

UNIONS D'ELEMENTS ESTRUCTURALS AMB FUSTA

Prèviament a definir els diferents tipus d'unions, s'estudien els conceptes bàsics de disseny i de càlcul per resoldre les unions i els elements de fixació, com per exemple, el desplaçament provocat per l'entrada en treball d'aquest, la seva rigidesa, l'efecte de l'agrupació, l'excentricitat, l'efecte del inflament i minva de la fusta i la direcció de les fibres en la unió.

Respecte al desplaçament de la unió, en els elements de fixació tipus clavilla en l'apartat A.2.2, s'introdueix l'idea de la importància de minimitzar aquest desplaçaments per el correcte funcionament del conjunt. Per aquest motiu el CTE defineix el mòdul de lliscament instantani (k_{ser}) mitjançant una taula, en funció de la densitat mitja (ρ_m en kg/m^3) i del diàmetre (d o d_c en mm) de l'element. Conceptualment, es pot agafar la idea que mentre les unions tipus clavilles pateixen uns desplaçaments notables, sistemes de fixació com l'adhesiva no permeten aquests moviments.

Relacionat amb aquest concepte, hi ha la rigidesa de la unió, on cada un dels sistemes de fixació té unes característiques pròpies i diferenciades de rigidesa, resultant les unions adhesives molt més rígides que les tipus clavilla, la següent figura B.20 exemplifica aquest concepte.

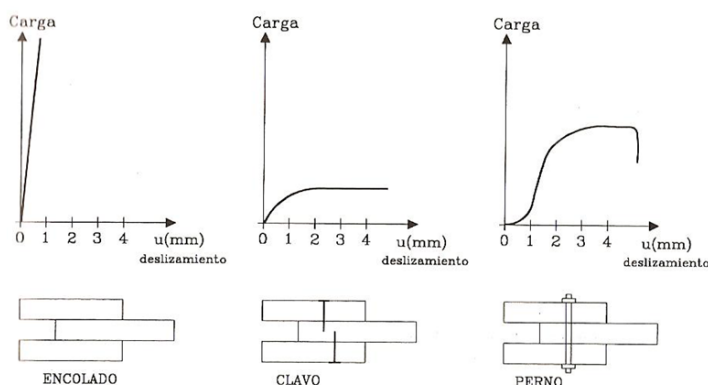


Figura B.20: Rigidesa d'una unió segons el sistema de fixació [4].

Per el que fa la combinació de diferents sistemes de fixació, s'ha de tenir en compte aquest comportament tant diferenciat entre sistemes, ja que la capacitat portant del conjunt sol ser inferior a la suma de les seves capacitats, sobretot si es combina una unió mecànica i una d'adhesiva, ja que gràcies a la gran deformabilitat de la primera (amb una ruptura més dúctil) i la gran rigidesa de la segona (amb una ruptura més fràgil), s'ha de considerar que no treballaran solidàriament i no és aconsellable combinar aquests tipus de fixacions.

En l'afectació de les agrupacions entre elements d'unió, és necessari respectar unes distàncies mínimes entre elements, ja que un excés de proximitat en una zona concreta o formant alguna línia, pot derivar en que la ruptura no és produïda per l'esgotament dels elements d'unió sinó per esquinçament de la pròpia fusta en bloc que falla per tallant en la cara paral·lela a la tracció i per tracció de les fibres en la cara perpendicular a la força.

Un altre aspecte rellevant és l'excentricitat en els nusos que és aconsellable evitar, a ser possible, creant unions al màxim de simètriques i concèntriques per evitar fer treballar l'estructura a flexions innecessàries, aquest aspecte es difícil de resoldre en peces de petita secció, on alhora de realitzar el càlcul s'haurà de tenir en compte aquesta excentricitat.

Les consideracions sobre l'efecte del inflament i la minva de la fusta també és un motiu que pot derivar en una pèrdua de la resistència d'una unió, ja que poden aparèixer esquerdes o fissures. Si bé els canvis de volum per la variació del contingut d'humitat de la fusta (relacionat amb el de l'ambient) en el sentit longitudinal d'un element lineal és mínim, en el sentit transversal pot ser notable, i si l'element de fixació de la unió no permet aquest lliure desplaçament pot derivar en tensions internes que poden esgotar alguna part de la secció apareixent aleshores les esquerdes i debilitant notablement la unió.

Com mostra la figura B.21, els principals casos on típicament es produeixen aquestes esquerdes són en els recolzaments de bigues amb restricció de moviment en tot el seu cantell, en l'enllaç rígid amb placa metàl·lica entre dos elements impedit la contracció, en el nus de cantonada d'un pòrtic amb pilars metàl·lics o amb pilar de fusta i unit per una corona de perns.

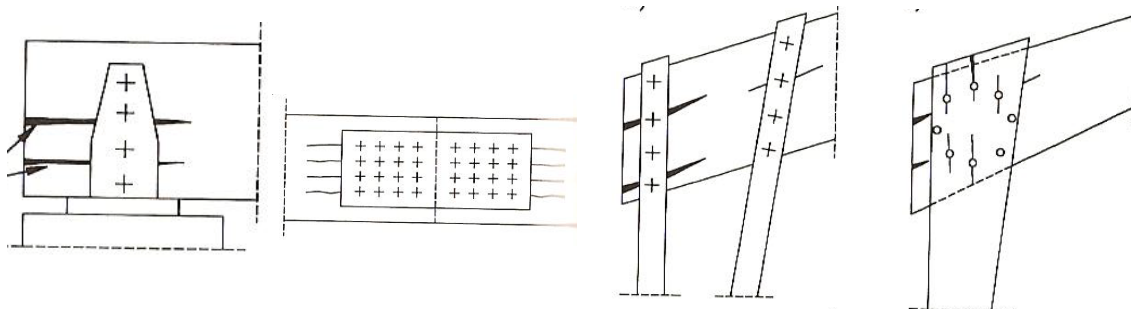


Figura B.21: Casos més habituals d'esquerdes per l'efecte del inflament i minva [4].

Finalment comentar un altre aspecte molt important, com és la ruptura per tracció perpendicular de les fibres en bigues que per cantell o base estan unides perpendicularment a elements que provoquen una tracció en direcció perpendicular o molt vertical a les seves fibres i per esgotament es produeixen esquerdes o fissures en direcció les fibres. Per evitar o disminuir aquest efecte és necessari procurar la posició

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

de l'element de fixació al més aprop possible de la cara no carregada, augmentant així el volum de fusta sotmès a tracció.

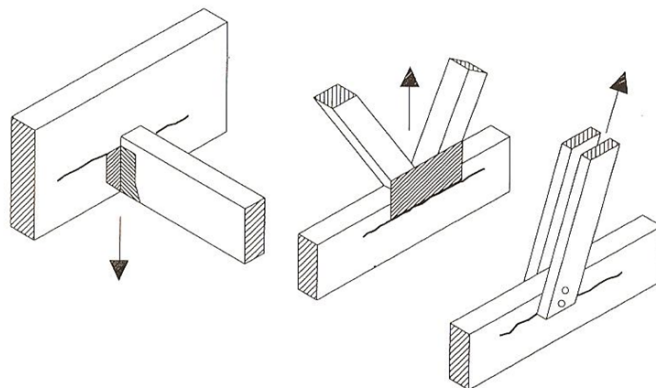


Figura B.22: Casos de ruptura per tracció perpendicular [4].

