

# Reparació de forjats unidireccionals afectats per qualsevol tipus de degradació

Delfina Berasategui Berasategui

Jaime Espuga Bellafont

Josep M. Genescà Ramon

Vicenç Gibert Armengol

Nucli d'Estudis d'Edificació. Universitat Politècnica de Catalunya

**El Nucli d'Estudis d'Edificació, de la Universitat Politècnica de Catalunya, ha posat en marxa un sistema original per a la reparació de forjats unidireccionals afectats per qualsevol tipus de degradació. El mètode, anomenat BE2G, està avalat pels estudis teòrics i assaigs efectuats pel personal adscrit a la dita Universitat i l'experimentació amb proves que han tingut uns resultats satisfactoris.**

És conegut que un formigó de mala qualitat, és a dir, de baixa resistència i gran porositat, en un ambient propici, perd les seves qualitats mecàniques i deixa de protegir els ferros de l'armadura. En aquestes condicions, poden aparèixer degradacions que es manifesten en forma d'esquerdes, fissures, pèrdua del recobriments, rovellament de les armadures, etc. Ha estat últimament que, arran d'un mal ús que del ciment aluminós s'ha fet en la fabricació de biguetes, s'ha potenciat aquest fenomen.

L'impacte social i econòmic és tan elevat i el volum de patologia és tan important, que han donat lloc a dos importants esdeveniments. El primer d'aquests és l'aparició de diversos mètodes de reforçament, amb una solució similar quant a la forma i a la idea de la reparació, que responen a diferents requeriments de preu, llums, accessibilitat, rapidesa d'execució, pèrdua d'altura, etc. i, en segon lloc, la presa de consciència social que es materialitza en la creació del Centre Tècnic i de Cooperació per a la Rehabilitació d'Habitatges dependent del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, de la Generalitat, que promou i gestiona les reparacions.

En aquest context s'inscriu el mètode BE2G, descrit en aquesta memòria. Així, el Nucli d'Estudis d'Edificació, pertanyent a la Universitat Politècnica de Catalunya, ha creat un sistema de reforçament de forjats, original en la seva metodologia i avalat, en els estudis teòrics, pel treball efectuat pel personal adscrit a la dita Universitat i, en l'experimentació, pels assaigs i les proves que s'han fet amb resultats satisfactoris, circumstància que anima a continuar portant a terme estudis al mateix laboratori de la universitat.

### Justificació

En l'estudi dels forjats unidireccionals afectats de patologia, bé sigui perquè el formigó es va fabricar amb una dosificació de ciment aluminós incorrecta o bé perquè el formigó ha entrat en una fase de carbonatació avançada, s'han de tenir en compte els punts següents:

Si es coneix l'etiologia i aquesta pot produir patologia, però encara no s'ha declarat, l'actuació que considerem més correcta és dotar el forjat d'un sistema de registres que permetin revisar en el temps el procés patològic.

Si la degradació és molt avançada, en el sentit que pot fins i tot resultar perillós procedir a algun tipus de reparació o reforçament a causa de la inconsistència del material de base, o bé ja s'ha produït algun col·lapse parcial, potser la substitució del forjat és la mesura més encertada.

Si la patologia consisteix en l'aparició de taques d'òxid amb algun cable o vareta visible o són clarament explícites les fissures de flexió o tallant o bé és el recobriments el que s'ha després a determinades zones o, en fi, són uns altres aspectes els que preocupen, com les deformacions, etc., és quan es pot treure la màxima rendibilitat del mètode que s'exposa en aquesta memòria, atès que s'assegura simultàniament la reposició de la resistència o l'estabilitat perduda i la paralització o el retardament del procés degradador.

