



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

ESTUDI FASES CONSTRUCCIÓ D'UNA NAU INDUSTRIAL I LA SEVA MODELITZACIÓ 3D

Document:

Memòria

Autor:

Pol Bravo Torres

Director:

David Vives Gené

Titulació:

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Convocatòria:

Tardor, 2021-2022

TREBALL DE FI D'ESTUDIS

RESUM

Aquest treball es focalitza en la recerca dels materials i les etapes de construcció de les naus d'elements prefabricats i metàl·liques. Addicionalment es procedeix al modelat 3D d'un cas d'estudi d'aquestes dues tipologies de naus.

Després, es troba una comparativa entre les dues tipologies de naus anteriorment descrites. Tot seguit, es presenta un pressupost que el seu principal objectiu és quantificar el cost que ha suposat fer totes les tasques d'aquest TFG, a més d'incloure un resum del cost que suposaria construir les dues tipologies de naus descrites per l'estudiant.

A continuació, es veurà quina relació té aquest treball amb les implicacions socials i ambientals. També, es presentaran una sèrie de conclusions relacionades amb els objectius del treball, i per últim, es mostraran les referències consultades per aquest treball.

Els objectius d'aquest treball es poden resumir en cinc:

El primer consisteix en estudiar exhaustivament les diverses fases constructives d'una nau industrial, per això caldrà primer conèixer els materials i fer recerca a fonts adients.

El segon objectiu tracta en debatre sobre les característiques de cada tipologia de nau i comparant-les entre elles, fet que es pot visualitzar al capítol 4 d'aquest document.

Després, també es debatran les relacions entre els diversos elements de l'estructura i els tancaments. Es seguirà la mateixa metodologia que pel primer objectiu, cercar en fonts de confiança.

Segurament sigui l'objectiu que més reflexa el tema del treball, consisteix en modelitzar les dues tipologies de naus amb el programa de disseny en 3D anomenat: "Revit", a més a més de mostrar pas a pas la seqüència constructiva. Es pot visualitzar aquesta part del treball al subcapítol 3.1 d'aquest document.

L'últim objectiu, consisteix en efectuar un estat d'amidaments dels elements estructurals i de tancament de coberta i façanes de cada tipologia de nau.

Per part de l'alumne es tenen bones sensacions un cop fet el treball, ja que en tot moment el temps que s'invertia en buscar i plasmar algun detall relacionat amb el treball, ha valgut la pena. Tot això es veu reflectit en les properes pàgines d'aquest document.

Un cop s'ha completat aquests objectius, s'ha de comentar que ha proporcionat un gran coneixement per a l'alumne sobre temes i conceptes que desconeixia. També s'ha adaptat ràpidament a saber com funcionava el programa de disseny en 3D, "Revit", imprescindible per donar-li un valor a aquest treball.

ABSTRACT

This work consists of the search for materials and the stages of construction of industrial warehouse made of precast concrete and steel structure. There is also a bill of quantities that quantifies all the elements present in the warehouses previously designed with Revit.

Then, a comparison between the two types of industrial warehouse described above is shown. Below this, is a budget whose main objective is to quantify the cost of doing all the tasks of this TFG, as well as including a summary of the cost of building the two types of warehouses described by the student.

Next, we will see how this work relates to the social and environmental implications. Also, a series of conclusions related to the objectives of the work will be presented, and finally, the references consulted for this work will be shown.

The objectives of this work can be summarized in five:

The first is to study in detail the construction phases of an industrial building, so you will first need to know the materials and do research on suitable sources.

The second objective is to discuss the characteristics of each type of ship and compare them with each other, which can be seen in chapter 4 of this document.

Afterwards, the relationship between the various elements of the structure and the enclosures will also be discussed. The same methodology will be followed as for the first objective, to look for reliable sources.

Probably the goal that most reflects the theme of the work: to model the two types of industrial warehouses with the 3D design program called "Revit", as well as to show step by step the construction sequence. This part of the work can be viewed in subchapter 3.1 of this document.

The last objective is to carry out a bill of quantities of the structural elements and the closure of the cover and facades of each type of nave.

The student has a good feeling once the work is done, because at all times the time spent looking for and capturing some details related to the work has been worthwhile. All of this will be reflected in the next few pages of this document.

Once these objectives have been completed, it should be noted that it has provided a great deal of knowledge for the student on topics and concepts that he was unfamiliar with. He also had to adapt quickly to how the 3D design software "Revit" worked, which is essential to give value to this work.

ÍNDEX

RESUM.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDEX.....	III
ÍNDEX DE TAULES.....	V
ÍNDEX DE FIGURES	VI
GLOSSARI	IX
1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. OBJECTE	1
1.2. ABAST	2
1.3. REQUERIMENTS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓ	4
2. ANTECEDENTS.....	5
2.1. DIFERÈNCIES ENTRE ESTRUCTURA ISOESTÀTICA I HIPERESTÀTICA.....	5
2.1.1. Estructura isostàtica	5
2.1.2. Estructura hiperestàtica.....	6
2.2. PARTS D'UNA CONSTRUCCIÓ INDUSTRIAL.....	8
2.2.1. Fonamentacions	8
2.2.1.1. Fonamentacions superficials o directes	8
2.2.1.2. Fonamentacions profundes.....	9
2.2.2. Pilars.....	10
2.2.2.1. Pilars de formigó armat in situ	10
2.2.2.2. Pilars de formigó armat prefabricats.....	11
2.2.3. Forjats.....	14
2.2.3.1. Forjat placa alveolar (forjat unidireccional).....	14
2.2.3.2. Forjats bidireccionals.....	15
2.2.3.3. Forjat col·laborant	16
2.2.4. Façanes.....	18
2.2.5.1. Cobertes planes	22
2.2.5.1.1. Tradicional	22
2.2.5.1.2. Invertida	22
2.2.5.1.3. Deck.....	23
2.2.5.2. Cobertes inclinades.....	24
2.2.5.3. Metàl·liques.....	25
2.2.5.3.2. Cobertes de xapa simple.....	26
2.2.5.4. Cobertes corbades	27
2.3. MATERIALS EMPRATS PER NAUS INDUSTRIALS.....	28
2.3.1. Acers.....	28
2.3.2. Formigó armat	29
2.4. INTERACCIONS ENTRE ELS DIVERSOS ELEMENTS DE L'ESTRUCTURA.....	31

3.	METODOLOGIA.....	32
3.1.	ETAPES CONSTRUCCIÓ DE LES NAUS INDUSTRIALS.....	32
3.1.1.	Nau d'elements prefabricats.....	32
3.1.1.1.	Fonaments (calze).....	32
3.1.1.2.	Pilars.....	35
3.1.1.3.	Forjats (placa alveolar).....	40
3.1.1.4.	Coberta.....	45
3.1.1.5.	Façanes.....	49
3.1.2.	Nau d'elements metàl·lics.....	53
3.1.2.1.	Fonaments.....	53
3.1.2.2.	Pilars.....	55
3.1.2.3.	Forjats (forjat col·laborant).....	59
3.1.2.4.	Coberta.....	64
3.1.2.5.	Façanes.....	70
3.2.	ESTAT D'AMIDAMENTS.....	73
3.2.1.	Nau d'elements prefabricats.....	73
3.2.2.	Nau d'elements metàl·lics.....	77
3.3.	DIAGRAMA TEMPORAL EXECUCIÓ DEL MUNTATGE.....	80
4.	DIFERÈNCIES I SIMILITUDS ENTRE LES TIPOLOGIES DE NAUS DISSENYADES.....	81
4.1.	DIFERÈNCIES.....	81
4.1.1.	Fonaments.....	81
4.1.2.	Pilars.....	81
4.1.3.	Forjat.....	82
4.1.4.	Coberta.....	82
4.1.5.	Generals.....	82
4.2.	SIMILITUDS.....	83
5.	TREBALL EN REVIT.....	84
5.1.	QUÈ ÉS REVIT?.....	84
5.2.	FLUX DE TREBALL.....	85
6.	RESUM DE LA VALORACIÓ DE CONSTRUCCIÓ DE LES NAUS.....	88
7.	RESUM DEL PRESSUPOST.....	89
8.	ANÀLISI I VALORACIÓ DE LES IMPLICACIONS AMBIENTALS I SOCIALS.....	90
9.	CONCLUSIONS.....	91
10.	REFERÈNCIES.....	92

ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1: PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES ENTRE LES ESTRUCTURES ISOSTÀTIQUES I HIPERESTÀTIQUES..	7
TAULA 2: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DEL DESBROSSAT DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. ...	73
TAULA 3: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA FONAMENTACIÓ DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.	73
TAULA 4: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS PILARS DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.....	74
TAULA 5: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DEL FORJAT (NIVELL 1) DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.	74
TAULA 6: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DE LA SOLERA DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.....	75
TAULA 7: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS ELEMENTS DE LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.	75
TAULA 8: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS ACABATS DE LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.	75
TAULA 9: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DE LA FAÇANA DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS.....	76
TAULA 10: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DEL DESBROSSAT DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.....	77
TAULA 11: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA FONAMENTACIÓ DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	77
TAULA 12: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS PILARS DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	77
TAULA 13: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DEL FORJAT (NIVELL 1) DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	78
TAULA 14: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DE LA SOLERA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	78
TAULA 15: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS ELEMENTS DE LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	78
TAULA 16: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DELS ACABATS DE LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	79
TAULA 17: TAULA DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS DE LA CONSTRUCCIÓ DE LA FAÇANA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS.	79
TAULA 18: COST NAUS D'ELEMENTS PREFABRICATS I METÀL·LICS.....	88
TAULA 19: PRESSUPOST TASQUES TFG	89

