació de dues bigues armades d'acer laminat, de secció en "C", una per cada banda dels pilars existents, recolzades en dues parelles de pilars metàl·lics nous associats als pilars P01 i P04.

Per tal de minimitzar l'efecte de la deformació de les noves bigues i les conseqüències en envans i paviments de la planta superior, es dissenya un procediment per a fer-les entrar en càrrega, abans de la supressió dels pilars a eliminar.



Pilars que es volen suprimir



Pilars p02 i P03

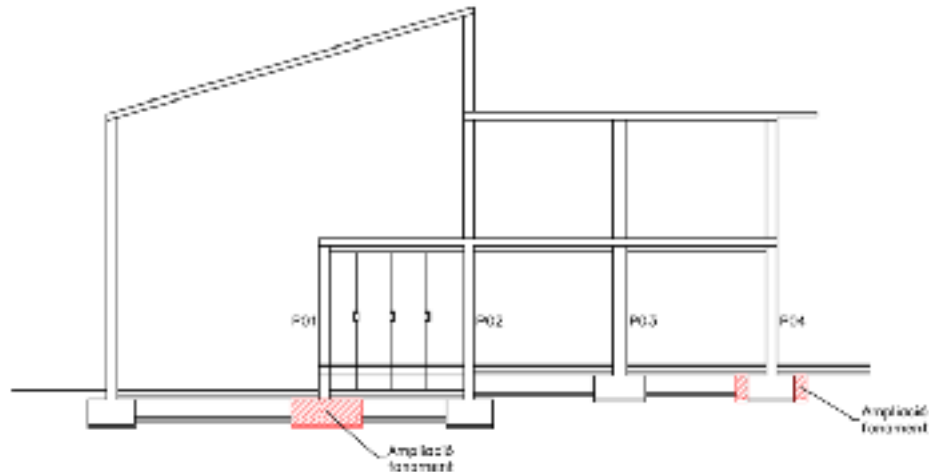
2 Procés d'entrada en càrrega de les bigues i enderroc dels pilars

La data de l'actuació va ser el 30/07/2016.

2.1 Realització dels nous fonaments

En primer lloc, cal ampliar el fonament dels pilars P01 i P04 per tal d'absorbir les noves càrregues que hi arribaran després de l'actuació.

En el transcurs de l'obra es descobreix que el pilar P01, d'acer laminat, i que, com s'ha comentat a l'inici, va ser col·locat posteriorment a la construcció de l'edifici, en realitat no té un fonament propi, sinó que es va ancorar directament sobre la solera del paviment, confiant en la biga de travesa entre sabates existents com a element de fonamentació. Per tant, es realitza una sabata nova embolcallant la biga de travesa i que servirà tant pel pilar existent P01 com pels dos pilars nous associats a ell.



Nova sabata pel fonament P01 i ampliació del fonament P04

2.2 Col·locació dels nous pilars i bigues

Un cop acabada l'execució dels fonaments, es procedeix a la col·locació dels nous dobles pilars metàl·lics.