### Descripció general

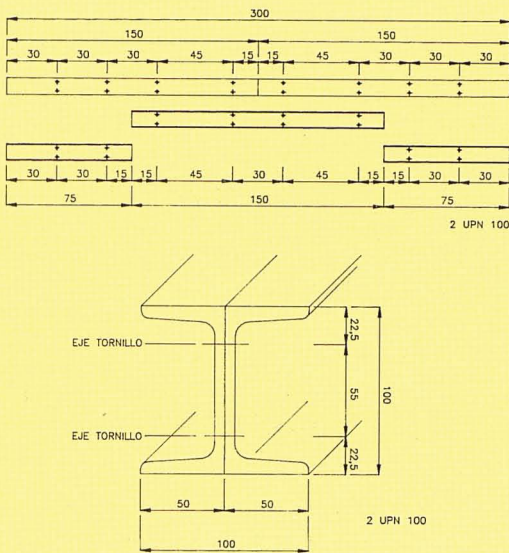
Es tracta d'un mètode de reparació de forjats unidireccionals amb reforçament biga per biga, mitjançant perfils metàl·lics trossejats i posteriorment units mitjançant cargolament, col·locats a la part inferior de l'element deteriorat, atacant-lo i protegint-lo. El lliurament es resol per un sistema transmissor d'esforços, sent l'últim receptor el mateix objecte constructiu que serveix de suport del forjat actual.

A continuació s'assenyalen les

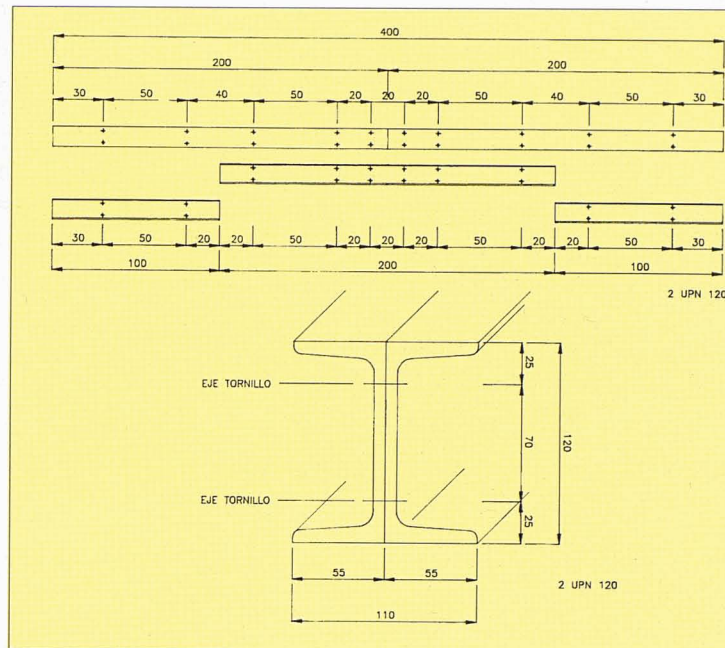








Plànol 2. Especejament del sistema (llums de 3 m)



Plànol 3. Especejament del sistema (llums de 4m)

deteriorat; generalment una paret de fàbrica de maó. En situació estàndard, aquest perfil té 180 cm de llargària i encaixa amb un LPN de costats iguals de 150x150x12. Els eixos dels trepants per a la reserva dels tacs s'especifiquen en els dibuixos adjunts.

Atès que en general les parets de fàbrica de les obres que són objecte de reparació solen ser de maó foradat o bé presenten situacions constructives deplorables, s'aconsella projectar l'LPN de lliurament com el que s'indica; així doncs, amb nou tacs actuant de manera conjunta, la fallada d'algun no repercutirà sensiblement en la seguretat del conjunt.

Això no invalida, si així ho cregués el projectista, col·locar perfils LPN independents per a cada bigueta amb les dimensions que es veuen en el croquis adjunt. Aquesta última solució es farà extensiva en els reforçaments puntuals de biguetes aïllades.

Generalment, no serà necessari procedir a la regularització de la paret en el seu contacte amb el perfil, ni tampoc caldrà extreure el guix. Només en els casos en què les irregularitats del contacte de base siguin molt

elevades s'haurà d'extreure el guix i procedir a una regularització de la superfície afectada, operació que es pot efectuar utilitzant materials convencionals.

El diàmetre del trepant de l'LPN serà de 12 mm. (Plànols 1 i 6).

- Perfils UPN d'acer laminat. El reforçament de la bigueta deteriorada s'assoleix mitjançant la unió cargolada de perfils UPN trossejats. Els cargols tenen les característiques especificades anteriorment i el diàmetre del forat en el perfil es defineix en l'aparat de dimensionament.

El trossejament es produeix segons les llums salvades i aquestes condicions a la vegada el cantell de l'esmentat perfil. Més endavant s'especifica quins són els cantells que cal utilitzar d'acord amb les llums. (Plànols 2,3,4 i 5).