Un cop explicades les principals característiques que s'ha de tenir en compte pel correcte disseny d'una unió, es desenvolupa l'explicació de cada tipus d'unió, per aconseguir-ne una idea més amplia.

B.2.1 UNIONS ADHESIVES

Les unions adhesives són aquelles que utilitzen algun tipus de material adhesiu per garantir la unió entre dos elements de fusta, si bé per unions de diferents elements estructurals (de certa importància) aquestes unions per si soles no s'utilitzen, sinó per reforçar algun altre tipus d'unió. Aquestes unions presenten una gran rigidesa, amb un desplaçament mínim per càrregues importants, així com una ruptura fràgil.

Així que quant es parla d'unions adhesives entre elements de fusta, s'acostuma a fer referència a la unió per acoplament entre lames de la fusta laminada i la fusta empalmada (unió finger joint), que és on les unions adhesives requereixen una atenció especial i el seu mètode i condicions ambientals han de ser estrictament les adequades, ja que sinó es així la unió es pot veure greument deteriorada.

La següent taula B.1, exposa els diferents tipus d'adhesius que es poden utilitzar en les unions adhesives per elements estructurals, i la seva limitació davant la humitat, determinada en la classe de servei.

Taula B.1: Tipus d'adhesius en fusta per unions estructurals i les seves limitacions de servei [17].

TIPUS D'ADHESIU	CLASSE DE SERVEI		
	1	2	3

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

Fenol – Formaldehid (PF)	Apte	Apte	Apte
Resorcina – Fenol – Formaldehid (RPF)	Apte	Apte	Apte
Resorcina – Formaldehid (RF)	Apte	Apte	Apte
Melamina - Urea - Formaldehid (MUF)	Apte	Apte	Poc apte
Urea - Formaldehid (UF)	Apte	Poc apte	No apte
Poliuretà (PU)	Apte	Apte	Apte
Resines epòxid (EP)	Apte	Apte	Apte
Caseïna	Apte	Poc apte	No apte

B.2.2 UNIONS MECANITZADES

Les unions mecanitzades, conegudes també com unions tradicionals, són unions que es basen en la transmissió dels esforços mitjançant el contacte fusta amb fusta equilibrant els esforços axials amb compressions i esforços tangencials, i són la tipologia d'unió més primitiva (d'aquí també el nom de tradicionals).

Tot i que actualment, gràcies a la tecnologia i maquinària industrial especialitzada en la mecanització d'elements de fusta, com la K2 de Hundegger (figura B.23) que està dissenyada per realitzar aquest tipus d'unions, aquesta tipologia segueix sent utilitzada, ja que realitzar aquestes unions manualment no seria viable econòmicament i costaria trobar personal qualificat per realitzar aquestes feines.



Figura B.23: Imatges de la màquina de mecanització K2 de Hundegger.

Aquest tipus de fixacions es sol assegurar i refermar amb algun tipus d'element metàl·lic tipus tirafons o passador, amb la missió d'impedir la seva descol·locació, lliscament o el seu desmuntatge, perquè mantingui la posició i treballi correctament, no amb una funció purament estructural.

De dissenys de solucions en poden existir infinitats però si que hi ha algunes unions estandaritzades. D'aquestes es classifiquen principalment en tres tipus d'unions mecanitzades, els encaixos, els enllaços i els acoplament.

ENCAIXOS

Els encaixos són un tipus d'unions mecanitzades, que mitjançant algun tipus d'encaix en algun dels elements, normalment l'encarregat de rebre la càrrega, asseguruen una correcta transmissió. Aquestes unions porten algun element metàl·lic perquè els elements de fusta no perdin la seva posició o per estampir la unió. No són un tipus d'unió molt rígida, ja que permeten certa flexibilitat, tot i que els seus desplaçaments implícits no són grans i van molt lligats amb les toleràncies que es deixen.

Existeixen varis tipus d'encaixos i en classifiquen en encaixos a compressió i encaixos a tracció. Els encaixos a compressió són els més utilitzats, habituals i coneguts, i existeixen tres tipus d'aquests, l'encaix de caixa i espiga, encaix de barbeta i rebaix i l'encaix de caixa i espiga amb barbeta, mentre que els encaixos a tracció, també força habituals, es subdivideixen en encaixos mitjançant rebaix a la peça i les cues d'oreneta, un dels més coneguts i característics. Seguidament es desenvolupa la seva explicació i s'exposen exemples i dibuixos.

ENCAIX DE CAIXA I ESPIGA

L'encaix de caixa i espiga, s'anomena així per cada un dels mecanitzats que porten els elements que s'han d'unir. La peça que transmet l'esforç en el seu extrem porta una part més prima en forma de paral·lelepípede anomenada espiga, mentre que la peça que rep les càrregues porta una caixa o ranura amb les formes i les dimensions de l'espiga.

L'espiga es aconsellable que es realitzi lleugerament més curta i més prima que el forat de la caixa aplicant una certa tolerància, per facilitar el muntatge i per evitar que sols l'espiga suporti tota la càrrega de compressió.

És un tipus d'encaix que treballa a compressió i sense cap tipus de resistència a tracció, per això normalment es sol fixar amb algun tirafons o passador perquè durant el muntatge o en una hipòtesis de càrregues on sigui sotmès a una mínima tracció no es pugui desmuntar i no perdi la seva posició.

Típicament i conceptualment hi ha dos tipologies d'aquest encaix, que seguidament i a mode d'exemple s'exposen en la figura B.24, que son la caixa i espiga amb l'espiga recte o amb la espiga obliqua, segons l'element que transmet la càrrega sigui perpendicular o amb formant un cert angle amb la peça que rep aquests esforços.

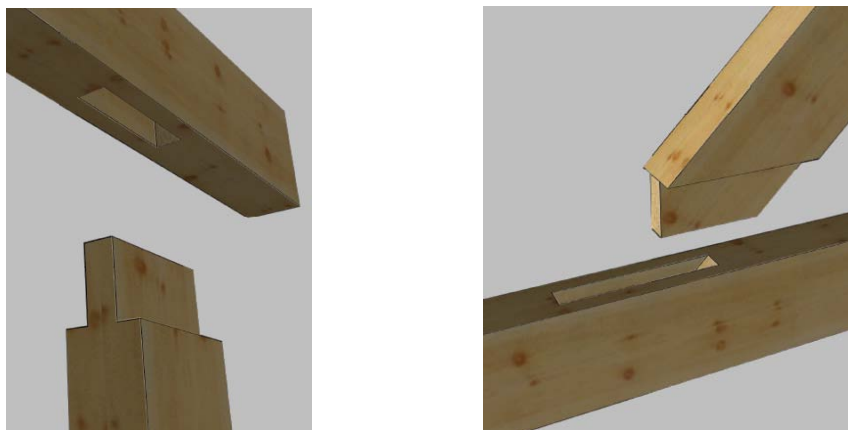


Figura B.24: Encaix de compressió de caixa i espiga recte i obliquo.