ÍNDEX DE FIGURES

FIGURA 1: MOMENT FLECTOR D'UNA BARRA ISOSTÀTICA DE LONGITUD "L" AMB CÀRREGA "Q" UNIFORMEMENT DISTRIBUÏDA. (FONT: "SOLO ARQUITECTURA" [41])	5
FIGURA 2: MOMENT FLECTOR D'UNA BARRA HIPERESTÀTICA DE LONGITUD "L" AMB CÀRREGA "Q" UNIFORMEMENT DISTRIBUÏDA. (FONT: "SOLO ARQUITECTURA" [41])	6
FIGURA 3: TIPUS DE FONAMENTACIONS SUPERFICIALS. (FONT: "INGENIERO DE CAMINOS" [26]).....	8
FIGURA 4: TIPUS DE FONAMENTACIONS PROFUNDES. (FONT: "APUNTS 2.- SISTEMA ESTRUCTURAL [13]")..	9
FIGURA 5: IMATGE D'UNA MÀQUINA PERFORADORA. (FONT: "MODEL-CO [32]")	9
FIGURA 6: CONSTRUCCIÓ AMB PILARS DE FORMIGÓ ARMAT IN SITU. (FONT: "ELISA CAPACITACIÓ" [12]) ...	10
FIGURA 7: CONSTRUCCIÓ AMB PILARS DE FORMIGÓ ARMAT PREFABRICAT. (FONT: "GILVA" [20])	11
FIGURA 8: PILAR DE SECCIÓ RECTANGULAR AMB DUES MÈNSULES. (FONT: "TECNYCONTA" [45]).....	12
FIGURA 9: PILAR DE SECCIÓ CIRCULAR AMB DUES MÈNSULES. (FONT: "TECNYCONTA" [45]).....	12
FIGURA 10: ARMAT DE SABATA DE CALZE PER UN PILAR PREFABRICAT. (FONT: "KONSTRUIR" [30]).....	12
FIGURA 11: CONSTRUCCIÓ AMB PILARS D'ESTRUCTURES METÀL·LIQUES. (FONT: "E-STRUC" [2]).....	13
FIGURA 12: IMATGE D'UNA PLACA ALVEOLAR. (FONT: "GILVA" [21])	14
FIGURA 13: COMPONENTS QUE FORMEN UN FORJAT DE PLACA ALVEOLAR. (FONT: "PREFABRICADOS ALVE" [38])	15
FIGURA 14: CONSTRUCCIÓ AMB FORJATS BIDIRECCIONALS. (FONT: "APUNTS 2.- SISTEMA ESTRUCTURAL" [14])	15
FIGURA 15: COMPONENTS DEL FORJAT COL·LABORANT. (FONT: "INCOPERFIL" [24])	17
FIGURA 16: TIPUS DE FAÇANES SEGONS EL MATERIAL. (FONT: "EDICIÓ PRÒPIA").....	18
FIGURA 17: ESTRUCTURA INTERNA PANELL FAÇANA FORMIGÓ PREFABRICAT. (FONT: "APUNTS 3.- CERRAMIENTOS EXTERIORES. FACHADAS" [15])	19
FIGURA 18: ESTRUCTURA INTERNA PANELL SANDWICH. (FONT: "MULTIPANEL" [33])	19
FIGURA 19: TIPUS DE COBERTES SEGONS LA INCLINACIÓ. (FONT: "EDICIÓ PRÒPIA")	21
FIGURA 20: CAPES COBERTA PLANA TRADICIONAL. (FONT: "CUBIERTAS ESTÉVEZ" [11]).....	22
FIGURA 21: CAPES COBERTA PLANA INVERTIDA. (FONT: "REFORMA CORUÑA" [40]).....	23
FIGURA 22: CAPES COBERTA DECK. (FONT: "QUALISGROUP" [39])	23
FIGURA 23: CAPES COBERTA INCLINADA CALENTA TRADICIONAL. (FONT: "APUNTS 4.- CERRAMIENTOS EXTERIORES. CUBIERTAS" [16])	24
FIGURA 24: CAPES COBERTA INCLINADA FREDA TRADICIONAL. (FONT: "APUNTS 4.- CERRAMIENTOS EXTERIORES. CUBIERTAS" [17])	24
FIGURA 25: COBERTA INCLINADA METÀL·LICA. (FONT: "SUMUVESA" [43]).....	25
FIGURA 26: COBERTA INCLINADA PANELL SANDWICH. (FONT: "ALUMINIOS GARCILASO" [1]).....	26
FIGURA 27: TAULA DE VALORS DE SOBRECÀRREGUES PER CORRETGES D'UNA ESTRUCTURA AMB 2 RECOLZAMENTS. (FONT: "SOLO ARQUITECTURA" [42])	26
FIGURA 28: COBERTA CORBADA D'UNES PISTES DE PÀDEL. (FONT: "INCOPERFIL" [25])	27
FIGURA 29: BIGUES D'ACER. (FONT: "CMIC" [9]).....	28
FIGURA 30: ACER CORRUGAT. (FONT: "FERROS BRUGUÉS" [18]).....	29
FIGURA 31: TREBALLADORS ABOCANT EL FORMIGÓ PER CONSTRUIR UN FORJAT. (FONT: "GRUP CURANTA" [22])	30
FIGURA 32: IMATGE D'UN ENCOFRAT D'UN PILAR QUE CONTÉ FORMIGÓ ARMAT. (FONT: "GENERADOR DE PREUS" [19])	30
FIGURA 33: DELIMITACIÓ DELS EIXOS, DE LES SABATES RIOSTRADES I DEL FORMIGÓ DE NETEJA PER LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. (FONT: "REVIT").....	33
FIGURA 34: PROCEDIMENT MUNTATGE CALZE NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. (FONT: "CATÁLOGO TÉCNICO TRABIS" [4]).....	34
FIGURA 35: VISTA GENERAL DELS FONAMENTS DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. (FONT: "REVIT") .	34
FIGURA 36: COL·LOCACIÓ DELS PILARS PREFABRICATS. (FONT: "REVIT").....	36
FIGURA 37: PILAR PREFABRICAT DEL CENTRE DEL FORJAT. (FONT: "REVIT").....	37
FIGURA 38: PILARS PREFABRICATS PELS PINYONS CECS. (FONT: "REVIT")	37
FIGURA 39: PILAR PREFABRICAT AMB MÈNSULES QUE SUPORTA UNA BIGA PINYÓ. (FONT: "REVIT").....	38
FIGURA 40: PILAR PREFABRICAT AMB UNA MÈNSULA AL NIVELL SUPERIOR QUE SUPORTA UNA BIGA DELTA. (FONT: "REVIT").....	38
FIGURA 41: PILAR PREFABRICAT AMB UNA MÈNSULA PER NIVELL QUE SUPORTA UNA BIGA DELTA. (FONT: "REVIT").....	39
FIGURA 42: DETALL BIGA NECESSÀRIA PER LA COL·LOCACIÓ DEL FORJAT. (FONT: "REVIT")	40
FIGURA 43: DETALL BANDA ELÀSTICA. (FONT: "IMATGE VISITA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS")	40