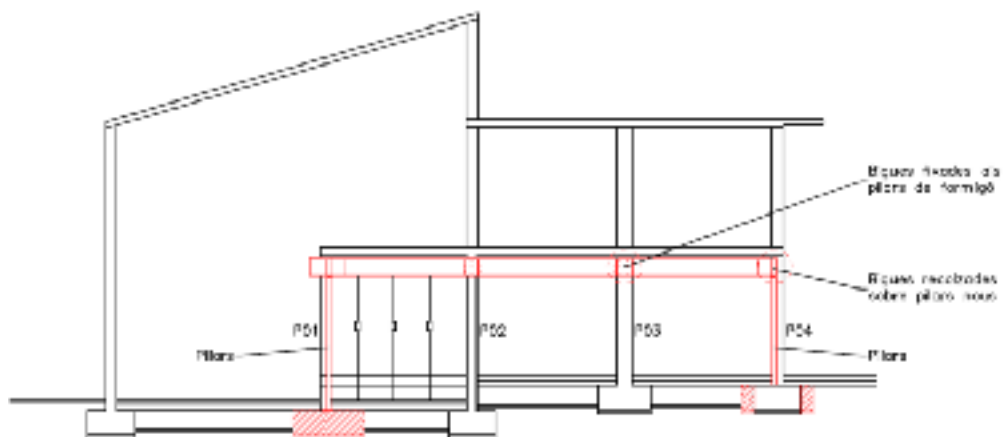
El pilar P02 (a enderrocar) disposa d'un reforç amb 4 "L" i passamans d'acer laminat, fruit de la mateixa operació d'ampliació que va comportar la col·locació del pilar P01. Per això, prèviament a la col·locació de les bigues noves, cal retirar aquest reforç i apuntalar la biga metàl·lica que va de P01 a P02. Aquest apuntalament es mantindrà fins al final de l'operació i, com s'explica més endavant, serà un element distorsionador entre les previsions i els resultats finals.

Quan arriben les bigues, es col·loquen simplement recolzades sobre els pilars metàl·lics, sense soldar res, encara, mantenint una separació de 5 cm amb el sostre.

El següent pas consisteix en la fixació de les bigues als pilars de formigó a enderrocar, per a la qual cosa s'utilitzen passadors d'acer en forma de barra roscada que es collen a banda i banda amb clau dinamomètrica per a aconseguir l'efecte de pretensat desitjat, amb un morter adhesiu a base de resines epoxi per a millorar el fregament de contacte entre l'acer de la biga i el formigó del pilar.



Procés de fixació de les bigues als pilars de formigó P02 i P03 a suprimir



Vista general de la col·locació de bigues i pilars metàl·lics



Recolzament provisional de les bigues sobre els nous pilars metàl·lics (P01) i (P04)

2.3 Instal·lació de gats hidràulics i aplicació de càrregues

En aquest punt, comença l'operació de posta en càrrega de les bigues.

La deformació final prevista al entrar en càrrega les noves bigues és de uns 4,5 cm. Això provocaria grans esquerdes en el paviment i els envans del pis superior, cosa totalment inadmissible. Per evitar-ho, o minimitzar-ho el més possible, es dissenya un procediment per a fer entrar en càrrega les noves bigues abans de tallar els pilars de formigó, mitjançant quatre gats hidràulics que es disposen davant de cadascun dels quatre nous pilars amb la col·laboració de l'empresa 3S Tech, especialitzada en instrumentació d'edificis.

La idea consisteix en pressionar cap amunt els extrems de les bigues que, recordem, estan només recolzades i sense soldar als pilars extrems, i fixades als dos pilars centrals de formigó. Amb això, pre-deformarem les bigues i aconseguirem descarregar la part inferior dels dos pilars centrals, fins al punt que, quan es tallin, la deformació addicional de les bigues sigui mínima.

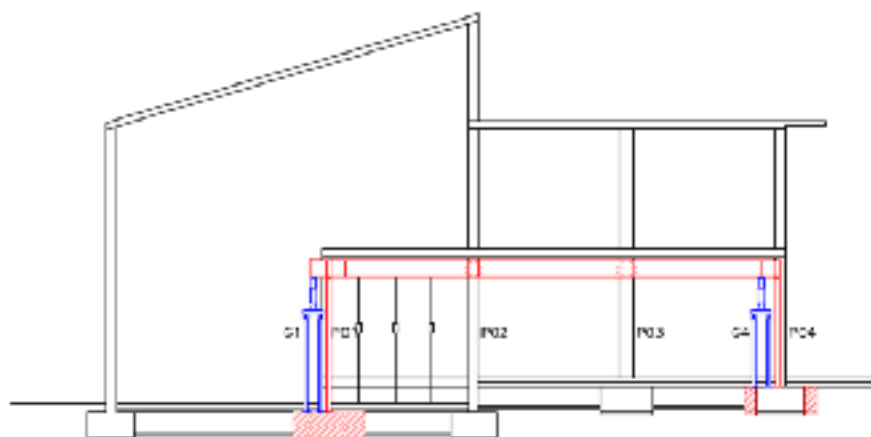
El dispositiu dissenyat consisteix en:

