

## ARTICLE TÈCNIC

# Estructura metà·lica latent

Eduard Bonmatí i Lladó  
Enginyer de camins, canals i ports, especialitat estructures.  
Arquitecte tècnic, post-graduat en disseny estructural.

### El cas de les naus "prensapastas" de Torraspapel S.A., fàbrica de Saragossa

Es presenta el reforç estructural d'una estructura industrial que no començarà a actuar fins que hi hagi la ruptura de les actuals bigues de formigó pretensat que, segons s'exposa, es poden considerar amb data de caducitat. Així, el reforç metà·lic que es presenta es dissenya i projecta perquè

comenci a actuar seguidament a la ruptura de les pretensades i a la vegada contenir-les perquè no afectin l'activitat inferior en el seu procés de trencament i caiguda. D'aquesta manera, podem definir un reforç pensat com a "latent" en el moment de la seva execució.

---

**Títol projecte:** Reforç estructural naus "prensapastas"

**Autor projecte i D.O.:** Eduard Bonmatí Lladó, enginyer camins, canals i ports

**BME engineering, [www.bme.cat](http://www.bme.cat)**

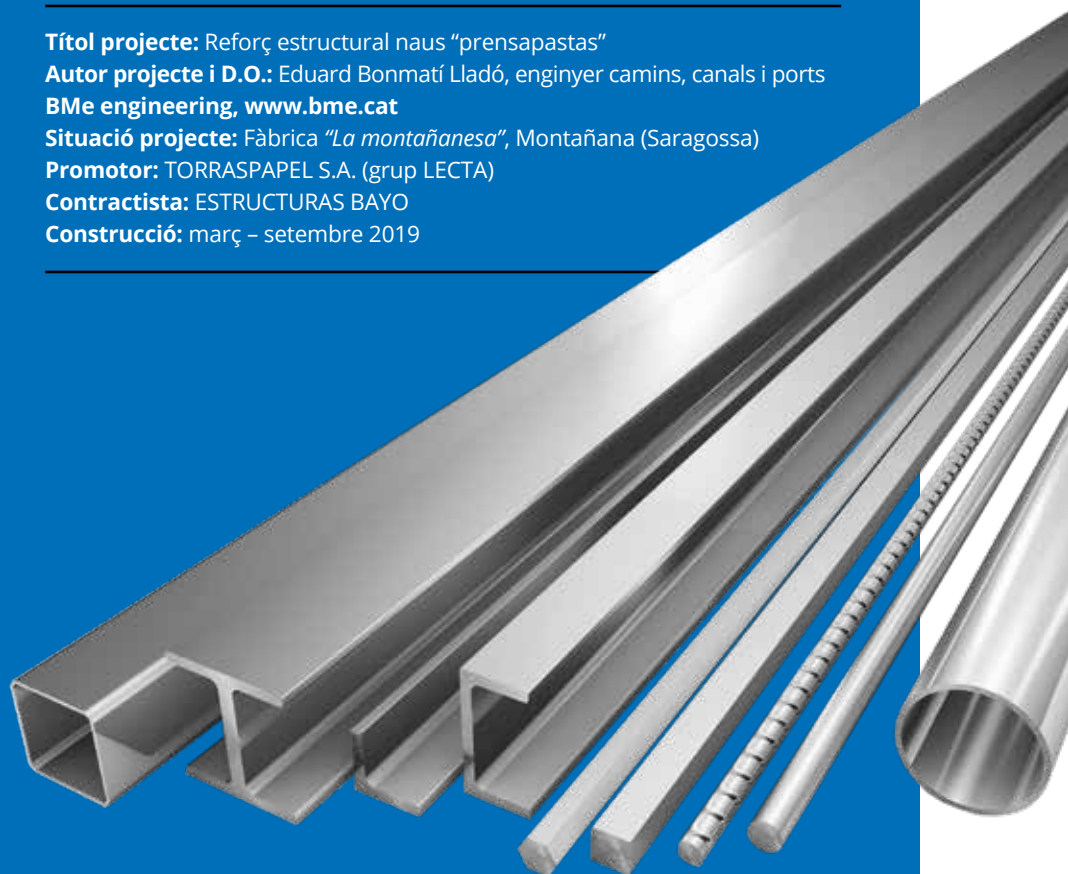
**Situació projecte:** Fàbrica "La montañanesa", Montañana (Saragossa)