FIGURA 44: COL·LOCACIÓ DE BIGUES PEL FORJAT. (FONT: "REVIT")	41
FIGURA 45: COL·LOCACIÓ DE BIGUES PELS PANELLS DE LA FAÇANA. (FONT: "REVIT")	41
FIGURA 46: COL·LOCACIÓ DE LES PLAQUES ALVEOLARS. (FONT: "REVIT")	42
FIGURA 47: COL·LOCACIÓ D'ARMAT I FORMIGÓ. (FONT: "REVIT")	43
FIGURA 48: COL·LOCACIÓ DE LA SOLERA DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	44
FIGURA 49: ELEVACIÓ D'UNA BIGA AMB MAQUINÀRIA ESPECIAL. (FONT: "IMATGE VISITA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS")	45
FIGURA 50: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUES DE LA COBERTA DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	45
FIGURA 51: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUETES DE LA COBERTA DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	46
FIGURA 52: COL·LOCACIÓ DELS CANALONS DE LA COBERTA DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	46
FIGURA 53: COL·LOCACIÓ DEL PANELL SANDWICH PER LA COBERTA DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	47
FIGURA 54: COL·LOCACIÓ DEL REMAT DE CARENER, ELS LLUERNARIS I LES JUNTES ENTRE PLAQUES SANDWICH. (FONT: "REVIT")	48
FIGURA 55: COL·LOCACIÓ DELS PANELLS VERTICALS. (FONT: "REVIT")	49
FIGURA 56: DETALL UNIONS AMB DE LES CANTONADES AMB ELS PANELLS VERTICALS. (FONT: "REVIT")	50
FIGURA 57: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT VERTICAL A LA PART SUPERIOR D'UN CANALÓ. (FONT: "CATÁLOGO TÉCNICO TRABIS" [5])	50
FIGURA 58: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT VERTICAL A LA PART SUPERIOR D'UNA BIGA PINYÓ. (FONT: "CATÁLOGO TÉCNICO TRABIS" [6])	51
FIGURA 59: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT VERTICAL A LA PART CENTRAL. (FONT: "CATÁLOGO TÉCNICO TRABIS" [7])	51
FIGURA 60: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT VERTICAL AL NIVELL DE COTA 0. (FONT: "CATÁLOGO TÉCNICO TRABIS" [8])	51
FIGURA 61: IMATGE FINAL DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. (FONT: "REVIT")	52
FIGURA 62: PLETINA PEL FONAMENT D'UNA ESTRUCTURA METÀL·LICA. (FONT: "E-STRUC" [2])	53
FIGURA 63: DELIMITACIÓ D'EIXOS PELS FONAMENTS DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	54
FIGURA 64: ARMADURES D'ACER ENCASTADES D'UN DELS FONAMENTS PER LES NAUS D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	54
FIGURA 65: IMATGE DEL POSICIONAMENT DELS PILARS METÀL·LICS PERFIL HEB450 DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	55
FIGURA 66: PILAR METÀL·LIC PERFIL HEB450 PEL CENTRE DEL FORJAT. (FONT: "REVIT")	56
FIGURA 67: PILARS METÀL·LICS PERFIL HEB450 PELS PILARS QUE SUPORTEN UNA BIGA PINYÓ. (FONT: "REVIT")	56
FIGURA 68: PILAR METÀL·LIC PERFIL HEB450 PELS PILARS CENTRALS DE LA PRIMERA I ÚLTIMA FILA. (FONT: "REVIT")	57
FIGURA 69: PILAR METÀL·LIC PERFIL HEB450 PELS PILARS EXTERIORS. (FONT: "REVIT")	58
FIGURA 70: DETALL BIGUES METÀL·LIQUES PERFIL IPN300 PER LA COL·LOCACIÓ DEL FORJAT. (FONT: "REVIT")	59
FIGURA 71: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUES METÀL·LIQUES (IPN300) PEL FORJAT COL·LABORANT. (FONT: "REVIT")	60
FIGURA 72: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUES METÀL·LIQUES PERFIL IPN300 PELS EXTERIORS DE LA NAU. (FONT: "REVIT")	60
FIGURA 73: DETALL XAPA FORJAT COL·LABORANT. (FONT: "REVIT")	61
FIGURA 74: COL·LOCACIÓ DE LA XAPA PEL FORJAT COL·LABORANT. (FONT: "REVIT")	62
FIGURA 75: COL·LOCACIÓ DEL MALLAT I L'ARMADURA I EL FORMIGÓ PEL FORJAT COL·LABORANT. (FONT: "REVIT")	63
FIGURA 76: COL·LOCACIÓ DE LA SOLERA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	63
FIGURA 77: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUES TRANSVERSALS DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	64
FIGURA 78: COL·LOCACIÓ DE LES CREUS DE SANT ANDREU PER LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	65
FIGURA 79: COL·LOCACIÓ DE LES BIGUETES PER LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	66
FIGURA 80: INSTAL·LACIÓ DEL CANALÓ DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	67
FIGURA 81: COL·LOCACIÓ DELS PANELLS SANDWICH PER LA COBERTA DE LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT")	68
FIGURA 82: COL·LOCACIÓ DEL REMAT DE CARENER, ELS LLUERNARIS I LES JUNTES ENTRE PLAQUES SANDWICH. (FONT: "REVIT")	69

FIGURA 83: COL·LOCACIÓ DELS PANELLS DE TANCAMENT PER LA NAU D'ELEMENTS METÀL·LICS. (FONT: "REVIT").....	70
FIGURA 84: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT METÀL·LIC A LA PART SUPERIOR. (FONT: "PANELES ACH" [36]).....	71
FIGURA 85: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT METÀL·LIC ENTRE PANELLS. (FONT: "VM ZINC" [46]).....	71
FIGURA 86: DETALL RECOLZAMENT DEL TANCAMENT METÀL·LIC AL NIVELL DE COTA 0. (FONT: "PANELES ACH" [37]).....	72
FIGURA 87: IMATGE FINAL DE LA NAU D'ELEMENTS PREFABRICATS. (FONT: "REVIT").....	72
FIGURA 88: FUNCIONS AFEGIR O SUPRIMIR MATERIAL. (FONT: "REVIT").....	84
FIGURA 89: IMATGE D'UN PILAR COM A FITXER FAMÍLIA DE REVIT. (FONT: "REVIT").....	85
FIGURA 90: IMATGE D'UN FITXER PROJECTE DE REVIT. (FONT: "REVIT").....	86
FIGURA 91: IMATGE DE COM GENERAR UN PLÀNOL ESTRUCTURAL AMB REVIT. (FONT: "REVIT").....	86
FIGURA 92: IMATGE DE COM GENERAR UN PLÀNOL AMB REVIT. (FONT: "REVIT").....	86
FIGURA 93: IMATGE DE L'EDICIÓ D'UN PLÀNOL AMB REVIT. (FONT: "REVIT").....	87

GLOSSARI

A continuació es presenten les paraules més rellevants per a la compressió d'aquest treball:

Calze: Forat en forma de cub característic dels fonaments d'un fonament d'una nau d'elements prefabricats. Al seu interior s'hi insereix el pilar de l'edifici.

Encofrat: Element encarregat de servir de motllo per a la formació de peces de formigó. Habitualment format per elements plans (planxes de fusta o d'acer), es realitza per fer peces prismàtiques com per exemple: pilars, bigues o sabates de fonament, entre d'altres.

Engraellat: Veure mallat.

Formigó de neteja: Es tracta per ser un formigó de menor qualitat que un formigó normal. S'utilitza per crear una primera capa als fonaments de l'estructura (entre el terreny natural i la sabata de fonamentació de la nau), per així garantir una bona unió entre la terra i el calze.

Lluernari: Element pla i generalment fet de plàstic tipus policarbonat, plexiglass o similars, situat a la coberta d'una nau on la seva funció principal és la de permetre que la llum exterior entri a l'interior de la nau, evitant instal·lar finestres a la part alta de la façana.

Llum: Distància lliure que hi ha entre dos elements estructurals.

Mallat: Consisteix en un conjunt de barres d'acer col·locades en forma de reixa, on la seva funció consisteix en dotar a l'element més rígida. A sobre del mallat s'hi sol posar una capa de formigó.

Mènsula: Peça sòlida de dimensions petites que forma part d'un pilar prefabricat, on la seva funció resulta ser fer de punt de recolzament principalment de bigues i forjats.

Placa alveolar: És element de formigó prefabricat auto resistent que s'utilitza per a fer forjats.

Remat de carener: Peça habitualment realitzada amb xapa plegada que es situa al carener de la coberta, a sobre dels panells sandwich i dels lluernaris. La seva funció consisteix en segellar els forats o possibles entrades d'aigua que podria tenir la coberta al punt central i conduir l'aigua cap als canalons.

Riostra: Reforç de formigó que uneix les diferents sabates de l'edifici. A sobre es poden recolzar els panells de tancament de la nau.

Sabata: Com els seu nom indica, es tracta per ser un element que fa de base de la nau, sol tenir forma de rectangle.

Xapa col·laborant: Es tracta per ser una xapa nervada d'acer que s'utilitza per a forjats en base a llosa de formigó. Té una doble funció. D'una banda serveix com a encofrat perdut. De l'altra banda passa a integrar-se com a l'element resistent a traccions que complementa la llosa de formigó.



1. INTRODUCCIÓ

1.1. OBJECTE

Aquest treball pretén estudiar exhaustivament les diverses fases constructives d'una nau industrial.

També, es vol fer un esment a les principals tipologies entre les naus d'elements metàl·lics i les naus d'elements prefabricats. Es debatran les característiques principals de cada tipus de nau, així com els avantatges i els inconvenients.

A més a més, es veurà la relació entre els rams i àrees de construcció com per exemple: l'estructura i els tancaments, serà necessari fer un anàlisi exhaustiu.

Amb l'ajuda d'un programa de dibuix de construcció tridimensional, es modelitzarà la nau dissenyada, per tal d'assimilar els conceptes bàsics d'una construcció industrial i alhora, seguir la seqüència constructiva.

Per últim, s'efectuarà un estat d'amidaments dels elements estructurals i de tancament de coberta i façanes de la nau.

1.2. ABAST

- El primer que cal fer, consisteix en obtenir una bona base i una bona documentació:
 - o En quant als materials de construcció i les estructures més utilitzades al món industrial. La cerca d'aquests conceptes es faran mitjançant cercadors adients que tinguin relació amb el tema del treball. A més a més, es buscarà un contacte amb empreses dedicades a construccions industrials.
 - o Es farà un estudi dels sistemes i parts principals que componen les edificacions o naus industrials.
 - Es definirà l'estructura de la nau
 - S'establirà el tancament de la nau
- S'estudiarà quines són les etapes a l'hora de construir una nau industrial, per això caldrà saber i analitzar les relacions i les interferències existents entre les diferents etapes.
- Es començarà a aprendre com funciona el software del programa d'edificació en 3D (Revit), necessari per poder modelitzar la nau industrial.
 - o Es mostrarà pas a pas la seqüència de construcció de la nau industrial.
 - o Es presentarà els plànols rellevants de la nau.
- Es dissenyarà un estat d'amidaments per cada tipologia de nau industrial.
- S'assolirà una comparativa entre les diferents tipologies constructives de naus.
- Es crearà un diagrama de Gantt de les tasques de temporització de les diferents tipologies constructives de naus.