ENCAIX DE BARBETA I REBAIX

L'encaix de barbeta i rebaix és un encaix de compressió que consisteix, al igual que l'anterior, en allargar l'element que transmet les càrregues però sense aprimar-lo en l'amplada (sense formació d'espiga) creant així una barbeta, mentre que en l'element receptor dels esforços no hi ha una caixa, sinó un rebaix que rep la barbeta amb les mateixes dimensions i forma, sense cap tipus de tolerància. Aquest sistema és únicament aplicable quant l'element que transmet els esforços arriba formant un angle amb l'element receptor.

Respecte l'anterior sistema d'unió, presenta la avantatge que no es debilita l'extrem de l'element, al no aprimar-lo, però per altre banda requereix de forma imprescindible d'algun element metàl·lic, tipus per passador que suporta els elements en la seva posició i que resisteix les tensions perpendiculars a la peça transmissora resultants de l'aplicació de la compressió en la barbeta, ja que sinó lliscaria el nus i s'escaparia la peça. Un altre avantatge a tenir en compte, és la facilitat d'execució d'aquest mecanitzat respecte altres sistemes.



Figura B.25: Encaix de compressió de barbeta i rebaix.

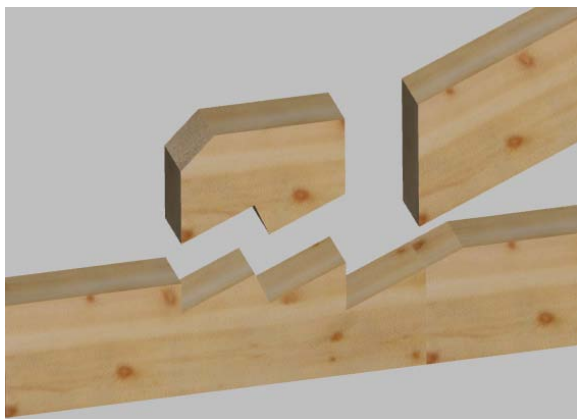


Figura B.26: Encaix de compressió de barbeta doble i rebaix.



Figura B.27: Encaix de compressió de barbeta, peça auxiliar i rebaix.

Figura B.28: Encaix de compressió de barbeta, peça auxiliar obliqua i rebaix.

Les principals utilitzacions i més conegudes i típiques aquest encaix, són les encavallades on per resoldre les unions a compressió entre el parell i el tornapunts, el tornapunts i el pendolo o el parell i el tirant és habitual resoldre-ho amb aquesta tipologia d'unió.



Figura B.29: Imatges d'encaixos de compressió de barbeta i rebaix en una encavallada.

ENCAIX DE CAIXA I ESPIGA AMB BARBETA

L'encaix de caixa i espiga amb barbeta, és un encaix de compressió que consisteix en una mescla dels dos sistemes exposats anteriorment, on l'encaix es produeix

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

inicialment en una part amb barbeta i després aquesta barbeta passa a convertir-se en espiga (figura B.30).

No és un sistema molt habitual, ja que es sol optar per solucionar la trobada amb una espiga o amb una barbeta segons la necessitat resistent i estètica de la unió.



Figura B.30: Encaixos de caixa i espiga amb barbete.

ENCAIX MITJANÇANT REBAIX A L'ELEMENT TRACCIONAT

L'encaix mitjançant rebaix a l'element traccionat és un tipus d'encaix resistent a tracció, s'acostuma a resoldre amb un dels elements dobles (el traccionat o el perpendicular), on la peça traccionada porta un rebaix on s'encaixa l'element perpendicular (figura B.31). Aquest sistema ha d'estar fixat amb algun tipus d'element metàl·lic, tipus tirafons o passadors, que al mateix temps que suporten els elements perquè no perdin la seva posició, col·labora amb la seva resistència a tallant en la unió.

Un altre aspecte clau en aquest tipus d'unions, és que l'element traccionat ha de tenir una sobremesura, anomenat clatell, que és l'encarregat de suportar les tensions de l'esforç de tracció per resistència a compressió en direcció paral·lela a les fibres i per esforços tangencials. Aquest ha de tenir una llargada suficient, sinó podria no resistir i produir el col·lapse al nus.

A nivell d'execució, una de les avantatges d'aquest sistema és la senzillesa del mecanitzat i que només s'aplica en un dels elements, no es els dos, així com la seva senzillesa conceptual. Potser el punt en contra és l'aspecte estètic que ofereix, òbviament segons el gust i l'estètica del conjunt.

Aquest encaix es pot donar tant formant un angle recte entre l'element transmissor i el receptor com formant un angle obliqui, si aquest angle és molt petit, ja per el sentit la seva utilització, ja que s'hauria de rebaixar un volum de fusta important.

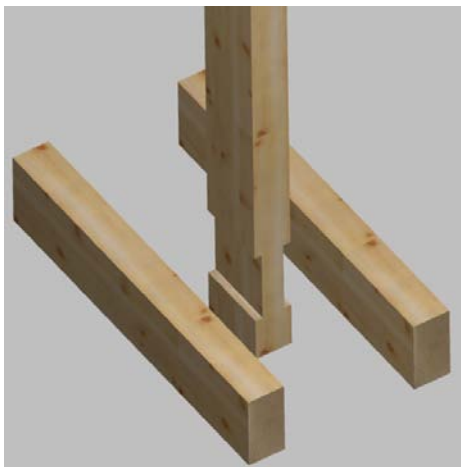


Figura B.31: Encaix a tracció mitjançant rebaix a la peça traccionada.

ENCAIX CUA D'ORENETA

L'encaix en cua d'oreneta, o codornella (cola de milano), és una unió resistent a tracció, on en l'element que transmet la càrrega es realitza com una espiga amb un angle per resistir tracció i en l'element receptor un encaix on s'hi acopla la cua d'oreneta (figura B.32). Aquest sistema és aconsellable acabar de fixar-lo amb algun element metàl·lic tipus tirafons o passador, per garantir la seva unió en el sentit perpendicular a la cua d'oreneta.

Principalment hi ha dos maneres de realitzar aquest encaix, el primer i més tradicional consisteix en aplicar aquest mecanitzat amb mitja mossa (en la meitat de la seva amplada) que serveix per unir elements en el seu cantell. Actualment però amb la maquinària de control numèric també s'ha desenvolupat la cua d'oreneta per unir elements per testa, sent la forma més habitual.



Figura B.32: Encaix cua d'oreneta en base.

ENLLAÇOS

Els enllaços són un tipus d'unió mecanitzada per garantir la transmissió dels esforços per testa en un element estructural format per dos peces diferents.

Existeixen diferents tipus d'enllaços segons els esforços al que es troben sotmesos i la seva situació, com els enllaços comprimits, els enllaços sotmesos a tracció i els enllaços sobre recolzaments.

ENLLAÇOS COMPRIMITS

L'enllaç d'elements sotmesos únicament a compressió no és molt habitual en la construcció d'estructures de fusta, ja que normalment es troben formant un nus en la unió de diferents elements estructurals.

Tot i això existeixen diferents formes d'enllaçar elements comprimits, com mostra la següent figura B.33, on generalment s'utilitzen elements metàl·lics, com tirafons, cargols, o passadors, per refermar la unió i assegurar la posició de les peces de fusta.

Aquesta unió és troba de forma habitual en pilars de longituds considerables.