**Promotor:** TORRASPAPEL S.A. (grup LECTA)

**Contractista:** ESTRUCTURAS BAYO

**Construcció:** març - setembre 2019

---







Nau n°2 on es va produir la ruptura de dues bigues "delta" de formigó pretensat.

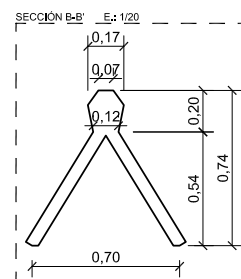
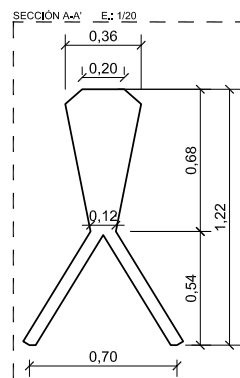
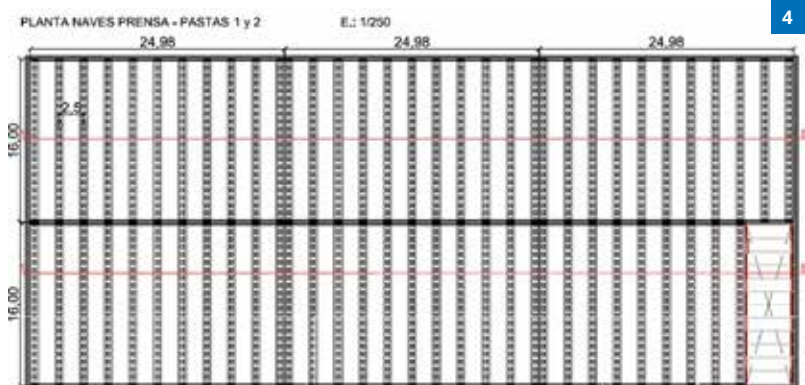
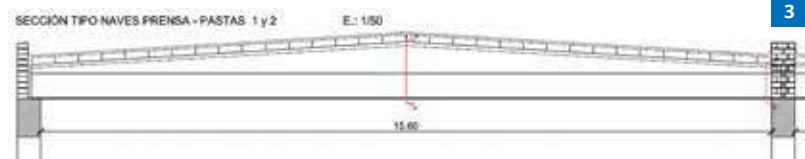
## Descripció de la coberta afectada i danys produïts

El 12 de juliol de 2018, en una important tempesta combinada de vent i pluja, a l'entorn de la ciutat de Saragossa, es produeix la ruptura parcial de la coberta de la nau n°2 de fabricació de cel·lulosa (anomenada PRENSA-PASTAS) a la fàbrica de Saragossa, de l'empresa Torraspapel S.A. del grup europeu del sector paperer LECTA.

Es tracta de dues naus paral·leles, PRENSA-PASTAS-1 i PRENSA-PASTAS-2, construïdes l'any 1958, de 16 m de llum cadascuna per una fondària de 76 m amb la disposició de bigues "delta" de formigó pretensat amb armadures postteses de secció "Y" invertida cada 2,5 m d'intereix, i dovelles de 95 cm de longitud i armadura posttesada introduïda en veïnes. Es produeix la ruptura de dues d'aquestes bigues de 16 m de llum, "encenent totes les alarmes" sobre la seva vulnerabilitat.