- Perfil U de xapa galvanitzada. Es col·loca en sec sobre els perfils UPN ja muntats i que contenen un morter sense retracció tal com s'ha indicat en comentar l'ataconament. La missió d'aquest canal és assolir, embolcallar i protegir la part més deteriorada de la bigueta i al mateix

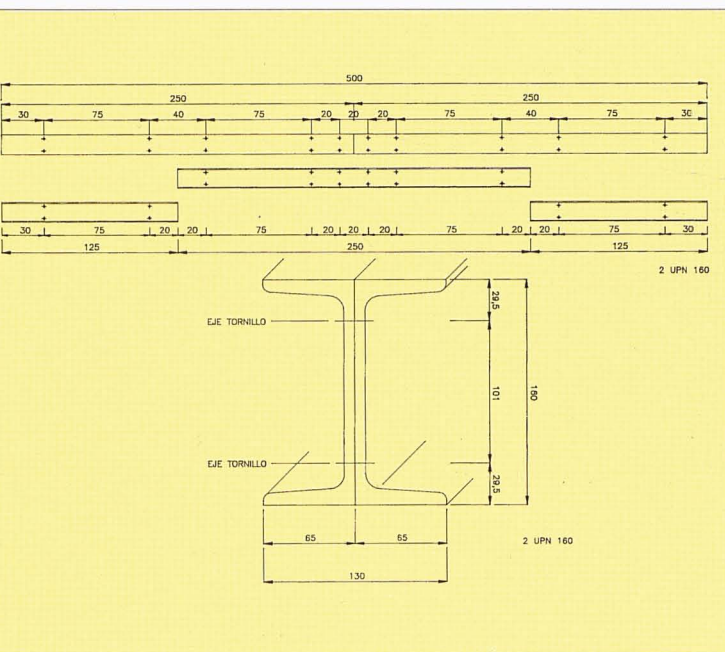
temps garantir el contacte entre la bigueta base i el reforçament, això es traduirà en una entrada en càrrega immediata del reforçament. Les mides de la U de xapa poden variar segons la forma de la bigueta i del revoltó, però l'estàndard és la que s'especifica al plànol 9.

La quantitat de material que s'haurà de col·locar al canal dependrà del deteriorament, la deformació i les fallades de construcció del forjat existent.

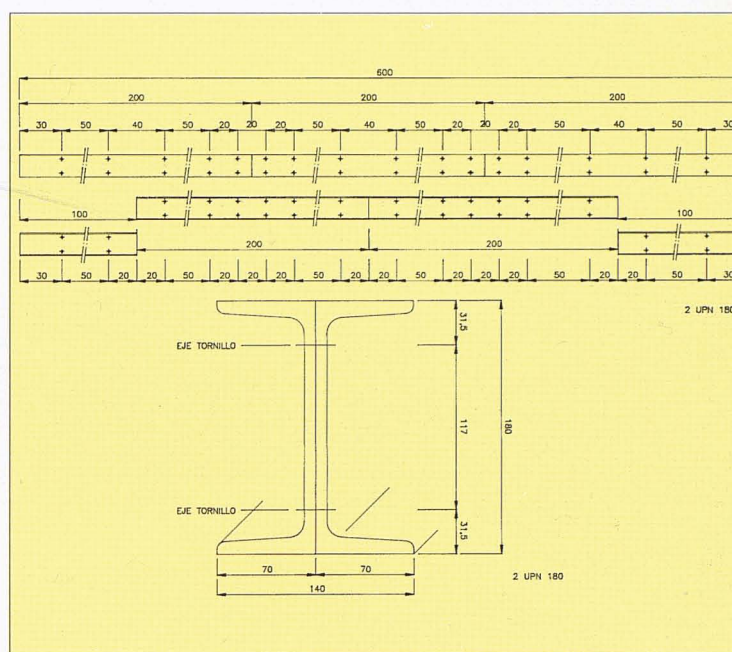
- Cadiretes. La cadireta és un element compost de dues xapes, un cargol, unes volanderes, una femella i una contrafemella que es col·loca a cada biga, entre el perfil L i el reforçament pròpiament dit. Un cop s'ha col·locat la biga al seu lloc, aquesta cadireta, mitjançant un moviment determinat, propicia el contacte i s'aconsegueix d'absorbir les fallades de tolerància i deformació entre la bigueta i el reforçament i, al mateix temps, minimitzar la quantitat de material que es col·loca a la canal de xapa galvanitzada. (Plànol 7).