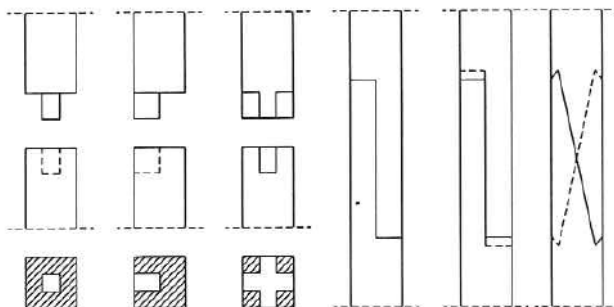


Figura B.33: Enllaços comprimits [4].

ENLLAÇOS TRACCIONATS

L'enllaç d'element sotmesos a tracció és el més habitual de tots, un dels exemples típic mes clars i que freqüentment és utilitzat és l'enllaç del tirant d'una encavallada, ja que sol ser un element de longitud elevada i està sotmès a tracció pura. Aquests enllaços es produeixen per testa dels elements i s'acostumen a realitzar al centre del vano a cobrir, ja que si hi ha una petita sol·licitació de tallant és en aquest punt on el seu valor és menys insignificant.

Hi ha varis sistemes de formar aquest enllaç, l'enllaç en clau, l'enllaç en llamp de Júpiter i enllaç a mitja mossa i cua d'oreneta, seguidament s'amplia la seva explicació. Tots aquest tipus d'enllaços però tenen un aspecte en comú, ja que realitzen l'enllaç amb reduccions importants (fins de la meitat) i progressives de la secció dels elements enllaçats.

Enllaç en clau:

L'enllaç en clau és un sistema d'enllaç a tracció. Consisteix en realitzar un rebaix de les seccions amb una forma concreta (figura B.34) que s'acopen entre si en forma de mitja mossa. Per realitzar aquest encaix entre les dues peces es realitza el rebaix una mica mes llarg del estrictament necessari, tant com la llargada de la punta, i un cop estan encaixades les peces es col·loca una clavilla de fusta, típicament un llistó, que trava el sistema i no permet desplaçaments importants de la unió.

Aquest sistema té una capacitat resistent molt elevada, la més elevada de tots els sistemes d'enllaç a tracció, i té una fàcil mecanització, així com una senzilla execució. Normalment s'acompanya amb un element metàl·lic, tipus tirafons o clavilla, que manté els dos elements enllaçats en la seva posició i que evita el desmuntatge en sentit perpendicular a la unió.

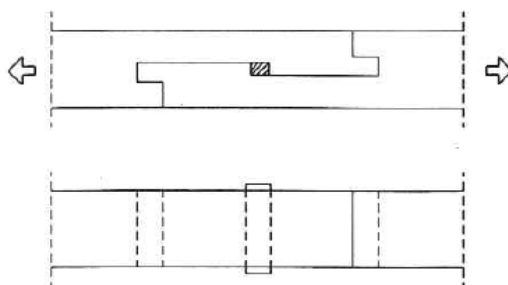


Figura B.34: Enllaç sotmès a tracció en clau [4].

Enllaç en llamp de Júpiter:

L'enllaç anomenat en llamp de Júpiter, consisteix en realitzar un mecanitzat escalat en les dues peces a enllaçar iguals i invers de tal forma que encaixin una amb l'altra, aquest escalat recorda la forma d'un llamp, d'aquí el nom (figura B.35). Aquest enllaç pot tenir una longitud entre 2,5 i 5 vegades el cantell de la peça.

Al igual que els encaixos amb barbeta, aquest sistema requereix de la col·laboració d'algun element metàl·lic, en forma de brides o passadors, que assegurin la posició dels elements de fusta i, de forma imprescindible, per resistir les tensions perpendiculars a la tracció sorgides per la inclinació de les parets verticals del "llamp".

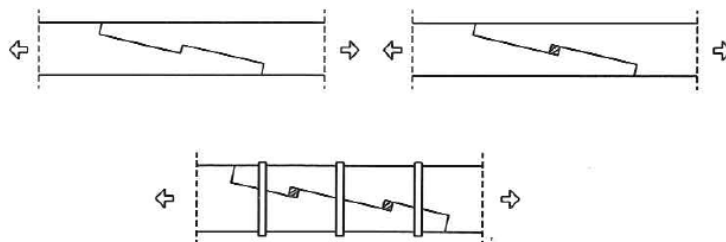


Figura B.35: Enllaç sotmès a tracció en llamp de Júpiter [4].

Enllaç a mitja mossa i cua d'oreneta:

L'enllaç a mitja mossa i cua d'oreneta és un sistema mixt entre els anteriors enllaços que conjuntament resisteix la tensió paral·lela de tracció. Consisteix en que cada una de les peces a enllaçar presenta en el seu extrem un aprimament de la seva secció en mitja fusta que acaba amb una cua d'oreneta (que ja s'ha vist anteriorment), aquest sistema redueix de forma important la secció eficaç (figura B.36).

Aquest sistema es sol refermar amb algun tipus d'element metàl·lic tipus clavilla o tirafons, per evitar el seu desmuntatge en la direcció perpendicular al cantell de l'element.

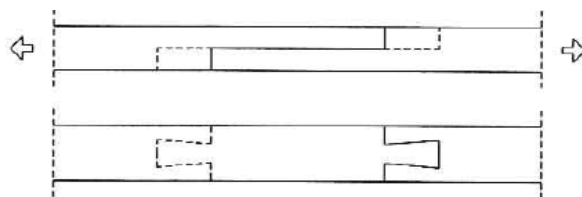


Figura B.36: Enllaç sotmès a tracció a mitja mossa i cua d'oreneta [4].

ENLLAÇOS SOBRE RECOLZAMENT

Respecte els enllaços d'elements exposats a flexió, generalment, és aconsellable realitzar aquest enllaç en els punts de recolzament on la flexió és nul·la o menor i es realitza un enllaç a mitja mossa, mitjançant un tall obliquo o un sistema entremig (figura B.37).

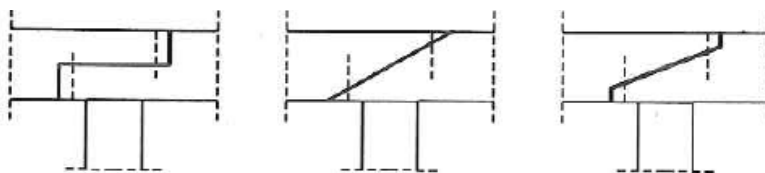


Figura B.37: Enllaços sobre recolzaments [4].

Aquest sistema requereix imprescindiblement, la instal·lació d'algun element metàl·lic, tipus tirafons o passadors, per garantir la unió entre elements.

ACOPLAMENTS

L'acoplament d'elements consisteix en la unió de dues peces de fusta per alguna de les seves cares, base o cantell, per aconseguir un element de majors dimensions. Si bé s'introdueix en el projecte com un sistema d'unió mecanitzada, actualment no s'utilitza com a tal, ja que quant s'ha de realitzar algun acoplament es sol emprar un sistema de fixació adhesiva. Anteriorment a la tècnica del laminat, aquest tipus d'unió tenia sentit i era molt utilitzat per aconseguir cantells majors del que es podia aconseguir de la tala d'un arbre, però a dia d'avui per cantells importants ja s'utilitza directament fusta laminada.