Després d'una anàlisi acurada per part de l'empresa de control CONTROL-7, s'arriba a la conclusió que el col·lapse pot ser degut a tres possibles causes:

- Ruptura dels cordons posttesats inferiors
- Falla de l'ancoratge dels cordons inferiors
- Augment de càrregues i/o sobrecàrregues



2

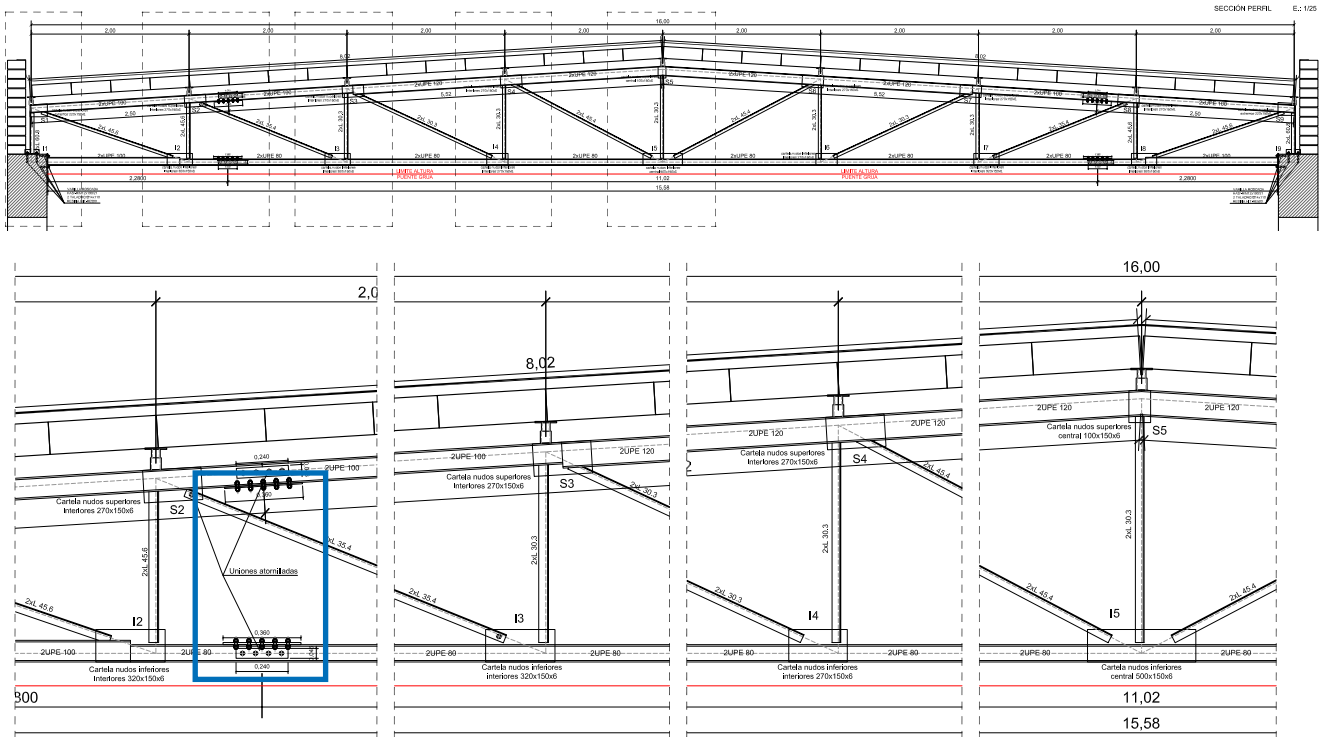


1. Nau n°2 on es va produir la ruptura de dues bigues "delta" de formigó pretensat.

2. Situació de les naus PRENSA-PASTAS 1 i 2 dins el complex industrial de Torraspapel, fàbrica de Saragossa.

3 i 4. Seccions i plantes de les naus PRENSA-PASTAS 1 i 2.

5. Secció variable de la biga pretensada amb armadures postteses, composta amb dovelles de 95 cm. Biga en forma de "Y" invertida coneguda comercialment com biga "delta".



Reforç dissenyat de gelosia en format gàbia o passera "latent", realitzada en tres parts de barres soldades a taller i acoblades a obra amb unions cargolades.