- Tacs. La unió del perfil L al suport destinat a transmetre els esforços verticals s'assoleix amb tacs les característiques tècniques dels quals





Plànol 4. Espejament del sistema (Llums de 5m)



Plànol 5. Espejament del sistema (Llums de 6 m).

poden ser molt diferents segons siguin les característiques de l'obra. Per a fàbrica de maó foradat es proposa la utilització del tac químic HILTI les característiques tècniques del qual són les següents:

Vareta HAS amb femella i volandera.  
Rosca metàl·lica M12.  
HIT C50.  
Profunditat trepant 110 mm.

Si el material de base del tac té millors característiques que el maó, per exemple el formigó, pot dissenyar-se un altre tipus de tac -expansió-més adequat i barat.

Si, al contrari, es dubta de les característiques mecàniques de la fàbrica del maó, és convenient efectuar una campanya d'assaigs de tracció per redissenyar, si es creu convenient, la tipologia i la geometria del conjunt de tacs.

### Emmagatzematge

L'emmagatzematge, la preparació i la mecanització dels diversos elements mecànics que constitueixen el sistema BE2G, han de ser portats a terme per un taller de metal·listeria o estructures metàl·liques, capacitat per a això.

### Posada a l'obra

El procés podria ser el següent:

1. Col·locació de la bastimentada.
2. Extracció del cel ras.
3. Col·locació mitjançant tacs de l'LPN a la paret.
4. Sanejament i raspallada de la bigueta deteriorada.
5. Presentació i muntatge del trossejat del perfil de reforçament.
6. Col·locació de la canal i la pasta d'ataconament.
7. Elevació del conjunt. Suport provisional als perfils LPN.
8. Col·locació de les cadiretes.
9. Procés d'elevació de les cadiretes. Ataconament.
10. Restauració del cel ras.

### Càlcul

Per a l'anàlisi estàtica del reforçament cal tenir en compte els punts següents:

1. Les càrregues i sobrecàrregues adoptades en el càlcul han estat les que actualment són preceptives en les Normes Bàsiques. Encara que en aquest moment s'estan estudiant diverses propostes encaminades a reduir les càrregues d'utilització per a la seva aplicació en el càlcul dels

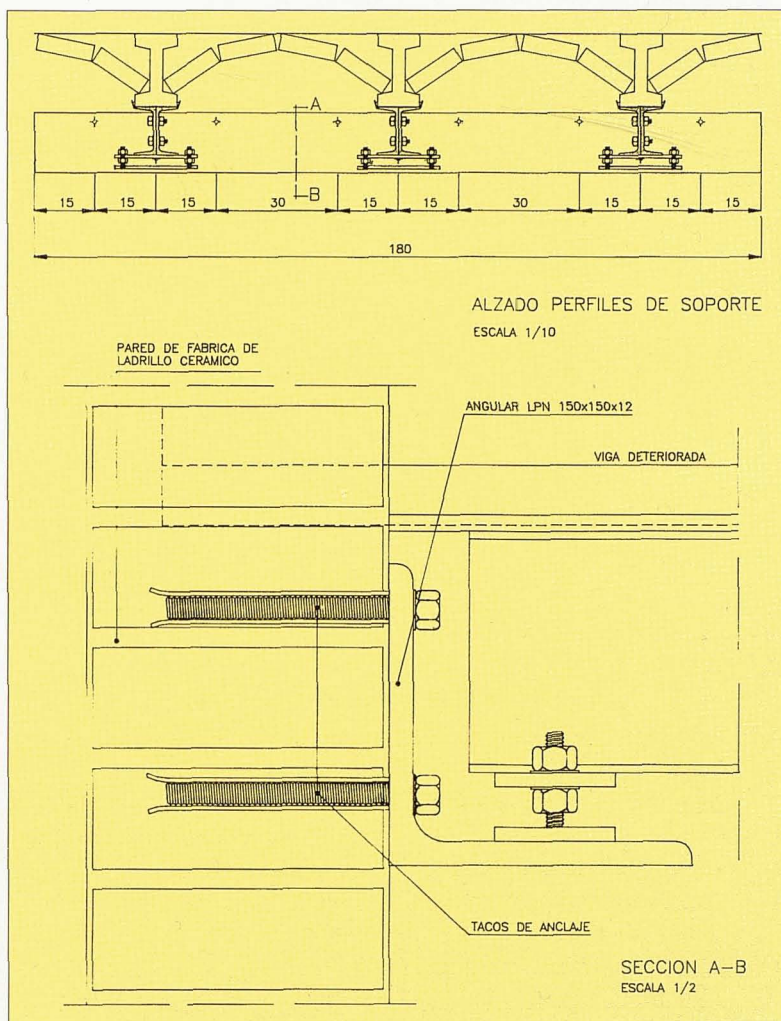
reforçaments, s'ha preferit prescindir-ne.