Així doncs aquest sistema no s'utilitza, però sí que pot tenir un interès a nivell conceptual i acadèmic. Tal com ens mostra la figura B.38, existeixen dos tipologies d'acoplament, els realitzats mitjançant dentats i els mitjançant claus de fusta, sempre amb la utilització de les brides per donar resposta a les tensions perpendiculars sorgides.

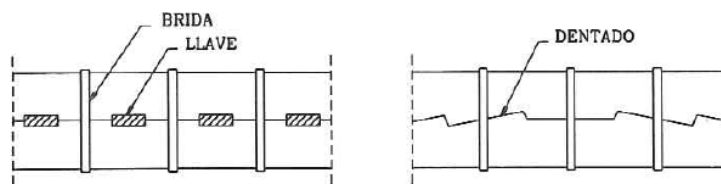


Figura B.38: Acoplaments [4].

B.2.3 UNIONS MECÀNIQUES

Un altre tipus d'unions per elements de fusta, són les unions mitjançant elements metàl·lics de varies formes i tipologies que resolen una unió concreta. Els elements metàl·lics són molt utilitzats, són bàsics en les unions, ja sigui com element purament resistent als esforços, com per un element d'ajuda i de suport en el cas de moltes unions mecanitzades, com s'ha vist anteriorment.

La interacció de dos materials, com la fusta i el metall, fa que els seus càlculs siguin concrets i mereixin una atenció especial, sobretot en les tensions concretes locals i l'aixafament local que pot provocar a la fusta l'element metàl·lic (de molt més rigidesa), aquí és on la anisotropia de la fusta juga un paper realment important.

Principalment existeixen tres tipologies d'elements metàl·lics que poden donar resposta a una unió, les unions tipus clavilla, on s'engloben claus, grapes, perns, passadors i cargols o tirafons que són elements principalment d'una dimensió, les unions tipus superficials, com plaques o anells que són elements principalment de dues dimensions, i les unions tipus ferratges, compostes per estreps, escaires i recolzaments de pilars que són elements tridimensionals.

Un altre aspecte important que val la pena destacar en les unions metàl·liques és la protecció mínima davant la corrosió o el tipus d'acer necessari per garantir una igual o superior durabilitat que l'estructura de fusta, per això segons la classe de servei a la que s'exposa és demana un requisit de protecció o un tipus d'acer determinat. Segons el CTE, aquests requisits mínims són els següents (taula B.2).

Taula B.2: Protecció mínima davant a la corrosió o tipus d'acer necessari [17].

ELEMENT DE FIXACIÓ	CLASSE DE SERVEI		
	CS 1	CS 2	CS 3
Claus i tirafons amb $d \leq 4$ mm	Cap	Fe / Zn 12c	Fe / Zn 25c
Claus, perns i passadors amb $d > 4$ mm	Cap	Cap	Fe / Zn 25c

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

Grapes	Fe / Zn 12c	Fe / Zn 12c	Acer inoxidable
Plaques dentades i xapes d'acer amb un gruix inferior de 3 mm.	Fe / Zn 12c	Fe / Zn 12c	Acer inoxidable
Xapes d'acer amb un gruix superior de 3 mm i inferior a 5 mm.	Cap	Fe / Zn 12c	Fe / Zn 25c
Xapes d'acer amb un gruix superior a 5 mm.	Cap	Cap	Fe / Zn 25c

TIPUS CLAVILLA

Les unions tipus clavilla són elements metàl·lics principalment unidireccionals que transmeten els esforços directament a través de tensions d'esclafament sobre els elements de fusta entravessant-los. El nom clavilla s'utilitza en caràcter genèric per referir-se a claus, grapes, perns, cargols o tirafons i passadors.

La forma de treball es diferent segons cada unió, però solen treballar a tallant.

A continuació s'exposa de forma desenvolupada, cada una de la tipologia que clavilles que existeixen, resumint els seus trets característics i diferencials.

CLAUS

Els claus o puntes són els elements metàl·lics més primitiu en la unió estructural de fusta, és un element principalment unidireccional format per una cabota o cap i un fust acabat amb punta que pot presentar diferents aspectes.

Normalment, el cap té un diàmetre o àrea (en el cas de ser quadrat) superior al del fust i no presenta desenvolupament, oferint així una superfície plana que és l'encarregada de rebre els cop o empenta necessària per introduir el clau a la fusta, aquest cap pot tenir un major o menor superfície segons el tipus i model de clau, normalment els claus que s'instal·len amb pistola tenen un cap menor que els instal·lats a cop de martell. Mentre que el fust és l'encarregat de transmetre les tensions a la fusta, aquest pot ser llis o amb ressals en forma de cunya o helicoidal, tal com ens mostra la següent figura B.39.



Figura B.39: Puntetes anellades.

La gama dimensional que ofereix el mercat és molt variada, però per unions de caire estructural els claus solen oferir diàmetres entre 3mm i 8mm, i unes longituds entre 40mm i 200mm. Tot i l'existència de claus quadrats, que ofereixen una major resistència per càrregues en la direcció paral·lela a les fibres els més comuns i utilitzats són els claus rodons, gràcies a la seva major facilitat de penetració en la matèria.

El seu principal funcionament és a tallant, funcionant especialment malament a un esforç de tracció sobretot si és en la direcció paral·lela a les fibres, per això s'utilitzen principalment per unions de poca envergadura i amb una gran quantitat, com per exemple per la unió de peces de fusta entre si en entramats lleugers de forjats, de murs o de coberta, per unions de taulers de fusta, o per fixar a la fusta altres elements metàl·lics com plaques o estreps.

Els materials més habituals per la seva fabricació solen ser l'acer, l'acer inoxidable, l'acer tractat en calent i l'alumini, segons les seves necessitats de resistència i durabilitat, fet per el qual també s'hi apliquen acabats de protecció de mínim gruix, com poden ser l'electro galvanitzat, el galvanitzat en calent i el galvanitzat mecànic. Segons el tipus de material metàl·lic i del tipus de fusta (sobretot en frondoses d'alta densitat) pot ser necessari la realització d'un preforat per introduir el clau o punta.

GRAPES

Les grapes són uns elements metàl·lics en forma de "U" acabades en punxa, on es distingeixen clarament dues parts, la corona o part superior i horitzontal, i les dues potes o fust vertical que són les encarregades d'introduir-se a la fusta. De tipologies i patents de grapes n'hi ha varies en el mercat, però les més habituals són les que mostra a mode d'exemple, la següent figura B.40.

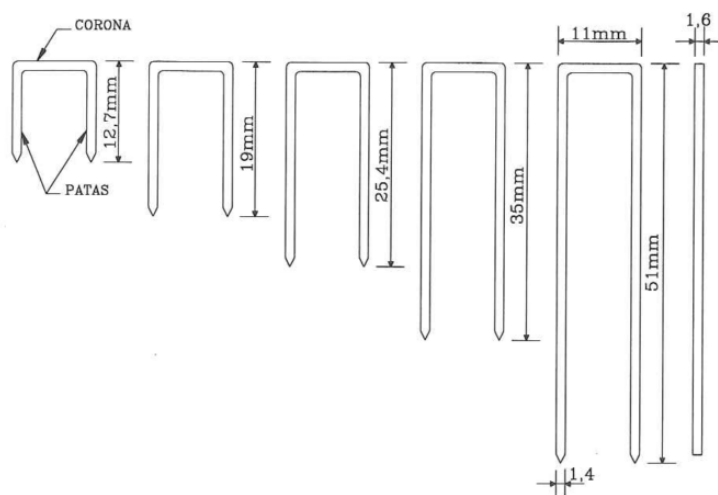


Figura B.40: Diferents tipologies de grapes [4].