Tot i que aquest TFG parli de dissenyar una nau industrial, els càlculs estructurals quedaran exclosos del treball. No es realitzaran càlculs per analitzar l'estructura de la nau industrial, per contra, s'aposta per la modelització en 3D de la nau, amb l'ajuda del programa "Revit".

Tampoc es pretén fer un el disseny de fusteries interiors ni exteriors (portes i finestres).

No es definiran els tancaments interiors i la nau serà diàfana.

1.3. REQUERIMENTS

Per dur a terme aquest projecte, es dissenyarà una nau de menys de 10 metres d'alçada, el software per dissenyar-la consistirà el programa de modelat en 3D Revit.

En quant als nivells de la nau, s'efectuarà un nivell per la planta baixa, a més a més d'incorporar un altell.

La selecció de materials que s'utilitzaran al llarg del projecte consistiran en: materials prefabricats i estructura d'acer disponibles comercialment al mercat.

Un altre aspecte que es tractarà, consistirà en que la nau que es dissenyi, serà una nau sense activitat específica. És a dir, no es dissenyarà la nau tenint en compte quina és l'activitat que es desenvoluparia al seu interior.

1.4. JUSTIFICACIÓ

En aquest projecte, es vol aprofundir en les diverses tipologies de naus industrials i dels detalls del procés constructiu ja que, tot i que hi ha una àmplia informació de cada tipologia, es detecta una mancança de les comparacions entre tipologies.

Pel que fa a desavantatges, avui en dia, els projectes de construccions industrials són molt semblants entre ells mateixos en quant a: materials, processos, dissenys, etc. En canvi, es vol donar un extra fent ús d'un software de modelització en 3D per aportar una visió més realista del projecte a realitzar. Aquest fet, permetrà veure quines són les interferències i les relacions entre els diversos elements el programa.

2. ANTECEDENTS

2.1. DIFERÈNCIES ENTRE ESTRUCTURA ISOESTÀTICA I HIPERESTÀTICA

En el món de la construcció, existeixen 2 tipus d'estructures: **isostàtica** i **hiperestàtica**. Anem a discutir les principals característiques i diferències entre aquests 2 tipus d'estructures:

2.1.1. Estructura isostàtica

Una estructura isostàtica es caracteritza principalment per tenir els 2 extrems recolzats a altres barres permetent que la barra tingui una petita deformació en forma de gir al llarg de la longitud de la barra. Aquesta deformació, és màxima al centre de la barra. Per tant, en el centre haurem de reforçar la barra, posant més material (augmentant la secció transversal de la barra). El diagrama de moment flector d'una estructura isostàtica, si s'aplica una càrrega "q" uniformement repartida al llarg de la barra és el següent:

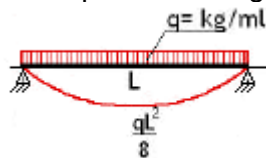


Figura 1: Moment flector d'una barra isostàtica de longitud "L" amb càrrega "q" uniformement distribuïda. (Font: "Solo arquitectura" [41])

En relació sobre el punt central de l'estructura isostàtica, com hem de reforçar més la barra en aquell punt, per tant el cost d'una estructura isostàtica serà major, ja que hem hagut d'incrementar el material.

Una altra diferència entre aquestes dos tipus d'estructures, consisteix en que les estructures isostàtiques presenten una pitjor distribució d'esforços interns degut a les diferències entre les seccions al centre i als extrems de la barra. Aleshores, no es pot treballar amb bigues d'una longitud considerable.

La rigidesa d'una estructura isostàtica és una mica més baixa respecte a la d'una estructura hiperestàtica. Això es pot veure gràficament en el diagrama de moment flector anterior, ja que es pot veure que el valor de moment flector al punt central de la barra (és 3 cops major al d'una estructura hiperestàtica). Una estructura isostàtica, al ser menys rígida, experimenta una major deformació quan hi actuen certes càrregues.

Quan es produeixen assentaments sobre el terreny, les estructures isostàtiques presenten una major dificultat per què es produeixin desplaçaments sobre les bigues, fent que l'estructura pateixi menys danys o hi hagi un assentament diferencial menor.

Al ser un tipus d'estructura normalment, elaborada per un procés industrial, no solen existir variacions de temperatura al llarg d'aquest procés, ja que en tot moment es pot calcular multituds de variables per fer la biga més òptima.

2.1.2. Estructura hiperestàtica

Una estructura hiperestàtica es caracteritza principalment per tenir els 2 extrems totalment encastats a altres barres permetent que la barra tingui una petita deformació en forma de gir en els dos extrems de la barra, donant lloc a que aquesta deformació sigui màxima en aquells punts. Per tant, haurem de reforçar la barra, posant més material en els extrems (augmentant la secció transversal de la barra). El diagrama de moment flector d'una estructura hiperestàtica, si s'aplica una càrrega "q" uniformement repartida al llarg de la barra és el següent:

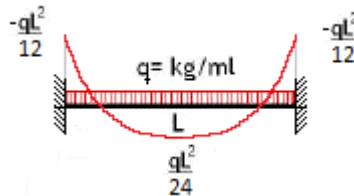


Figura 2: Moment flector d'una barra hiperestàtica de longitud "L" amb càrrega "q" uniformement distribuïda. (Font: "Solo arquitectura" [41])

En relació sobre els extrems de l'estructura hiperestàtica, tot i que s'ha de reforçar més la barra en aquells punts, el cost d'una estructura hiperestàtica és menor, ja que s'ha d'incrementar en menor mesura el material per els 2 extrems.

Una altra diferència entre aquestes dos tipus d'estructures, consisteix en que les estructures hiperestàtiques presenten una millor distribució d'esforços interns degut a les similituds entre les seccions del centre i dels extrems de la barra. Aleshores, es pot treballar amb bigues d'una longitud considerable. De fet, es desitja que les construccions siguin sistemes hiperestàtics.

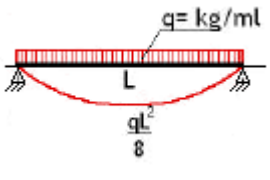
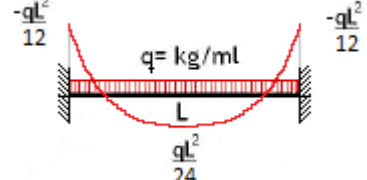
La rigidesa d'una estructura hiperestàtica és una mica més alta respecte a la d'una estructura isostàtica. Això es pot veure gràficament en el diagrama de moment flector anterior, ja que es pot veure que el valor de moment flector al punt central de la barra (és 3 cops menor al d'una estructura isostàtica). Una estructura hiperestàtica, al ser més rígida, experimenta una menor deformació quan hi actuen certes càrregues.

Quan es produeixen assentaments sobre el terreny, les estructures hiperestàtiques presenten una menor dificultat per què es produeixin desplaçaments sobre les bigues, fent que l'estructura pateixi danys importants o s'ensorri més.

L'estètica és un dels requisits que avui en dia, i cada cop més agafa un paper més protagonista. Per això, si es treballa amb una estructura hiperestàtica (arcs encastats, pòrtics múltiples, entre altres), generalment adquiriran un gran valor estètic al comparar-ho amb una estructura isostàtica.

Una altra diferència que s'observa entre els dos tipus d'estructures, resulta ser que el nombre de reaccions és igual al nombre d'equacions estàtiques (pel cas d'una estructura isostàtica), però per l'altre banda, per una estructura hiperestàtica, el nombre de reaccions és superior al nombre d'equacions estàtiques, dificultant el càlcul a l'hora de determinar la càrrega màxima que la biga pot aguantar. Per tant, si es treballa amb una estructura hiperestàtica, és recomanable disposar de tecnologia i programes de càlcul que simplifiquin el nombre d'incògnites.

A continuació es presenta una taula que resumeix les principals característiques de les estructures isostàtiques i hiperestàtiques:

Característica	Estructura isostàtica	Estructura hiperestàtica
Diagrama moment flector		
Cost	Més cares	Menys cares
Secció al centre	Més gran	Més petita
Continuïtat material	Permet treballar amb bigues de menor llum	Permet treballar amb bigues de major llum
Distribució esforços interns	Pitjor distribució	Millor distribució
Rigidesa	Menor	Major
Estètica	Pitjor estètica	Millor estètica
Quan hi ha assentaments	L'estructura pateix menys	L'estructura pateix més
Nombre de reaccions respecte nombre d'equacions estàtiques	El mateix	Més reaccions que equacions estàtiques
Exemples d'estructures	Encavallada	Pòrtic hiperestàtic

Taula 1: Principals característiques entre les estructures isostàtiques i hiperestàtiques

2.2. PARTS D'UNA CONSTRUCCIÓ INDUSTRIAL

2.2.1. Fonamentacions

Un edifici o construcció industrial que hagi d'aguantar unes certes càrregues al llarg del temps, és essencial que disposi d'unes bones fonamentacions, per tal de que totes les càrregues que actuen sobre l'estructura (mobles, bigues, persones, elements decoratius, aigua de la pluja acumulada, etc), puguin transmetre's al terra de forma segura i amb l'objectiu de garantir que l'estructura no acabi col·lapsant.

Dins de les fonamentacions, podem trobar dos grans grups: fonamentacions superficials o directes i les fonamentacions profundes. Anem a parlar sobre cada tipus.

2.2.1.1. Fonamentacions superficials o directes

Es caracteritzen per repartir les càrregues de l'estructura sobre una superfície plana i horitzontal. Normalment, es construeixen a poca profunditat respecte el terra.