- Sistemes d'instrumentació:

- Sistema informàtic per a controlar la pressió dels gats hidràulics;
- Transductors de desplaçament en cada extrem de les bigues per a mesurar les deformacions;
- Galgues extensomètriques fixades directament a l'armat dels pilars a tallar per a constatar la seva descàrrega, mitjançant la mesura de l'allargament de les barres d'armat.

- Sistemes de control:

- Testimonis de guix en esquerdes existents en els envans de la planta primera.

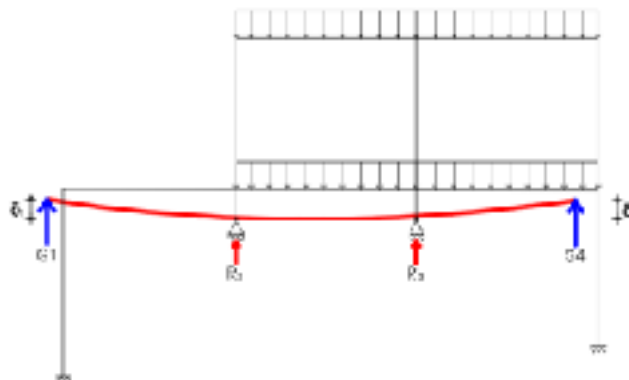




Col·locació dels gats hidràulics (P01 i P04)

Degut a la poca llargada dels gats hidràulics, es construeix una estructura auxiliar provisional per a instal·lar-los, que reposa sobre la nova fonamentació.

- **Model de càlcul per deduir les forces a aplicar i les deformacions esperades**



Es treballa amb un model de càlcul amb l'estructura carregada només amb el pes propi, les càrregues permanents i la fracció quasi permanent de la sobrecàrrega d'ús ($\psi_2 = 0,3$).

S'apliquen dues forces G_1 i G_4 , en els extrems de les bigues amb la intenció de que les reaccions R_2 i R_3 (representant els pilars P02 i P03 a suprimir) quedin anul·lades. Es fan diversos tempteigs fins a aconseguir-ho. Amb aquesta actuació es busca que els pilars existents P02 i P03 quedin descarregats en planta baixa.

Cal remarcar que cadascuna de les forces G_1 i G_4 corresponen a la suma dels dos gats hidràulics que hi ha a cada extrem de les bigues.

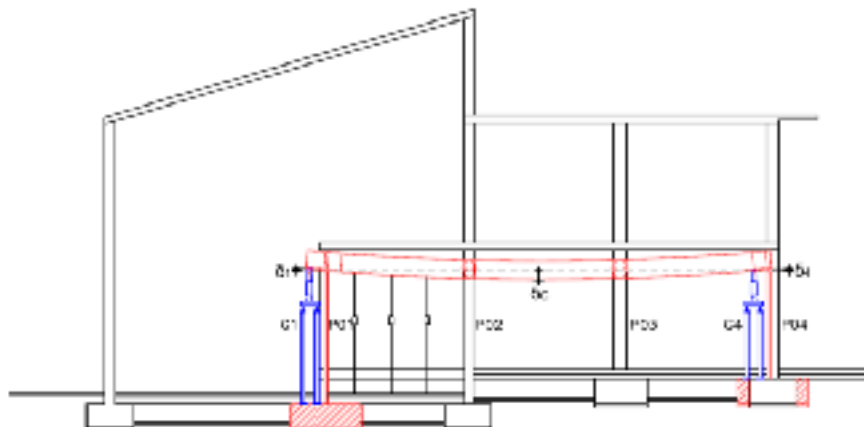
Degut a la incertesa del que realment pesa l'edifici, en la posta en càrrega s'aplicaran les forces entre un 10 i un 15% per sota, perquè es vol assegurar que els pilars no quedin traccionats i, en tallar-los, l'edifici pugi. Això farà que quedin unes reaccions teòriques romanents que es convertiran en càrregues puntuals en les bigues en el moment de tallar els pilars i es produiran les deformacions addicionals.