Aquest element es sol aplicar amb eines neumàtiques o manuals, com grapadores, i és un element de poca resistència així que s'utilitza en elevada quantitat per garantir la unió. Normalment es fa ús de grapes per unions de poca rellevància i baixes tensions, principalment per unions de taulers de fusta o derivats a elements de fusta, com en el cas de les estructures lleugeres, vistes anteriorment.

Generalment, les dimensions i formes de grapes al mercat són molt variades. Normalment, la longitud de les potes es troba entre 3mm i 65mm. El materials usats normalment per les grapes, són acer amb diferents continguts de carboni, acer inoxidable, alumini, bronze i un aliatge de coure i níquel. Les grapes d'acer es solen protegir amb una fina capa de galvanitzat.

PERNS

Els perns o bolons són uns elements unidireccionals compostos per un cap, una canya i una femella (figura B.41), no és un element amb rosca, així que és necessari un forat previ del diàmetre del propi pern o lleugerament superior, segons tolerància i normativa fins a 1mm. Aquests elements també es poden fabricar a taller si no és disposa en el moment d'un pern amb les dimensions desitjades, mitjançant barra roscada, i un parell de femelles, les quals una desenvolupa la seva tasca i l'altre la de cap.

Normalment el cap és un element hexagonal o quadrat, que serveix per rebre els cops per introduir el pern dins la fusta i per subjectar el pern a l'hora de collar la femella i assegurar una bona subjecció, mentre que la canya sol ser llisa amb la part inferior amb rosca per rebre la femella i marca el diàmetre del pern, finalment es troba la femella que serveix per fixar i tensar.



Figura B.41: Imatge d'uns perns galvanitzats.

Aquest element pot treballar a tracció o a tallant, per aquest motiu, per la seva instal·lació quant es troba en contacte amb fusta és necessari col·locar volanderes per augmentar la superfície de contacte i evitar l'enfonsament. S'aconsella que la volandera tingui un diàmetre mínim de 3 vegades el diàmetre del pern i un gruix de 0,3 vegades aquest diàmetre. En el seu contacte amb la fusta, es poden trobar de tres formes segons l'estètica final de la unió, exteriorment a l'element de fusta, amb algun

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

avellanat perquè no sobresurtin, o amb un avellanat i un tap que oculta el pern de fusta o de plàstic.

Degut a la tolerància d'1mm que és sol deixar per facilitar la seva instal·lació, aquest element perd parts de la capacitat de transmissió de càrregues, per això, no es sol utilitzar com un element autònom per una unió, sinó que s'utilitza per fixar altres elements metàl·lics de connexió tipus estreps, escaires o plaques.

El material més utilitzat per la fabricació d'aquests perns és l'acer o l'acer inoxidable, entre altres, i és protegeix amb una fina capa de galvanitzat mecànic o en calent.

PASSADORS

Els passadors són uns elements unidireccionals compostos per una barra d'acer de secció circular llisa amb les testes aixamfranades, per facilitar la seva instal·lació (figura B.42), ja que funcionen per pressió.

Aquests passadors solen tenir un diàmetre entre 16mm i 25mm i llargada variable. S'utilitzen en moltes ocasions en substitució de perns per aconseguir un millor aspecte estètic, ja que no tenen cap, ni rosca ni volandera.

El passador funciona per pressió per garantir la transmissió d'esforços, així que el forat on s'instal·la el passador sol tenir un diàmetre lleugerament inferior, entre 0,8mm i 1mm. En el flanc negatiu, al introduir-se per pressió existeix una major possibilitat de l'aparició d'esquerdes, fet per el qual es molt aconsellable respectar les separacions mínimes d'aquests, a més a més el passador no ofereix resistència en la direcció perpendicular a la unió.



Figura B.42: Imatge d'uns passadors bicromatats.

CARGOLS O TIRAFONS

Els cargols o tirafons són un elements metàl·lic principalment unidireccional que està compost per una cap o cabota i un fust format per una part de corda (zona roscada) i una part llisa.

Normalment el cap té una superfície major que la del fust i és per on mitjançant un moment de rotació el colla l'element a la fusta, aquest cap per tal d'aplicar-hi aquesta rotació ja sigui amb alguna maquinaria (colladors elèctric o de bateria) o manualment (tornavís o clau) té una forma hexagonal o un gravat en estrella o pla (o altres, segons marques comercials). Mentre que el fust presenta una part inicial (tocant al cap) on és llis, sense rosca anomenat canya i posteriorment, fins a la punta, hi ha un tram de rosca anomenat tram de corda, on el diàmetre de la rosca es major al de la canya. La següent figura B.43 mostra aquestes diferents tipologies de tirafons o cargols.



Figura B.43: Diferents tipologies de tirafons.

La gama dimensional que poden tenir els tirafons és molt variada i amplia, des dels petits tirafons d'ebenisteria per la construcció de mobles, fins als grans tirafons de caire clarament estructural. Normalment els tirafons en l'àmbit de les unions estructurals tenen entre 6mm i 20mm de diàmetre i una longitud entre 50mm i 400mm.

El seu principal ús és per la fixacions d'altres elements metàl·lics de superfície, com les plaques, així com per fixar altres ferratges com escaires o estreps. També s'utilitzen per mantenir i garantir la posició dels elements estructurals de fusta en les unions mecanitzades o tradicionals. El seu funcionament estructural principal es la capacitat resistent a tallant, però al contrari que els claus, tenen una capacitat relativament elevada a l'extracció, gràcies a la rosca, tant en direcció perpendicular com paral·lela (tot i que menor) a les fibres de la fusta.

Per la seva instal·lació s'ha de tenir en compte que els tirafons amb un diàmetre superior als 5mm, es necessari realitzar un forat previ del 70% del diàmetre del tirafons, per garantir el treball de la rosca i que la canya quedi totalment estampida a la fusta. També, quan es fixa directament sobre la fusta es aconsellable l'ús de volanderes perquè no es produeixin tensions puntuals superiors a la resistència de la fusta i s'enfonsi el tirafons, ja que aleshores perdria la seva resistència.

Els materials més habituals per la seva fabricació l'acer i l'acer inoxidable, i protegits amb una fina capa, que no afecti la rosca.

SUPERFICIALS

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

Les unions metàl·liques superficials, són unions que utilitzant algun tipus d'element metàl·lic circular o rectangular, típicament amb dues dimensions majors que la restant i treballant per superfície garanteixen l'estabilitat de la unió. Aquests connectors superficials es solen refermar mitjançant algun tipus de clavilla.

D'aquestes unions n'existeixen dos grups, els anells i les plaques, podent ser dentats o no. A continuació s'exposen més desenvolupades aquestes tipologies.