2. Quant a les deformacions imposades al reforçament, han estat d' $1/500$  de la llum de càlcul.

3. Respecte a l'anàlisi estàtica pròpiament dita, es poden considerar tres hipòtesis:

3.1. Que el reforçament impliqui l'íntima unió amb la bigueta base. En aquest cas, el resultat és un element la dimensió de cantell del qual és la suma dels dos cantells (el de la bigueta i el del seu reforçament), factor altament favorable perquè el moment d'inèrcia augmenta sensiblement i això permet la reducció de material de reforçament. Per contra, té l'inconvenient que cal assegurar-se que no hi hagi rrelliscament entre les dues bigues i, al mateix temps, s'ha de comprovar que les noves compressions assignades a la bigueta base siguin realment absorbides per aquesta. Pel que fa a aquest últim punt, encara que el formigó carbonatat no implica necessàriament una pèrdua de resistència a la compressió, és evident que es poden produir inversions de tensió en zones que abans de procedir al reforçament





Plànol 8. Disposició de l'ancoratge amb mecanització de l'ataconament.

estaven fraccionades -aquesta qüestió és particularment perillosa en biguetes de pretensat, en les quals la degradació dilueix el coneixement de la tensió dels cables-, i es poden generar sobretensions difícils d'avaluar.

3.2. Que el reforçament no asseguri que no es produirà cap rrelliscada entre l'esmentat reforçament i la bigueta. Per això, cal establir un sistema de dues bigues, una sobre l'altra, en el qual cada una col.labora amb el seu moment resistent. En aquest cas, com hem comentat a l'apartat anterior, no es prescindeix de la col.laboració de la bigueta deteriorada perquè es poden donar també fenòmens d'inversió de tensions i potser d'esforços no assumibles a la biga base.

3.3. Que es prescindeixi amb caràcter general de la col.laboració de la biga base. Així s'ha considerat per a la realització dels càlculs de dimensionament.

Les raons que han induït a això són les següents: primerament, l'anàlisi, segons el que s'ha indicat, requereix un coneixement exhaustiu del forjat i de l'estat de degradació, factor del qual no sempre es disposa. Nogensmenys també serà necessari el coneixement del comportament al laboratori, amb una sèrie de proves i assaigs que no consta que s'hagin fet.

Finalment, l'estalvi de material que implica la no consideració de la biga col.laborant, no és significatiu davant l'import total de la intervenció.

## Observacions

Cal tenir en compte que:

- La teràpia de forjats haurà d'anar acompanyada d'una reparació de tots aquells elements constructius que puguin produir un ambient d'agressivitat en el formigó, com poden ser terrasses, terrats, baixants...

- Si l'obra ho permet es poden utilitzar perfils IPN o HEB, no trossejats, per procedir al reforçament. Sempre que els perfils sencers puguin ser maniobrats tant per la seva mida com pel seu pes, i la capacitat de treballar-los al lloc del reforçament sigui correcta; no trossejar els perfils pot comportar una baixa dels costos econòmics.

