

Capítol 5

Conclusions i estudis futurs

En aquest capítol se sintetitzen les conclusions deduïdes al llarg de tot el treball realitzat en la present tesina. Alhora es plantegen els futurs camps d'investigació que deixa obert l'estudi sobre la simulació numèrica del comportament d'estructures lleugeres d'acer galvanitzat.

5.1. Conclusions

- Pel que fa a l'ús de l'*Steel Framing* en el mercat de la construcció d'habitatges:
 - Els avantatges de l'ús d'acer galvanitzat en les estructures d'habitatges són nombrosos : l'economia, el termini de construcció, la facilitat per reciclar el material, i la integració amb altres subsistemes de l'edifici.
 - Als països on s'han construït des de sempre estructures lleugeres de fusta, la implantació de l'acer ha estat molt més ràpida que al Mediterrani, a causa de la diferència de tradicions constructives. L'aposta dels constructors per aquest sistema estructural serà clau per al seu desenvolupament.
- Pel que fa a les normatives existents i els mètodes de disseny habituals:
 - La norma que regeix el dimensionament d'estructures lleugeres d'acer galvanitzat és l'*Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General Rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting*. Els mètodes que proporciona condueixen generalment a solucions poc econòmiques.

- El poc coneixement del comportament d'aquestes estructures genera la necessitat de realitzar campanyes d'assajos de laboratori per tal de corroborar que els dissenys són correctes. Aquestes campanyes solen resultar cares i no permeten modificar els dissenys de forma eficient per augmentar la càrrega crítica.
- Als Estats Units s'han desenvolupat mètodes de disseny específics per a aquest tipus d'estructures, però són poc versàtils i donen solucions sobredimensionades.
- Pel que fa a les eines existents per al càlcul d'estructures:
 - L'eina que s'ha utilitzat per al càlcul, CASTEM 2000, té una potència i versatilitat molt major que la majoria de programes comercials per al disseny d'estructures que hi ha al mercat, però requereix un treball en la introducció de dades i generació de resultats que els programes especialitzats en estructures estalvien al calculista.
- Pel que fa al comportament tensional de l'estructura de l'habitatge:
 - Les tensions no superen les màxims establerts per l'*Eurocode-3* en cap punt de l'estructura. Els mòduls de cantonada són els que absorbeixen més tensions, degut a que han de solidaritzar el treball de l'estructura en les dues direccions horitzontals.
- Pel que fa al comportament en deformacions de l'estructura de l'habitatge:
 - La deformabilitat de l'estructura fa que l'estat límit de servei sigui la condició més restrictiva de les que s'han calculat. Es compleixen els límits establerts per l'*Eurocode-3*, sense confiar en la col·laboració del tancament i la coberta.
- Pel que fa a les accions de l'estructura sobre el terreny:
 - Els valors que s'han obtingut en el càlcul permeten afirmar que aquest tipus d'estructures són adequades per terrenys poc resistents, perquè la lleugeresa de l'habitatge minimitza les accions sobre la fonamentació.
- Pel que fa a l'anàlisi del vinclament:
 - Les càrregues crítiques que s'han obtingut en tots els casos deixen un marge de seguretat prou ampli de cara al vinclament.
 - Els modes dominants corresponen a inestabilitat global de l'estructura. Els mòduls interiors aporten un arriostament als de façana que és important per limitar aquest fenomen.
 - L'element més esbelt, el puntal 0001, és el que dona més problemes d'inestabilitat local, perquè en els mòduls cecs no té arriostament en tota la seva longitud.

- Les obertures de portes i finestres suposen un canvi en la manera de treballar de l'estructura, però no una debilitació de la mateixa enfront a fenòmens d'inestabilitat. La disposició de mòduls tipus porta o finestra fa que els perfils tubulars rebin més esforços i presentin més problemes d'inestabilitat local.

5.2. Futures línies de treball

En aquest apartat es pretén sintetitzar les idees i passos fonamentals que podrien realitzar-se per aprofundir en l'estudi i el desenvolupament de tècniques numèriques per al càlcul d'estructures lleugeres d'acer galvanitzat.

5.2.1. Reducció de secció

Les lleis d'esforços s'han calculat utilitzant la secció completa de tots els elements estructurals. Una aportació interessant seria calcular la reducció de secció en cadascun dels elements. Com que els esforços són diferents en cada element, la reducció de secció també ho és, i per tant caldria implementar tants grups de característiques seccionals com elements hi ha en l'estructura.

Els avantatges d'atribuir a cada element al reducció de secció que li correspon serien diversos:

- Comprovar l'estat tensional de cada secció tenint en compte fenòmens d'abonyegament local.
- Estudiar la inestabilitat, tant local com global, amb la debilitació que suposa la pèrdua de secció per abonyegament local.
- A partir dels dos punts anteriors es pot buscar una optimització del perfil, tenint sempre en compte la limitació de fletxes imposada en l'estat límit de servei.

5.2.2. Vinclament lateral

Aquest és un fenomen que s'ha obviat en el càlcul per dos motius:

- a) Els elements formats per seccions tipus Tub 0006 no poden donar lloc a vinclament lateral per la seva geometria tubular. En els muntals laterals de tots els mòduls, la secció Mascle 0003 + Femella 0004 + Puntal 0001 està formada per elements que s'arriostren lateralment de forma mútua. Així, els únics elements que podrien donar lloc a vinclament lateral serien les formades per la secció Puntal 0001.

- b) Els elements de tancament poden ser molt diversos, però en la majoria de casos es disposaran vinculats a l'estructura metàl·lica, i faran una funció d'arriostrament que impedirà el vinclament lateral.

Per tant, només cal fer aquesta comprovació en el cas de disposar un tancament independent de l'estructura metàl·lica.

5.2.3. Abonyegament

El fenomen de l'abonyegament fou estudiat per Albert Gómez [12], que es va centrar en els pilars en secció Tub 0006. Els resultats del seu treball indiquen que el pilar resistiria a l'abonyegament càrregues inferiors a 12.680 kN, valor molt superior a l'axil màxim obtingut a l'estructura de l'habitatge (6.087 kN).

Entre les propostes de treball per al futur, hi hauria la inclusió de l'estudi de l'abonyegament local en la comprovació de l'estructura completa. D'aquesta manera es podrien introduir canvis en els elements i veure si aquests resisteixen a nivell tensional i de deformacions, si vinculen local i globalment, i també es disposaria d'un càlcul de l'abonyegament a nivell local.

5.2.4. Incorporació dels tancaments

S'ha comentat al llarg de la tesina que els tancaments suposarien una rigidesa i un arriostrament addicional dels perfils metàl·lics que ha estat obviat. Incorporar unes condicions de contorn que tinguessin en compte l'aportació dels tancaments seria un avenç en la precisió de l'estudi, tot i que implicaria confiar part del treball mecànic a elements no estructurals.

La manera d'implementar la resistència dels tancaments seria a través de condicions de contorn de tipus elàstic, que relacionessin el desplaçament del perfil amb la reacció que el tancament aporta com a oposició al moviment. La constant elàstica de la molla que simula el tancament hauria de ser calculada a partir de la rigidesa i la secció del material que el conforma.