CONNECTORS EN ANELL

Els connectors en anell són uns elements circulars (en forma d'anell) oberts o tancats que s'instal·len entre les cares de dues peces unides, fent que la meitat de l'altura de la cara quedi dins l'anell, finalment aquestes unions es refermen amb algun pern o tirafons per mantenir la posició de les peces i aporti també resistència en la direcció perpendicular a l'anell. En la següent figura B.44 es mostren dos tipologies de connector en anell, el connector tancat (esquerra) i el connector obert (dreta).

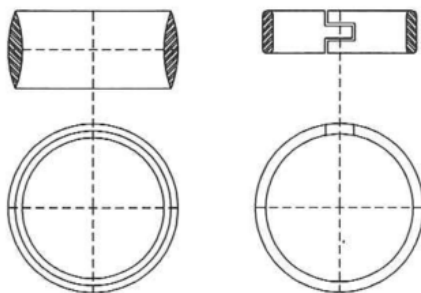


Figura B.44: Connectors en anell [4].

El seu diàmetre pot variar entre 60mm i 260mm i solen estar fets amb acer i tractats amb un protector galvànic en calent, tot i que segon la patent i el fabricant el seu disseny pot variar. Treballen per superfície, transmeten els esforços a una superfície major de fusta, reduint així l'aplatament de la fusta.

Aquest connectors metàl·lics també es poden realitzar o substituir per un disc o pastilla, amb un forat central, de fusta de major densitat i resistència a la fusta dels elements a unir (típicament Roure), treballant d'igual forma i obtenint els mateixos avantatges.

CONNECTORS EN ANELLS DENTATS

Els connectors en anells dentats o també coneguts com a bulldogs, són un tipus de connectors en anells que tenen forma de placa rodona, quadrada o rectangular que en el seu perímetre porten unes dents o pues de forma triangular per una de les cares o per les dues. La figura B.45 mostra els dos tipus de connectors dentats, de doble cara (esquerra), per unions fusta amb fusta, i de simple cara (dreta), per unions fusta amb acer, segons on es disposen les seves dents.



Figura B.45: Connectors en anells dentats.

Els més habituals són els connectors dentats circulars, on les seves dimensions varien entre 48mm i 117mm de diàmetre. S'utilitzen per unions realitzades mitjançant perns amb elevades càrregues, ja que transmet els esforços sobre el perns en una major superfície, millorant així l'aportació resistent de la fusta i reduint l'aixafament de la fusta. Normalment es fabriquen amb una xapa d'acer galvanitzada en calent mitjançant estampació.

PLAQUES

Les plaques metàl·liques són elements superficials que mitjançant la col·laboració d'algun element tipus clavilla garanteixen la unió entre dos o més elements de fusta. Principalment hi ha dos tipologies de plaques, les plaques exteriors i les plaques interiors.

Les plaques exteriors acostumen a ser plaques o xapes d'acer galvanitzat o inoxidable i d'un gruix entre 1mm i 2mm si són estandarditzades i amb gruixos molt variables si es fan a mida per un professional. Porten perforacions per permetre la fixació d'aquest a la fusta mitjançant puntes, tirafons, passadors o perns. També porten nervis per adquirir una majors resistència al esforços. Aquest es poden presentar en forma de passamà rectangular o amb alguna forma concreta com per exemple en "T" per la unió d'elements perpendiculars (figura B.46). Hi ha força mercat amb elements estàndards, però també es habitual que per unions molt concretes s'elaborin plaques a partir de passamans i soldadures amb formes particulars.



Figura B.46: Plaques interiors i exteriors.

Respecte les plaques interiors les explicacions anteriors són vàlides, al ser pràcticament el mateix que una placa exterior, però que es situa a l'interior de la fusta, quedant molt més protegida i oculta, i on prèviament s'ha de realitzar unes ranures als elements de fusta. La figura B.47 mostra aquest tipus de plaques una vegada instal·lades a obra.

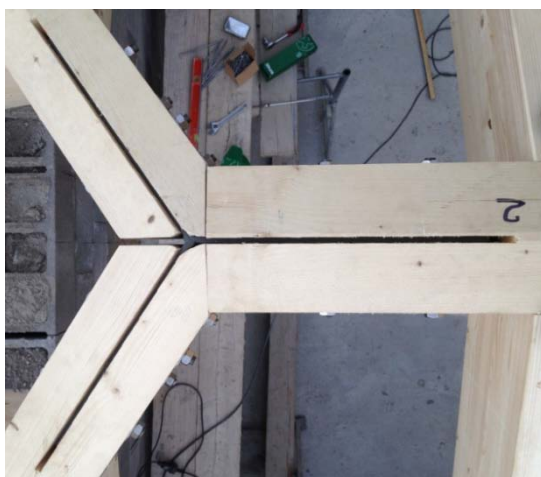


Figura B.47: Imatge de la instal·lació d'una placa interior fabricada a mida.

PLAQUES DENTADES

Les plaques dentades o plaques - clau, són elements bidimensionals que porten unes puntes adherides en direcció perpendicular conseqüència d'un procés d'estampació de la pròpia placa, que serveixen per agafar-se als elements de fusta per unir-los entre si (figura B.48). Aquestes unions s'utilitzen per estructures lleugeres.



Figura B.48: Plaques dentades.

La principal avantatge d'aquet tipus d'unió és la facilitat de muntatge, la seva senzillesa conceptual i les poques mecanitzacions que s'ha de realitzar sobre la fusta, mentre que en el flanc negatiu, destaca que ha de ser utilitzada per unions de poca càrrega, en seccions petites, en grans quantitats, i que les peces a unir han de presentar la mateixa amplada creant un sol pla.

Les plaques poden ser rectangular o quadrades, presentant unes dimensions entre 25mm i 200mm d'ample i 75mm i 300mm de llargada, amb un gruix de placa entre 0,9mm i 2,5mm i una alçada de punta d'uns 10mm aproximadament.

La seva instal·lació és molt senzilla, ja que es mitjançant pressió clavant les pues de la placa a la fusta, col·locant una placa per cada cara de la unió. Les peces de fusta únicament van unides per superfície.

Aquestes plaques estan fabricades amb acer galvanitzat en calent o amb acer inoxidable com a materials més comuns.

FERRATGES

Els ferratges són elements metàl·lics de tres dimensions que s'utilitzen per la fixació d'elements de fusta amb la col·laboració d'algun altre element tipus clavilla. Els ferratges metàl·lics poden ser elements comercials o elements fabricats a mida per una fixació concreta o singular, tot i que el més habitual són els ferratges comercials, que estan totalment normalitzats i on hi ha una gran varietat de tipologies i variants per adaptar-se al millor possible a la unió concreta.

Les tipologies més conegudes són els estreps, els escaires i els ferratges de recolzament de pilar, que també presenten diferents tipologies pròpies. A continuació, es desenvolupa l'explicació de cada tipologia concreta.