- Dades teòriques:

Càrregues teòriques (100%) :	$G_1 = 330\text{KN}$ / $G_4 = 450\text{KN}$
Reaccions romanents:	$R_2 = 1,4\text{KN}$ / $R_3 = 5,9\text{KN}$
Càrregues que s'aplicaran (-10% / -15%):	$G_1 = 280\text{KN}$ / $G_4 = 400\text{KN}$
Reaccions romanents:	$R_2 = 66,8\text{KN}$ / $R_3 = 40,6\text{KN}$
Deformacions previstes en extrems:	$\delta_1 = 34\text{mm}$ / $\delta_4 = 23\text{mm}$

2.4 Aplicació de forces i deformacions obtingudes

Es procedeix a deformar les bigues amb l'ajuda dels gats hidràulics. A mesura que augmenta la pressió dels gats, es van fent lectures dels transductors i les galgues extensomètriques per anar comprovant la correlació de les deformacions previstes amb els resultats reals.





Gats hidràulics i transductors de desplaçament, amb les bigues ja separades dels pilars

- **Aplicació de forces i deformacions obtingudes realment**

Parella Gat 1:	força prevista : 280KN	deformació esperada : $\delta_1 = 34\text{mm}$
	força aplicada : 280KN	deformació obtinguda : $\delta_1 = 25/20\text{mm}$
	força final : 340KN	deformació final : $\delta_1 = 35/25\text{mm}$
Parella Gat 4:	força prevista : 400KN	deformació esperada : $\delta_4 = 23\text{mm}$
	força aplicada/final : 400KN	deformació obtinguda/final : $\delta_4 = 25/20\text{mm}$
Centre biga:	deformació final : $\delta_c = -4 / -3\text{mm}$	

Nota: les forces corresponen a la parella de gats de cada extrem; els valors dobles de deformacions corresponen a cadascuna de les dues bigues en aquell extrem.

Observacions:

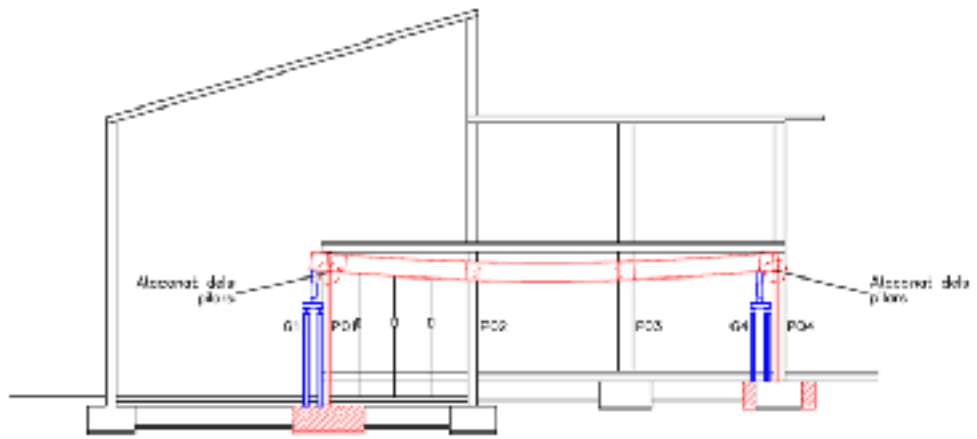
En els Gats 4, s'observa que aplicant la força prevista s'obtenen els resultats esperats (23mm), mentre que en els Gats 1 s'ha hagut d'aplicar més càrrega per a obtenir la deformació desitjada (34mm).