Primer de tot, s'ha de construir una sabata aïllada per cada pilar, si s'observa que no en tenim prou per tal que les càrregues es transmetin bé al terreny, s'haurà de recórrer a un engraellat de bigues de fonamentació i finalment es podria arribar a construir una llosa de fonamentació. A continuació es mostra gràficament els tipus de sabates descrits anteriorment:

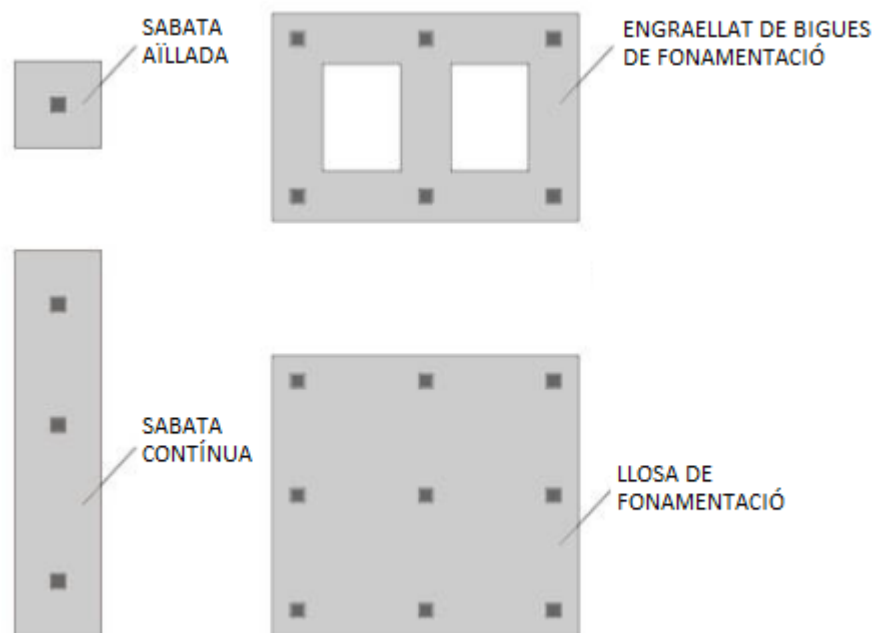


Figura 3: Tipus de fonamentacions superficials. (Font: "Ingeniero de caminos" [26])

2.2.1.2. Fonamentacions profundes

Tal i com indica el seu nom, es caracteritzen per ser construïdes a profunditats considerables. S'utilitzen en casos on el terreny té poca resistència a aguantar les càrregues de l'estructura.

Per construir una fonamentació profunda, primer s'han de fer perforacions i després s'hi posa la fonamentació. Alguns exemples de fonamentacions profundes son:

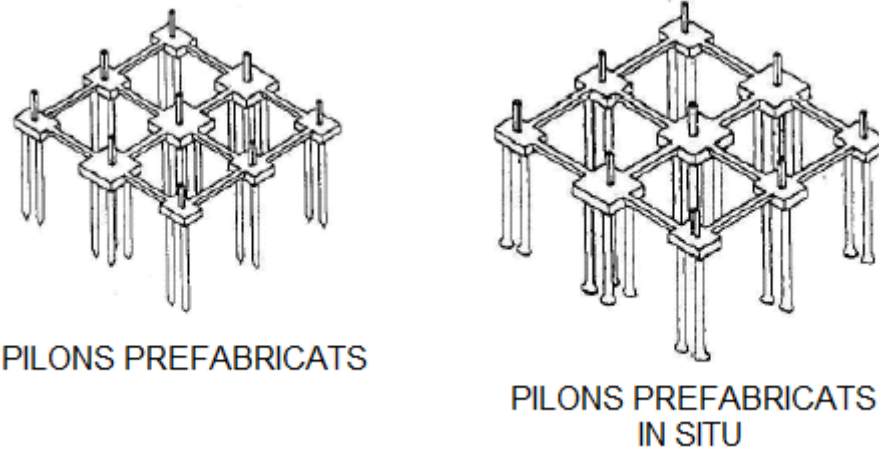


Figura 4: Tipus de fonamentacions profundes. (Font: "Apunts 2.- Sistema estructural [13]")



Figura 5: Imatge d'una màquina perforadora. (Font: "Model-co [32]")

Per saber quin tipus de fonamentació cal escollir per l'edifici que es vulgui construir, dependrà de factors com: les càrregues que ha de transmetre l'estructura al terra i de la resistència del terreny.

2.2.2. Pilars

Els pilars, són elements d'una gran importància en una construcció industrial. També existeixen pilars fets de formigó armat prefabricat, pilars d'estructura metàl·lica i pilars mixtes d'acer i formigó.

2.2.2.1. Pilars de formigó armat in situ

Aquest tipus de pilars, són molt complets ja que per una banda, el formigó actua com a material que tolera grans valors de compressió i l'acer que hi ha a l'interior del pilar, té un valor de resistència a tracció. Així doncs, tenim una bona combinació les propietats de compressió i tracció, per tant es pot garantir que l'estructura que posem a sobre no col·lapsarà.

Unes altres propietats interessants que s'aconsegueix si es treballa amb aquest tipus de pilar, consisteixen en que el pilar ens garantirà una bona resistència al desgast, al foc i a la corrosió.

A més a més, els pilars han d'estar units amb els pilars d'un nivell superior, així s'aconsegueix que els elements siguin hiperestàtics i per tant, s'obté una millor distribució de càrregues. L'avantatge de treballar amb aquests pilars consisteix en que es pot fer els perfils del pilar més estrets.



Figura 6: Construcció amb pilars de formigó armat in situ. (Font: "Elisa Capacitació" [12])

2.2.2.2. Pilars de formigó armat prefabricats

En quant a materials, són idèntics que els pilars anteriors, la gran diferència consisteix en que no disposes de formigó fresc ni d'encofrats a l'obra per construir el pilar, ja que arriba totalment construït en un sol bloc.

Si s'opta per construir amb pilars prefabricats, les condicions de temperatura de fraguat del material, es poden controlar perquè han passat prèviament per un procés industrial. També es pot assegurar que el pilar pugui assolir altes resistències.

Per contra, es necessitarà transport especial per moure un pilar d'aquestes dimensions, a la vegada que no es podrà donar continuïtat als elements, és a dir, s'estarà creant estructures isostàtiques.



Figura 7: Construcció amb pilars de formigó armat prefabricat. (Font: "Gilva" [20])

A la imatge anterior el material que sobresurt del pilar, s'anomena mènsula. La seva funció consisteix en fer de suport, tenir un punt de recolzament per altres elements constructius com per exemple una biga.

Els pilars de seccions quadrades i rectangulars, són els més emprats al món industrial ja que resulten ser més versàtils i més fàcils de fabricar que un pilar de secció circular. Aquest últim element, és molt utilitzat en plantes subterrànies com ara els aparcaments amb l'objectiu de maximitzar l'espai, evitant els angles que podria tenir un pilar de secció rectangular.



Figura 8: Pilar de secció rectangular amb dues mènsules. (Font: "Tecnyconta" [45])



Figura 9: Pilar de secció circular amb dues mènsules. (Font: "Tecnyconta" [45])

Els pilars prefabricats, necessiten recolzar-se per l'extrem inferior del pilar a l'interior d'un calze. El calze és un element que es col·loca a poca profunditat del terra, està compostat per barres d'acer que formen en enreixat de petites dimensions, deixant un forat al mig per l'acoblament del pilar.

A continuació, es mostra una imatge d'un calze:



Figura 10: Armat de sabata de calze per un pilar prefabricat. (Font: "Konstruir" [30])

2.2.2.3. Pilars metàl·lics

Aquest tipus de pilars, es caracteritzen per tenir una secció en forma "d'I" o "d'H". Estan fets d'acer dels quals es poden saber propietats de resistència, d'elasticitat, la secció del pilar, entre d'altres, ja que existeixen promptuaris que defineixen aquestes característiques.

Ofereixen un millor rati de resistència, aconseguint seccions més petites i esveltes a igualtat de resistència que un pilar de formigó anàleg. Aquest fet, també es tradueix a que aquest tipus d'estructures, són més àgils quan l'operari ha de col·locar-los a l'obra.

Una altra avantatge d'utilitzar pilars metàl·lics, consisteix en que es poden fer conjunts continus, amb la possibilitat de retallar, soldar i foradar el material. Per tant, s'estaria creant estructures hiperestàtiques les quals s'intenten buscar cada cop que es fa una estructura.



Figura 11: Construcció amb pilars d'estructures metàl·liques. (Font: "e-struc" [2])

2.2.3. Forjats

Els forjats, es caracteritzen per ser elements horitzontals estructurals, que estan preparats per aguantar càrregues verticals per la seva part superior, i a la vegada, transmetre les càrregues cap als altres elements estructurals com: bigues i pilars, on son transportades cap als fonaments.

2.2.3.1. Forjat placa alveolar (forjat unidireccional)

Aquest tipus de forjat pertanyen al grup d'elements prefabricats. Això implica que prèviament hi ha hagut un procés de fabricació amb les condicions del procés controlades.

Una altra avantatge que comporta utilitzar plaques alveolars, es tracta de la ràpida execució a l'hora de construir el forjat de l'edifici, si es compara amb el temps que s'ha d'esperar a que s'endureixi el ciment per forjats fets in situ a l'obra.