ESTREPS

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

Els estreps són ferratges fabricats amb xapa d'un gruix entre 2 i 4 mm, normalment galvanitzada i en ocasions d'acer inoxidable, que mitjançant una sèrie d'operacions de plegat es forma un element tridimensional, típicament en forma de "U" que sosté l'element de fusta i amb dues ales per el fixament d'aquest al element de suport. Aquesta xapa porta un seguit de perforacions diverses a mida, quantitat i distribució tant en les ales com en la "U", pensant amb els elements tipus clavilla que es col·loquen per fixar i reforçar la unió. Es col·loquen típicament en les unions fusta amb fusta puntes anellades o tirafons i per fixar l'estrep a una paret de formigó amb algun cargol amb tac expansible. Els principals usos dels estreps són per la fixació de corretges o cabirons en les cobertes, de biguetes o bigues de forjats, entre altres, sempre al mateix pla de les bigues o murs de fixació.

D'aquests estreps hi ha diferents tipologies, els anomenats SAI, amb les ales interiors, els anomenats SAE, amb les ales exteriors, i els estreps amb ànima, no vistos. Els més coneguts, comercialitzats i senzills, ja que no requereixen mecanització, són els SAI i SAE que consten d'una cassoleta en "U" que subjecten la biga amb la diferència que els SAI tenen els elements de fixació amb la paret, les ales, a l'interior tocant la testa de la biga, mentre que els SAE tenen aquestes ales cap a l'exterior, resultant així més ràpida la seva instal·lació. La següent figura B.49 mostra imatges dels diferents tipus d'estrep.

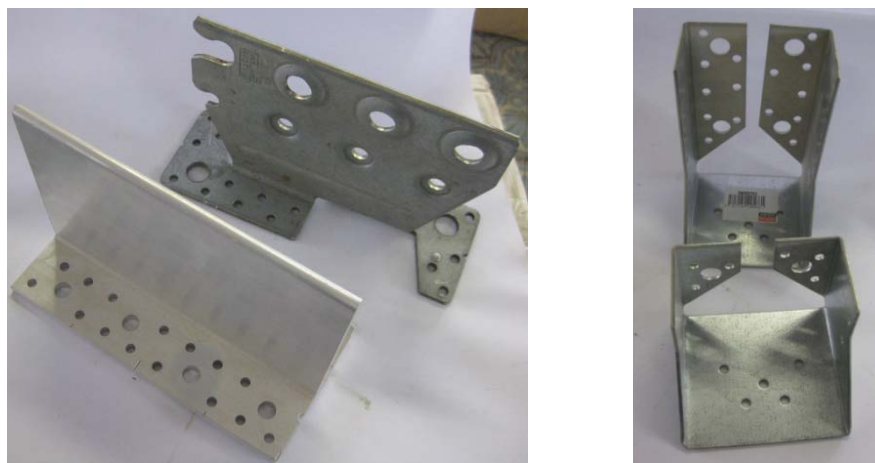


Figura B.49. Ferratges tipus estrep.

Respecte els estreps amb ànima, existeixen també dues tipologies, una amb l'ànima prèviament foradada, i un altre amb l'ànima sense cap forat fet, ja que està pensat perquè es fixi a l'element de fusta amb uns cargols autoperforants a la fusta i a l'acer. Aquesta tipus d'estrep permet que no quedi a la vista cap part del ferratge, fent una ranura i un fresat en testa de l'element per les ales. Si bé el seu preu no és molt més elevat, si que resulta més costos la instal·lació d'aquests, al resultar més costos els elements de fixació a la fusta, la necessitat de realitzar mecanitzats i la seva instal·lació més lenta.

ESCAIRES

El contingut d'aquest arxiu té com a objectiu proporcionar una informació orientativa i està condicionada a modificacions i a característiques específiques de producte de cada proveïdor. L'empresa no es responsabilitza de possibles errors i en cap cas es fa responsable de la difusió o ús de la informació obtinguda. Es recomana per qualsevol petició tècnica consultar la bibliografia especialitzada del sector o sol·licitar informació a la nostra oficina tècnica.

Els escaires són dels ferratges més estesos en el mercat, així com un dels elements més utilitzats gràcies principalment a la seva versatilitat que ofereix per solucionar unions i a la gran diversitat de mides i models que existeixen, cobrint així pràcticament totes les necessitats i possibilitats.

Aquests, són elements de xapa en forma de "L" d'un gruix entre 2 i 3 mm, normalment galvanitzada i poden ser també d'acer inoxidable, que segons el model i disseny incorporen nervis per aconseguir una resistència més elevada, així com un nombre concret de forats per la seva fixació. Existeixen una gran varietat de mides i dimensions, però solen anar entre alçades de 50mm fins a 200mm. En la fixació d'elements estructurals, els usos dels escaires solen ser per la fixació de les corretges o cabirons que van recolzades per sobre la biga o mur resistent, col·locant escaires en ambdós costats.

La figura B.50 mostra alguns escaires d'acer galvanitzat on s'aprecien diferents dimensions, i com a mesura que els escaires són més grans, tenen un major reforç, així com un major nombre de forats per la seva fixació.



Figura B.50. Ferratges tipus escaire.

RECOLZAMENTS PILARS

Finalment, exposar un dels ferratges més diversificats i clàssic, és el ferratge per la fixació de pilars o elements verticals amb el sòl. Aquest és un clar exemple de com un tipus de fixació molt habitual i concreta en les estructures de fusta, s'estudia i es normalitza una solució, desenvolupant així una sèrie de ferratges tipus amb diferents característiques, però complint els principis tècnics de la bona solució, que es comercialitzen en sèrie abastint totes les diferents necessitats concretes de la unió.

Els principis dels ferratges de recolzament o peu de pilar, són els de fixar correctament l'element vertical i al mateix temps protegir la testa de l'element, aïllant la humitat del sòl que ascendint per capil·laritat podria afectar la peça, per això la solució més usada és la d'aixecar aquesta testa uns quants centímetres, entre 3 i 6 cm, del sòl.

Per fer-ho existeixen diferents tipologies de pilars, com els que es mostren en la figura B.51, entre altres. Hi ha peus de pilars que permeten la regulació de l'alçada entre el sòl i la testa de l'element, gràcies que al cos central porta una rosca, permetent així una regulació en la seva instal·lació a més a més de la protecció. També hi ha ferratges de peu de pilar en forma de "U", en forma quadrada o de cassoleta i en forma d'ànima interior.

Els ferratges en cassoletes o en "U" són utilitzats per fixació de pilars en estructures de menor responsabilitat i amb seccions típicament més petites de 120mm, com per exemple són els pals de tanques, o petites pèrgoles, mentre que per estructures amb càrregues més notòries es sol instal·lar els ferratges amb ànima interior o amb el peu regulable i on els element verticals tenen una secció superior a 140mm, com per exemple pilars estructurals d'un habitatge, o d'un porxo, etc.



Figura B.51. Ferratges tipus recolzament de pilar.

Una de les diferències que existeixen entre ells és l'estètica, la resistència, així com la necessitat o no de realitzar mecanitzacions per la instal·lació del ferratge, ja que en el cas del peu amb ànima interior és necessari realitzar una ranura, mentre que en el cas del peu regulable un forat en la testa de l'element.

En la següent figura B.52. es mostra com queda la instal·lació del ferratge amb ànima interior, que és un dels més utilitzats.



Figura B.52. Ferratges tipus recolzament de pilar en “t” invertida.

Finalment, nombrar que per l'ampliació d'aquesta informació sobre els ferratges es recomana la consulta el Manual tècnic de les unions metàl·liques en estructures de fusta T&T Aginco [14], font de la informació.