Aquesta situació, juntament amb la existència de ciment aluminós en la fabricació d'aquestes bigues, porta a la conclusió que tenen data de caducitat i l'episodi produït es pot repetir per les 64 bigues restants.

### Estratègia de reparació a seguir i desenvolupament del projecte

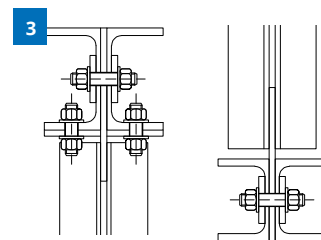
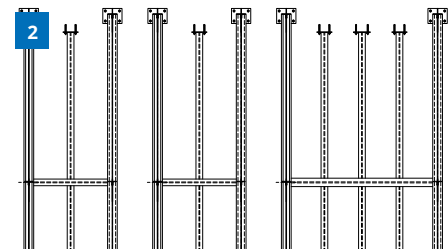
La direcció de l'empresa no pot aturar la producció de cel·lulosa dins aquestes dues naus afectades. La seva paràlització suposaria un cost inassolible per l'empresa d'1.000.000 €/setmana, ja que la falta de producció afectaria la planta productora (Saragossa) com les receptores per a produir paper a altres plantes del grup (Motril, St. Joan les Fonts i Almazán a Espanya, i Condat a França).

Davant la impossibilitat de no poder fer una nova coberta sense aturar el procés de producció, BME-engineeria rep l'encàrrec de desenvolupar el

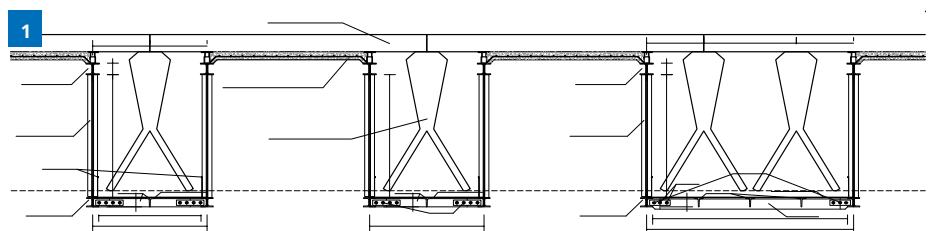
projecte en base la idea plantejada: dissenyar una gelosia tridimensional de barres d'acer que emboliqui les actuals bigues de formigó sense tocar-les i que només entrin en càrrega en el cas de ruptura de les existents de formigó. D'aquí neix el concepte de bigues "latents" o en "espera" d'actuar.

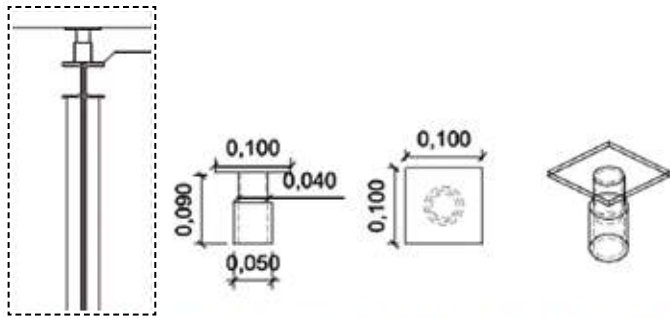
Es dissenyen passeres invertides per biga amb diferents tipologies:

- Gelosia per biga comuna cada 2,5 m (tipus 1)
- Gelosia per biga doble en junta de dilatació (tipus 2)
- Gelosia per biga triple en junta de dilatació i biga adjacent (tipus 3)
- Gelosia per biga de façana (tipus 4)
- Gelosia de transició a la coberta reparada de PP-2 (tipus 5)

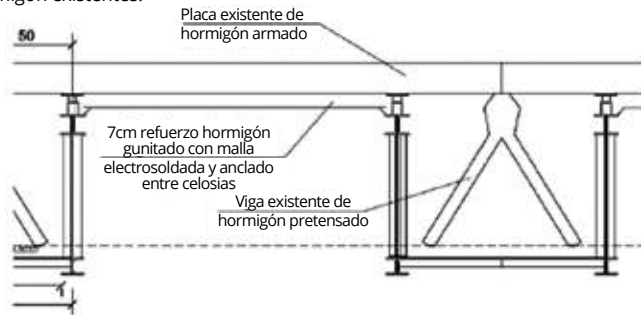


1, 2 i 3. Disseny de reforços "latents" tipus 1 i 2.