Si s'utilitza plaques alveolars, es pot construir el nostre edifici sense haver d'apuntalar l'estructura de l'edifici. A més a més, s'aconsegueixen grans llums (distàncies horitzontals entre pilars), per tant no s'haurà de construir pilars intermedis.

Per contra, aquest tipus de plaques poden estar recolzades sobre jàssenes prefabricades i si es vol que el nostre edifici treballi a ple rendiment, s'haurà de col·locar una capa de material de malla, negatius i una capa de compressió.

Aquest les plaques alveolars, acostumen a fer una amplada estàndard de 1,2 metres. Pel que fa a la l'alçada de la placa, acostuma a ser entre 15 i 40 centímetres. La llargada de la placa la determina la longitud dels llums.

A continuació es mostra una imatge d'una placa alveolar i dels elements que componen aquest tipus de forjat:



Figura 12: Imatge d'una placa alveolar. (Font: "Gilva" [21])

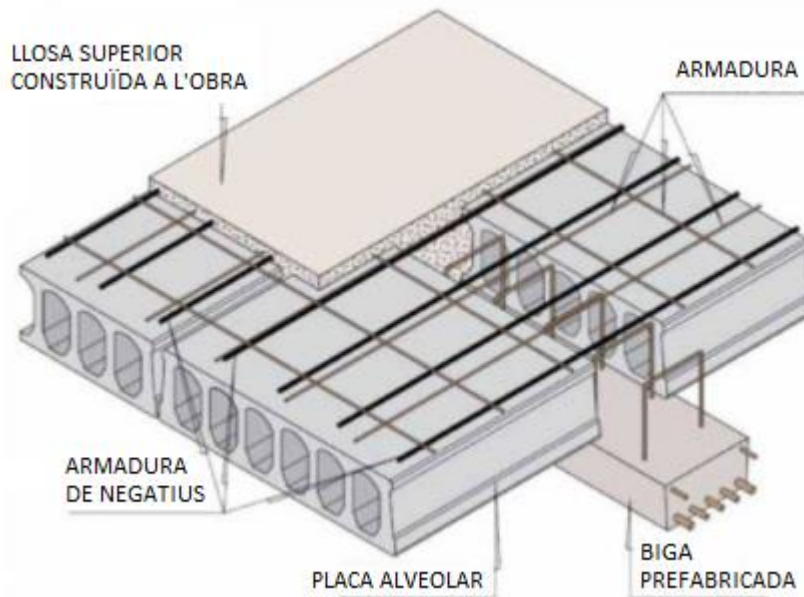


Figura 13: Components que formen un forjat de placa alveolar. (Font: "Prefabricados alve" [38])

2.2.3.2. Forjats bidireccionals

Com el seu nom indica, aquests forjats s'utilitzen quan les càrregues que actuen sobre l'edifici es volen transmetre en més d'una direcció. La seva forma característica és similar a una "T" creuada, les peces que s'utilitzen són els cassetons.

Una de les avantatges que té utilitzar forjats bidireccionals, consisteix en que l'estructura podrà suportar més càrregues, o bé es podrà construir els punts de suport del forjat més separats (entre 12 i 14 metres de distància).

Per contra, aquest tipus de forjat necessita que es faci "in situ". A més a més, ha d'haver-hi un encofrat a sota i per sobre s'ha d'aplicar una capa de formigó. Quan aquest formigó hagi assolit la seva resistència màxima (al cap de 28 dies), es pot treure l'encofrat de sota, això fa que sigui un procés més lent.

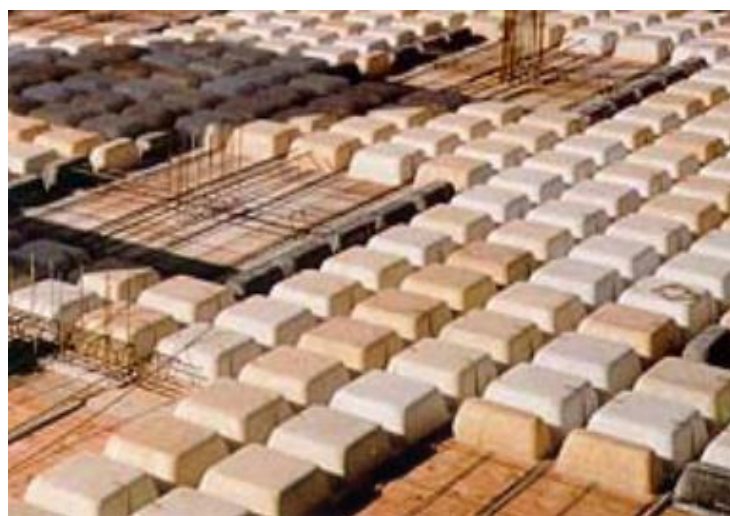


Figura 14: Construcció amb forjats bidireccionals. (Font: "Apunts 2.- Sistema estructural" [14])

2.2.3.3. Forjat col·laborant

Un altre tipus de forjat molt característic per les naus industrials, consisteix per ser el forjat col·laborant.

Aquest tipus de forjat es sol combinar amb estructures metàl·liques, tot i que es pot arribar a treballar amb estructures de formigó, fusta o maçoneria sempre i quan es garanteixin que les fixacions dels diferents elements que formen el forjat, estiguin unides correctament.

Una de les principals avantatges d'aquests forjats consisteix en que són bastant lleugers, aleshores el temps i el cost de col·locació del forjat són baixos. Tampoc es necessita disposar d'un encofrat com es requeria pels forjats bidireccionals.

Per contra, serà necessari donar una capa de protecció contra el foc. Ja que sinó, la xapa del forjat quedaria exposada a un hipotètic incendi.

Així doncs, els principals components dels que es compona el forjat col·laborant són els següents:

- **Perfil de xapa grecada d'acer.** Bàsicament, es tracta de ser la xapa que s'uneix al formigó. Les alçades més habituals per aquest perfil, són de: 60, 75 i 100 mm.
- **Mallat,** consisteix en un conjunt de barres d'acer col·locades en forma de reixa, on la seva funció consisteix en evitar que apareguin fissures degudes a efectes de retracció i temperatura.
- **Armadura de negatiu,** la seva posició es troba a la part superior de la xapa. El seu objectiu, consisteix en absorbir els esforços de tracció que es generen en els recolzaments de les lloses.
- **Armat de foc,** la seva posició es troba a la part inferior de la xapa. La missió d'aquest component, es aconseguir que la resistència al foc del forjat, sigui la que s'especifica al projecte.
- **Formigó,** es el material que s'aboca sobre la xapa col·laborant.

A continuació, es mostra una imatge dels components del forjat col·laborant:

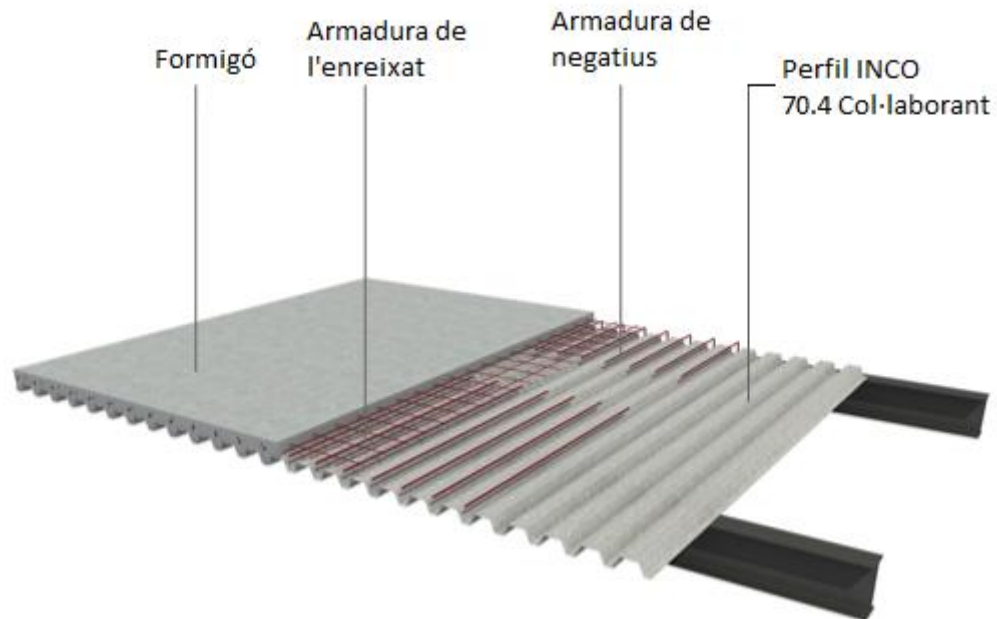


Figura 15: Components del forjat col·laborant. (Font: "Incoerfil" [24])

2.2.4. Façanes

Les façanes són la part que més destaca de l'edifici, ja que es tracta per ser un conjunt d'elements verticals continus que aïllen l'interior de l'exterior de l'edifici.

Una de les funcions que fa la façana és la de protegir contra el sol, l'aigua, el vent, a més a més d'aïllar tèrmicament i acústicament l'interior de l'exterior. Unes altres funcions més secundàries, són: la de protegir contra incendis i donar una bona estètica a l'edifici.

Avui en dia tenim multituds de façanes, les quals es poden classificar segons el tipus de material que s'utilitza:



Figura 16: Tipus de façanes segons el material. (Font: "Edició pròpia")

Ara, es passarà a veure quines són les característiques principals de cada tipus de façana i per quins casos s'acostumen a utilitzar.