La possible explicació ve donada per la incertesa de les càrregues que graviten sobre els pilars, ja que, per necessitats del procés d'obra, el tram de forjat P01-P02 està estintolat. En el model de càlcul es va preveure una situació on aquest forjat no gravitava sobre els pilars P01 i P02, per tal de mantenir-nos sempre del costat de la seguretat (per no fer pujar l'edifici). En realitat, sí que hi gravitava una part, fet que va provocar que s'hagués d'aplicar més força amb els gats hidràulics per tal de fer pujar l'extrem de la biga segons el previst.

A mesura que es va incrementant la força dels gats, les galgues extensomètriques col·locades en les barres d'armat dels pilars P02 i P03 mostren que aquests es van descarregant.

2.5 Ataconament dels pilars

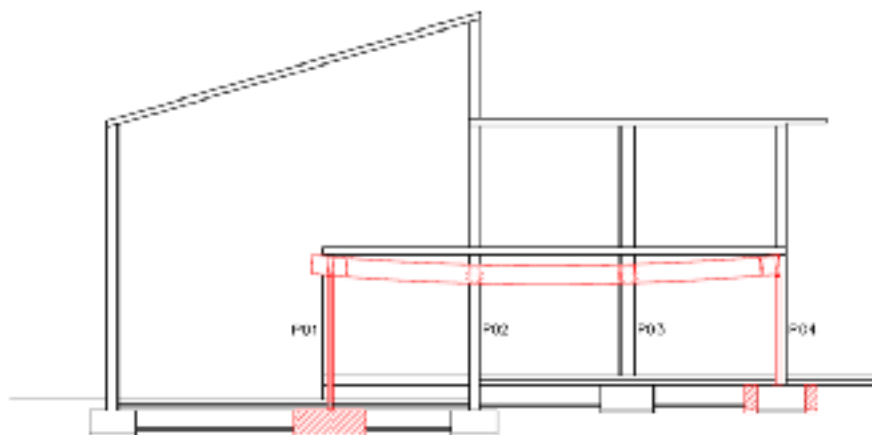
Després d'haver aconseguit (aproximadament) els desplaçaments previstos segons el càlcul, es procedeix a l'ataconat dels recolzaments de les dues bigues sobre els quatre pilars metàl·lics, que després de l'operació han quedat separats, mitjançant unes platines del gruix apropiat.



Ataconat dels pilars

2.6 Retirada dels gats hidràulics i de l'apuntament provisional

En aquest moment es descarreguen i es retiren els gats hidràulics i també es retira l'apuntament provisional.