Detalle del vástago roscado para la puesta en carga del techo de tableros de hormigón existentes.



Detalle del refuerzo de las placas existentes de cubierta mediante 7cm de hormigón proyectado (gunitado) con malla electrosoldada anclada entre celosías.

## Condicionants de projecte

Per a poder fer factible el pas d'aquestes gelosies entre les bigues delta i el pont grua, es va haver de fer un aixecament topogràfic de control de fletxes de cada biga pretensada.

El resultat va ser d'una deformació màxima de 37,5 mm a la nau 1 i 15 mm a la nau 2 tal com es pot veure a la taula següent:

### Detalls d'execució definit en projecte

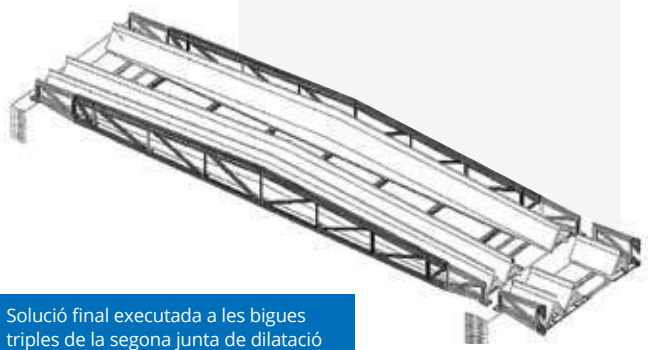
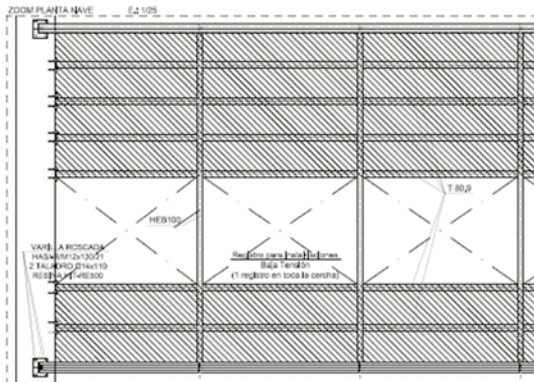
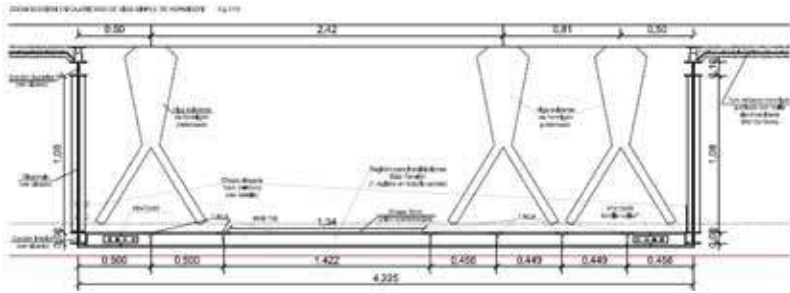
#### RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE ALTURAS DE VIGAS DE HORMIGÓN Y CARRO DE PUENTE GRUA NAVE PP1 Y PP2 LECTA-TORRASPAPEL ZARAGOZA, 27-3-2019