La façana feta amb maó es característica pels blocs de pisos, mentre que la de bloc de formigó, s'utilitza més per cases unifamiliars i sobre tot per naus destinades a la logística. Cal recordar que el formigó es comporta excepcionalment si la façana rep algun petit impacte.

Les façanes de formigó prefabricades, es caracteritzen per ser un tipus de façana molt pesada, tot i que a dins del bloc hi ha un aïllament, tal i com es mostra en la següent imatge:

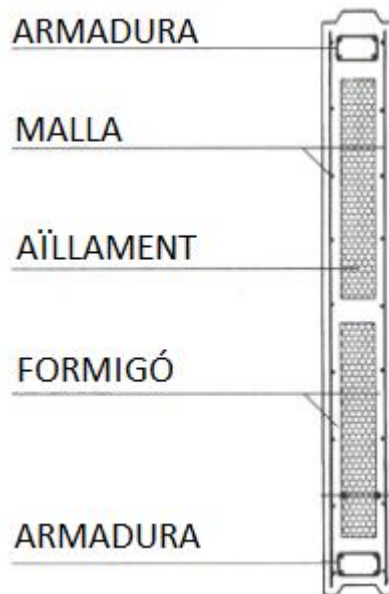


Figura 17: Estructura interna panell façana formigó prefabricat. (Font: "Apunts 3.- Cerramientos exteriores. Fachadas" [15])

Les façanes de formigó prefabricat permeten una ràpida execució a l'hora de la col·locació d'aquests panells. En canvi, les façanes fetes de formigó, però in situ requeriran d'un major temps per poder completar la façana.

Les façanes metàl·liques, solen estar fabricades d'elements com l'acer, el zinc o l'alumini. Una de les avantatges resulta ser que són molt lleugeres i fàcils de col·locar. Això però, fa que siguin més fràgils que una façana de formigó. Es poden dividir en 2 grans grups, tal i com es mostra a l'esquema anterior:

- **Panell simple:** Es tracten per ser xapes llagues que s'uneixen directament als suports metàl·lics que hi ha entre panell i panell.
- **Panell sandwich:** Aquest tipus de façanes, incorporen un aïllant enmig de les dues xapes:

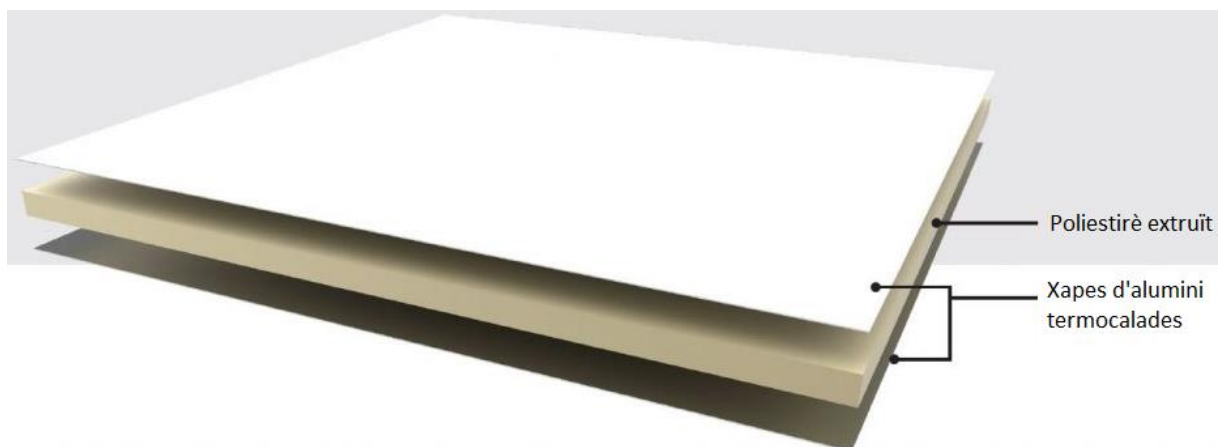


Figura 18: Estructura interna panell Sandwich. (Font: "Multipanel" [33])

Per acabar, es parlarà sobre les façanes de vidre. Normalment, són utilitzades a edificis on l'estètica és un factor important (concessionaris, botigues, edificis d'exposició, etc), tot i que són elements més cars que les altres tipologies de façana.

La principal diferència entre les façanes de vidre de mur cortina i fusteria entre forjats, resulta ser que per la façana de mur cortina tota la façana és de vidre, mentre que si es tracta d'una façana de fusteria entre forjats, equival a tenir una gran finestra de vidre que ocupa gairebé tota la façana i entre forjat i forjat consta per alguns elements de fusteria per unir les dues façanes dels dos forjats.

2.2.5. Cobertes

Es caracteritzen per donar protecció a l'edifici, protegint-lo dels elements atmosfèrics i la intempèrie. A una coberta se l'ha d'exigir que:

- Tingui una resistència i estabilitat suficient per aguantar el propi pes de la coberta i per aguantar sobrecàrregues com poden ser la neu, el vent, elements decoratius, etc.
- També han d'actuar com una barrera que protegeixi de l'aigua, vent, fums, entre d'altres, de l'exterior de l'edifici.
- No han de permetre que es condensi cap líquid a l'interior de l'edifici (funció d'aïllament higrotèrmic).
- Han de ser una barrera acústica, per tant, les cobertes han d'absorbir soroll de l'exterior. Això es pot aconseguir col·locant una xapa amb forats i a sobre un material absorbent.

Es classifiquen segons la seva inclinació:

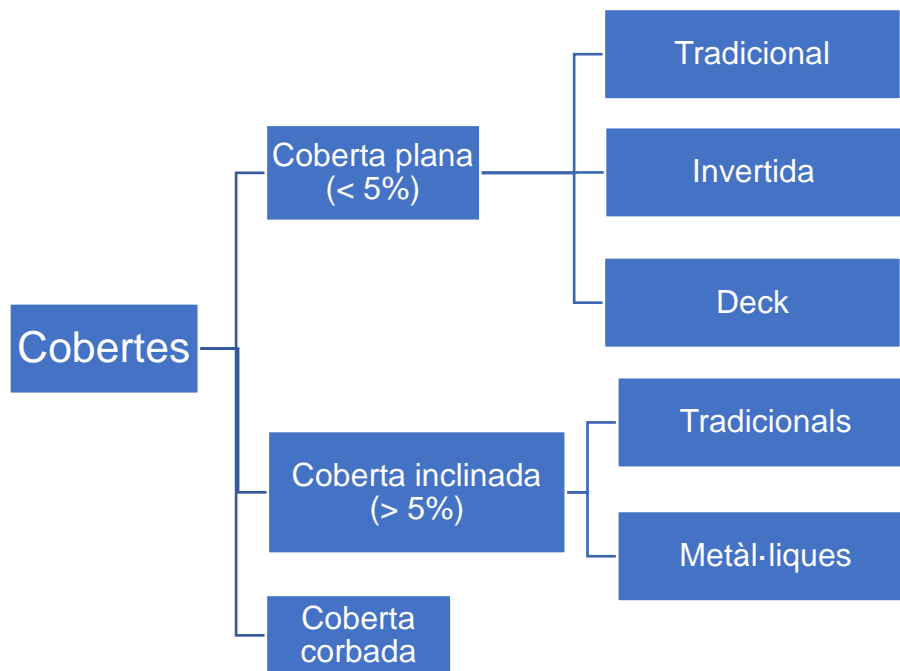


Figura 19: Tipus de cobertes segons la inclinació. (Font: "Edició pròpia")

Ara, passarem a veure quines són les característiques principals de cada tipus de coberta i per quins casos s'acostumen a utilitzar.

2.2.5.1. Cobertes planes

Aquest tipus de cobertes es caracteritzen per tenir una pendent inferior a un 5% en tota la superfície. Aquest pendent lleuger, permet tenir una gran accessibilitat per a qualsevol tipus d'instal·lacions, jardins o persones.

Per contra, s'ha de tenir en compte que l'aigua de pluja s'estancarà en una zona determinada i pot debilitar la coberta. Cal dir també, que les cobertes planes solen durar menys temps que les cobertes inclinades.

Un exemple de coberta plana és un edifici baix de llargues dimensions (bloc de pisos, oficines). Hi ha 3 tipus de cobertes planes:

2.2.5.1.1. Tradicional

Una coberta tradicional, podem associar-la conceptualment com si es tractés d'una terrassa.

Es caracteritzen per tenir una capa de formigó lleuger a les primeres capes de l'interior de la coberta, fet que dóna lloc a que es formi el pendent de la coberta molt a l'inici. A mesura que ens anem apropant a capes exteriors, trobem una capa d'aïllament tèrmic i una membrana impermeable. A les capes més externes, hi trobem una capa de morter de ciment i per últim el paviment de la terrassa:

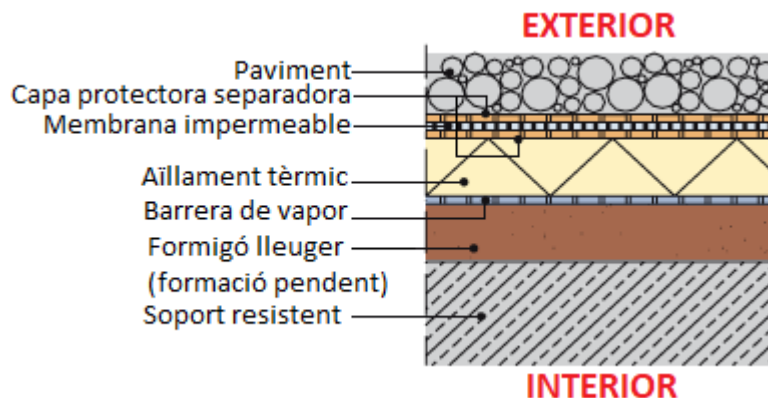


Figura 20: Capes coberta plana tradicional. (Font: "Cubiertas Estévez" [11])

2.2.5.1.2. Invertida

Les cobertes planes invertides, es caracteritzen per tenir una capa de grava a la capa més externa.