## Identificació

Nom: BE2G

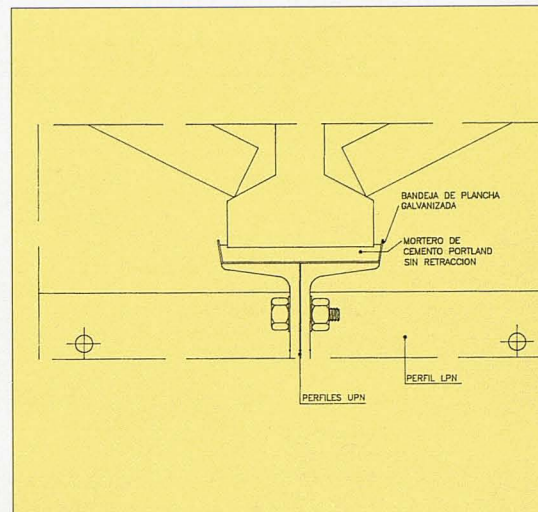
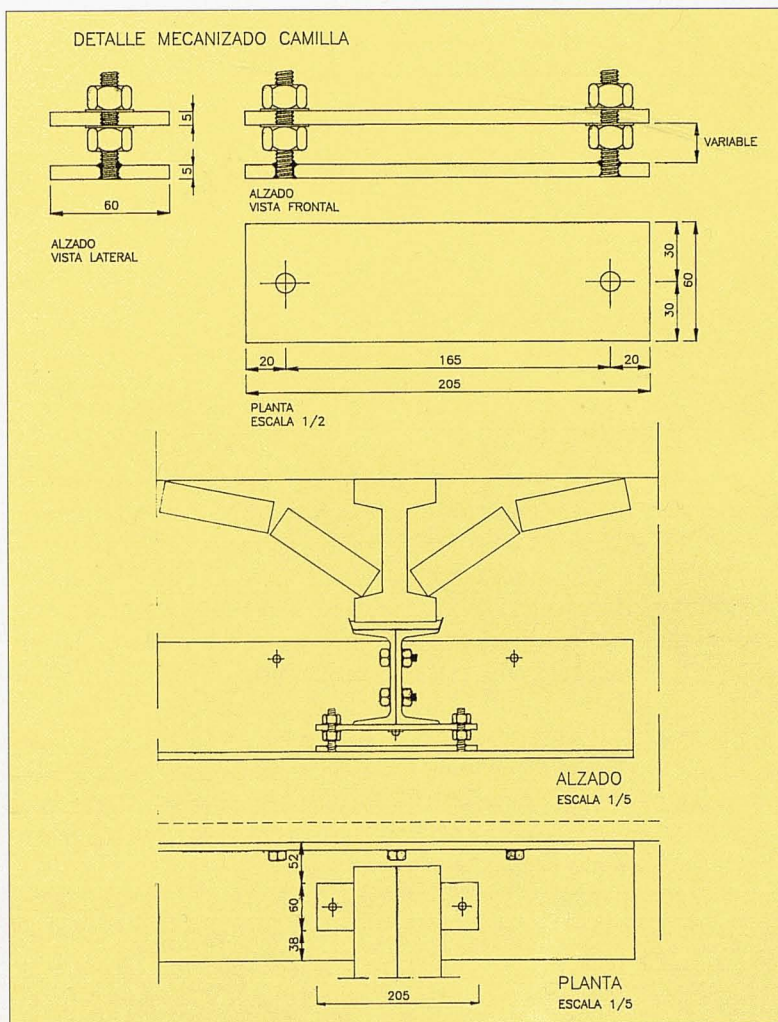
Autors: Delfina Berasátegui, Jaime Espuga, Josep Maria Genescà i Vicenç Gibert.

Membres del Nucli d'Estudis d'Edificació. Departament de Construccions Arquitectòniques II.

UPC. Universitat Politècnica de Barcelona

Patent: en tramitació.





Plànol 9. Detall de l'ataconament amb safata.

Plànol 7. Mecanitzat de l'ataconament.

## Dimensionament

**1. Metodologia.** Per a la determinació dels perfils s'utilitzen les fórmules subministrades per la resistència de materials, que desemboquen en el doble coneixement del moment resistent i la deformabilitat.

**2. Càrregues.** Es fa la següent hipòtesi de càrregues i sobrecàrregues per metre quadrat:

-Sobrecàrrega d'utilització:	150
-Càrrega de paviment:	80
-Càrrega de repercussió dels envans	100
-Càrrega pròpia (existent + reforçament)	200
Total per metre quadrat	530 kg

**3. Intereix.** Intereix de càlcul en el forjat: 70 cm.

**4. Taula de dimensionament:**

Llum en M.	Perfil reforçament	Cargols	Diàmetre perforat
3	2UPN 100	M-12	12 mm
4	2UPN 120	M-12	12 mm
5	2UPN 160	M-12	12 mm
6	2UPN 180	M-12	12 mm