PRENSA PASTAS - 1		MEDIANERA PP2		DESNIVEL APOYOS A-C	FLECHA VIGA 0,5 (A+C)-B
Nº VIGA	A (M)	B (M)	C (M)	(MM)	(MM)
1	7,841	7,831	7,863	-22	21
2	7,853	7,825	7,863	-10	31
3	7,847	7,832	7,86	-13	21,5
4	7,842	7,823	7,868	-26	31
5	7,843	7,829	7,867	-24	26
6	7,842	7,831	7,847	-5	13,5
7	7,846	7,84	7,87	-24	18
8	7,852	7,836	7,865	-13	22,5
9	7,864	7,831	7,861	3	31,5
10	7,859	7,82	7,856	3	37,5
11	7,853	7,827	7,867	-14	33
12	7,853	7,853	7,872	-19	9,5
13	7,853	7,871	7,87	-17	-9,5
14	7,879	7,865	7,866	13	7,5
15	7,86	7,866	7,865	-5	-3,5
16	7,86	7,852	7,876	-16	16
17	7,839	7,855	7,868	-29	-1,5
18	7,856	7,866	7,884	-28	4
19	7,838	7,852	7,875	-37	4,5
20	7,851	7,872	7,873	-22	-10
21	7,857	7,862	7,861	-4	-3
22	7,865	7,872	7,862	3	-8,5
23	7,85	7,846	7,862	-12	10
24	7,857	7,83	7,84	17	18,5
25	7,861	7,849	7,869	-8	16
26	7,856	7,826	7,852	4	20
27	7,87	7,84	7,86	10	25
28	7,877	7,834	7,859	11	30,5
29	7,877	7,841	7,85	27	22,5
30	7,876	7,834	7,843	33	25,5
31	7,876	7,841	7,856	20	25
32	7,873	7,829	7,842	31	28,5
33	7,881	7,843	7,851	30	23

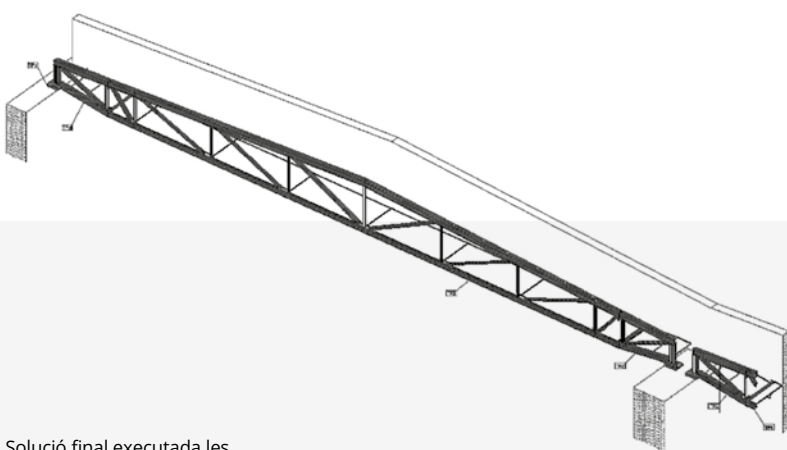
PRENSA PASTAS - 2		FACHADA SUR		DESNIVEL APOYOS A-C	FLECHA VIGA 0,5 (A+C)-B
Nº VIGA	A (M)	B (M)	C (M)	(MM)	(MM)
34	7,863	7,833	7,882	-19	-20,5
35	7,853	7,864	7,857	-4	-9
36	7,862	7,874	7,852	10	-17
37	7,866	7,879	7,862	4	-15
38	7,871	7,876	7,866	5	-9,5
39	7,868	7,872	7,854	14	-11
40	7,873	7,89	7,861	12	-23
41	7,872	7,851	7,86	12	15
42	7,861	7,869	7,876	-15	-0,5
43	7,864	7,864	7,875	-11	5,5
44	7,881	7,891	7,89	-9	-5,5
45	7,867	7,869	7,873	-6	1
46	7,864	7,863	7,868	-14	-2
47	7,865	7,877	7,872	-7	-8,5
48	7,864	7,877	7,867	-3	-11,5
49	7,861	7,872	7,868	-7	-7,5
50	7,861	7,859	7,853	8	-2
51	7,867	7,867	7,854	13	-6,5
52	7,868	7,86	7,859	9	3,5
53	7,862	7,85	7,866	-4	14
54	7,859	7,854	7,85	9	0,5
55	7,848	7,86	7,85	-2	-11
56	7,859	7,858	7,86	-1	1,5
57	7,845	7,851	7,85	-5	-3,5
58	7,859	7,86	7,872	-13	5,5
59	7,864	7,853	7,87	-6	14
60	7,87	7,868	7,875	-5	4,5
61	7,867	7,854	7,855	12	7
62	7,874	7,86	7,869	5	11,5
63	7,847	7,845	7,854	-7	5,5
64	7,866	7,867	7,874	-8	3
65		INEXISTENTE			
66		INEXISTENTE			