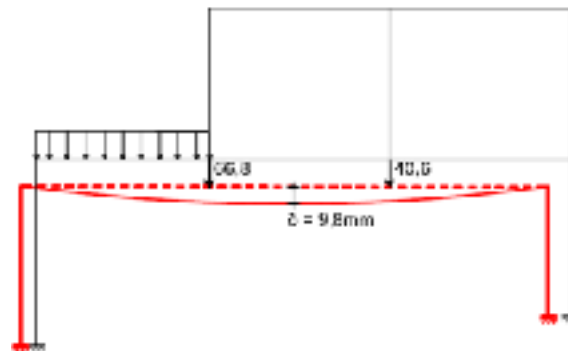


Retirada dels gats hidràulics

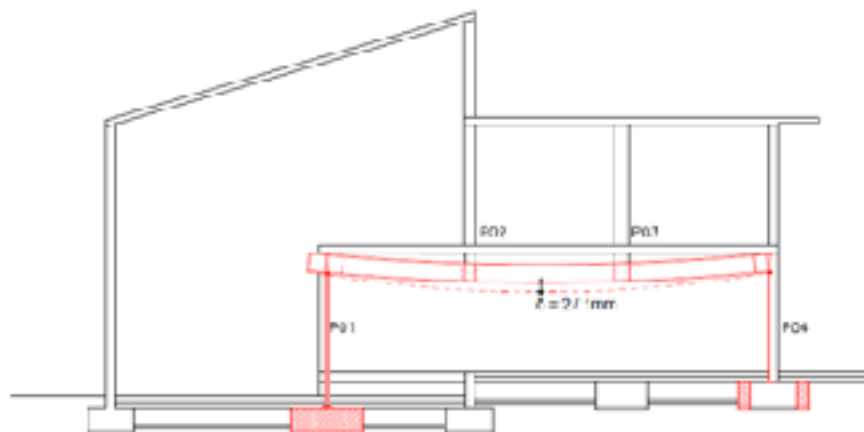
2.7 Enderroc dels pilars a suprimir

Per a l'enderroc dels pilars es segueix una metodologia de treball definida: primer es va repicant el formigó fins a deixar únicament les armadures. Un cop fet això, s'observa que les armadures nues no vinclen, com es podria esperar que passés. L'últim pas és tallar les armadures.

- **Model de càlcul teòric per deduir la deformació provocada per les reaccions romanents R2 i R3, més la càrrega deguda al forjat que estava estintolat.**



La deformació real obtinguda en el centre de la biga és de 2 / 1mm (biga 1 / biga 2) (el transductor col·locat en una de les bigues va mesurar 1,7mm), que és molt menor dels 9,8 mm que s'havien previst en el càlcul. Això vol dir que ens hem acostat molt a la descàrrega total dels pilars i que és molt difícil fer una estimació del que realment pesa un edifici.





Repicat del formigó dels pilars fins a deixar l'armadura nua



Tallat de l'armat dels pilars



Vista general després de l'actuació

2.8 Entrada en servei de l'edifici

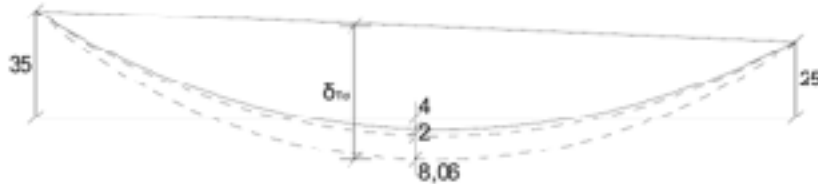
Tot aquest procés s'ha realitzat amb l'edifici sense ús (primer pis desocupat i coberta sense neu ni sobrecàrrega de manteniment). Si afegim la resta de sobrecàrrega d'ús i de manteniment de la coberta (70% del total), s'obté una fletxa teòrica futura de 8,06 mm.

Per tant, la fletxa final (teòrica) del forjat existent amb tot l'edifici carregat serà:

$$2 \text{ mm (en tallar els pilars)} + 8,06 \text{ mm (en entrar en servei)} = 10,06 \text{ mm}$$

$$L = 14,08\text{m}; f = 10,06\text{mm} \implies f = \frac{L}{1400}$$

Fletxa total de la biga d'estintolament:



$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$$

on: δ_1 és la deformació cap amunt en extrems de bigues, provocada pels gats;
 δ_2 és la deformació cap avall del centre de les bigues, provocada pels gats;
 δ_3 és la deformació deguda a les càrregues romanents dels pilars tallats, i
 δ_4 és la deformació futura deguda al 70% restant de la sobrecàrrega d'ús.

$$\delta_{\text{tot}} = \frac{25 + 35}{2} + 4 + 2 + 8,06 = 44,06 \text{ mm}$$

$$f = \frac{L}{320}$$

3 Conclusió

En cas de que s'haguessin tallat els pilars de formigó sense haver fet entrar en càrrega les bigues metàl·liques prèviament, s'hauria produït una fletxa total de 44mm.

Veiem doncs que, gràcies al procés de posta en càrrega de les bigues, la major part d'aquesta fletxa es produeix abans de tallar els pilars. Hem passat de tenir una deformació de 44mm ($L/320$), que no seria admissible per la llum que tenim, a una deformació de 10mm ($L/1400$), totalment admissible.

A nivell de control, es varen posar testimonis en les esquerdes existents dels envans de la planta superior. Es comprova que, després de l'actuació, els testimonis no presenten cap esquerda.