COTA LIMITE SUPERIOR CARRO PUENTE GRUA EN REPOSO	7,597	29 MM
COTA LIMITE SUPERIOR CARRO PUENTE GRUA EN MOVIMIENTO	7,626	
ALTURA DE VIGAS DE HORMIGÓN EN ZONA APOYOS	ENTRE 730 Y 770 MM	
ALTURA DE VIGAS DE HORMIGÓN EN CENTRO LUZ	ENTRE 1200 Y 1240 MM	

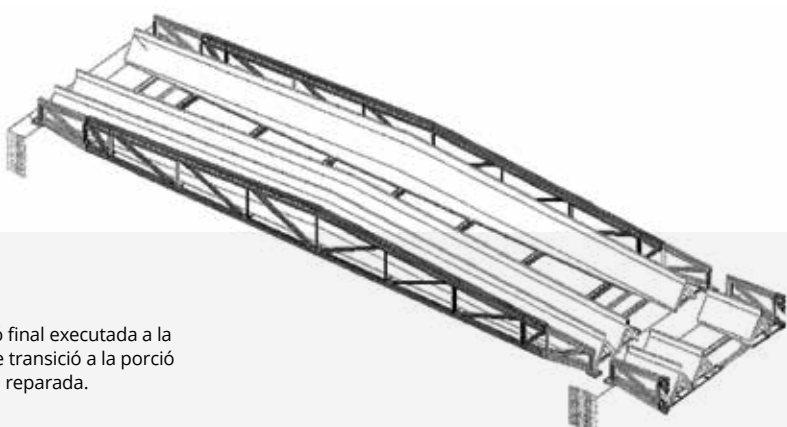
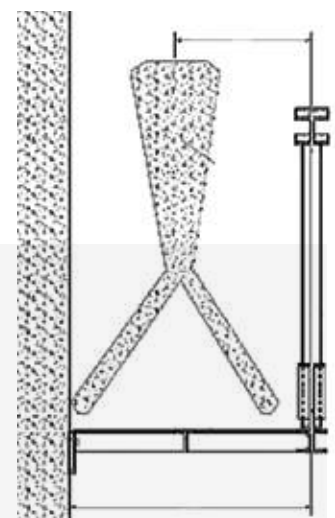




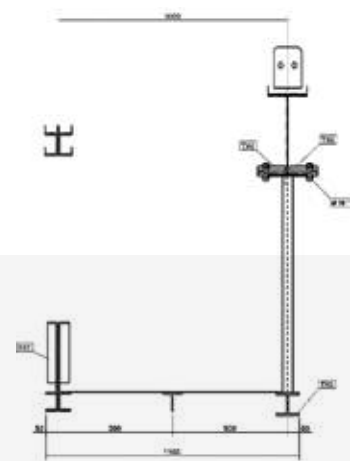
Solució final executada a les bigues triples de la segona junta de dilatació amb cablejat de baixa tensió.



Solució final executada les bigues de la façana.



Solució final executada a la biga de transició a la porció de nau reparada.

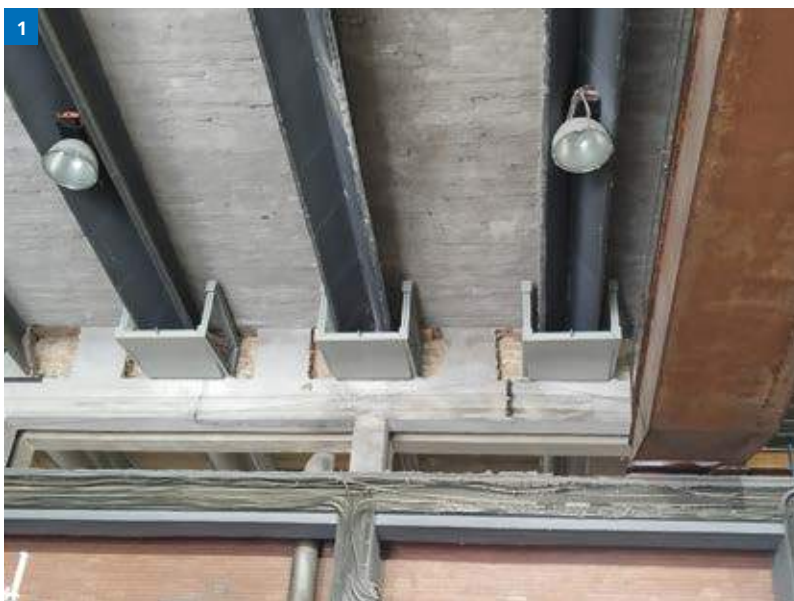


## Procés d'execució

El procés d'execució per a la implantació de les gelosies latents va ser el següent:

- Preparació dels elements cap de gelosia, preparats a taller, i posterior col·locació a obra.
- Amuntegament al pati exterior dels elements de gelosia centrals, preparats a taller, per al muntatge diari.
- Entrada i guiatge de l'element central amb ajuda del pont grua existent dins la nau.
- Deslligat del pont grua una vegada recolzat en el seu punt mitjà amb mitjans mecànics i suport metàl·lic dissenyat i construït per l'empresa constructora. Posat a lloc i unions cargolades realitzades per operaris que es mouen amb cistelles auxiliars.

1. Execució dels elements de cap de gelosia..
2. Amuntegament d'elements centrals al pati de cel·lulosa per executar durant el dia.
3. Entrada d'un element central per ser col·locat.
4. Enlairament i guiatge amb l'ajuda del pont grua existent.



## Propostes de millora aportades per la DF

Per a millorar la durabilitat dels punts de suport de coberta mitjançant els blocs de fusta previstos, es proposa que una vegada ajustats i fixats als pivots metàl·lics, i realitzat la col·locació del morter tixotròpic al sostre, es pinti amb un producte asfàtic de propietats no ignífugues.



Suport provisional per ubicar l'element central a la seva posició definitiva.



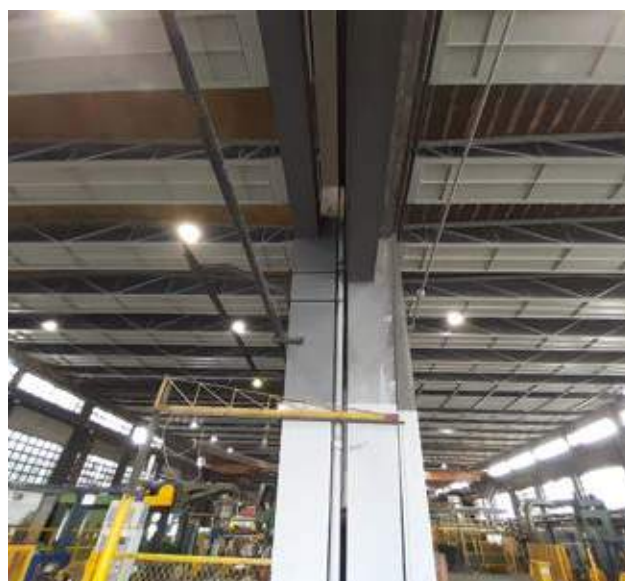
Fixació de l'element central amb unions cargolades als elements de cap de gelosia.



Vista d'una de les dues naus amb els treballs acabats.



Acabat de la gelosia triple amb totes les xapes inferiors.



Vista de les dues naus amb els treballs acabats.