Una coberta invertida, a diferència de la coberta plana tradicional, la capa que dóna el pendent de la coberta es situa per sota de la grava (situada a la capa més externa). A continuació es mostren les diferents capes d'aquest tipus de coberta:

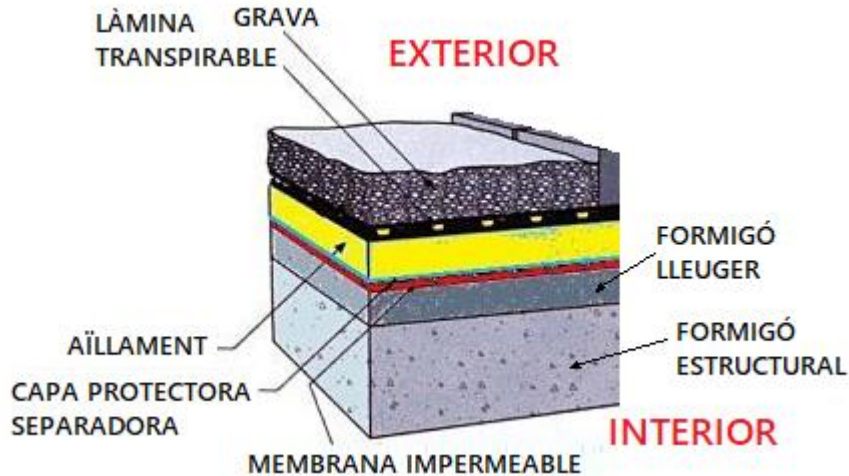


Figura 21: Capes coberta plana invertida. (Font: "Reforma Coruña" [40])

2.2.5.1.3. Deck

Per acabar amb el bloc de cobertes planes, hi trobem les cobertes deck. Aquestes, són un tipus de coberta molt utilitzada per: poliesportius, centres comercials, grans supermercats o aeroports, per grans superfícies que necessitin ventilació de fums o de llum. A continuació es mostren les capes que conformen la coberta deck:

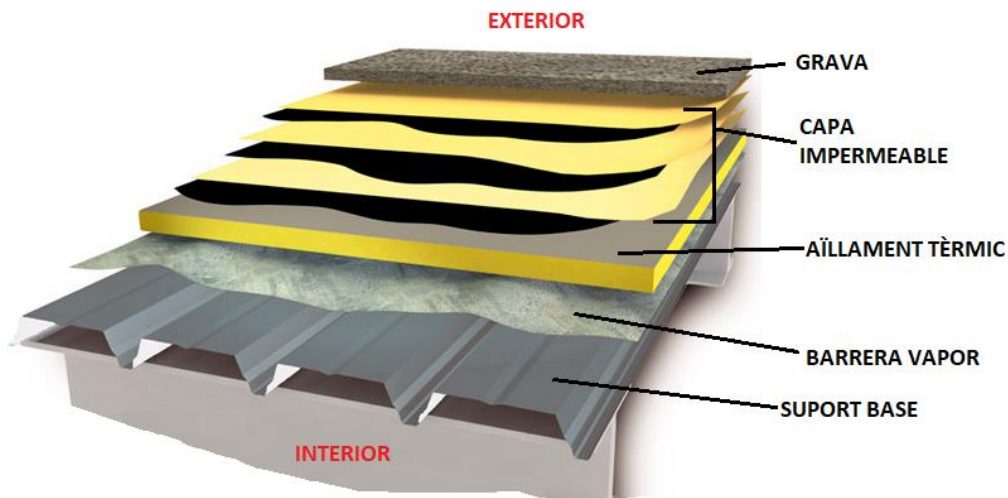


Figura 22: Capes coberta deck. (Font: "Qualisgroup" [39])

A l'hora de construir la capa impermeable, s'ha de fer de manera correcta, ja que sinó la reparació d'aquella capa sortiria molt costosa.

Algunes vegades es col·loquen dues capes impermeables de menor densitat cadascuna orientades a 0° i a 90°, per aconseguir que la capa impermeable no sigui tan costosa. A la tela de dalt de la capa impermeable, tindrà un acabat mineral (funció de protecció contra els rajos del sol), mentre que per la tela de sota de la capa impermeable no tindrà l'acabat mineral.

2.2.5.2. Cobertes inclinades

Les cobertes inclinades tenen una característica particular que fa que es diferenciïn de la resta. Aquesta característica correspon al pendent, que és superior a un 5% en tota la coberta. Aquest pendent, garanteix que l'aigua de la pluja no s'estanqui a la coberta, allargant la vida útil d'aquesta.

Per l'altre banda, una coberta inclinada no serà transitable per a persones ni instal·lacions ni vehicles.

Un exemple de coberta inclinada és una casa unifamiliar d'alta muntanya. Hi ha 2 tipus de cobertes inclinades:

Una coberta inclinada tradicional, està composta principalment per teules a la part exterior de la coberta i per un aïllament tèrmic. Depenent de la posició de l'aïllament tèrmic, es parlarà de cobertes calentes (si l'aïllament es situa a la capa de sota de les teules), com s'observa a la figura següent. Per contra, si l'aïllament tèrmic ocupa el centre de la coberta tal i com es mostra més endavant, la coberta serà de tipologia inclinada freda.

A continuació veurem les capes que conformen les cobertes calentes tradicionals:

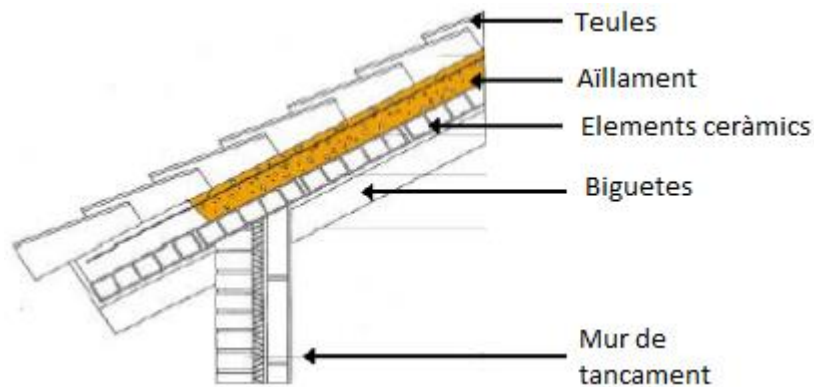


Figura 23: Capes coberta inclinada calenta tradicional. (Font: "Apunts 4.- Cerramientos exteriores. Cubiertas" [16])

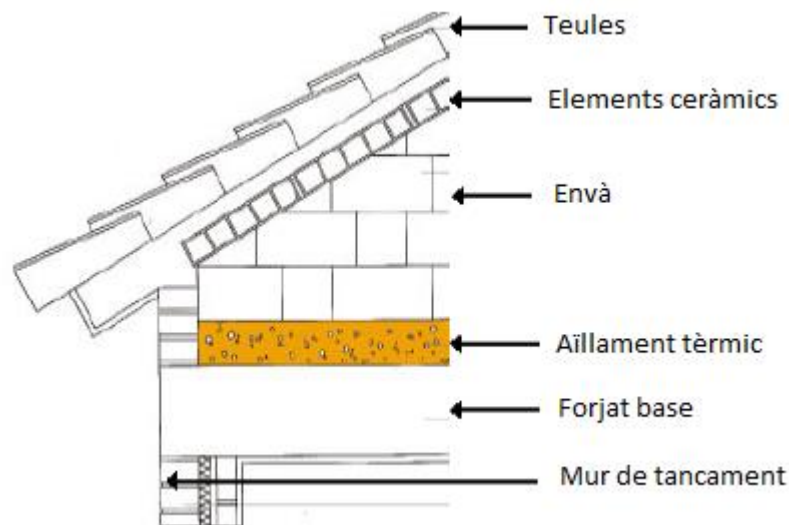


Figura 24: Capes coberta inclinada freda tradicional. (Font: "Apunts 4.- Cerramientos exteriores. Cubiertas" [17])

2.2.5.3. Metà·liques

Igual que passava amb les façanes metà·liques, les cobertes metà·liques també poden estar formades per panells Sandwich o simplement per panells de metall que s'uneixen amb un tapajuntes. S'utilitzen en edificis de grans dimensions com poden ser: centres comercials o naus industrials.



Figura 25: Coberta inclinada metà·lica. (Font: "Sumuvesa" [43])

Igual que a les façanes, podem dividir les cobertes metà·liques en dos grans blocs:

2.2.5.3.1. Cobertes de panell sandwich

Es tracten per ser cobertes que estan formades per dues capes de xapa d'acer (entre uns 0,4 o 0,5 mm de gruix per cada xapa) i enmig d'aquestes dues capes, hi ha una capa aïllament normalment d'espuma de poliuretà.

Una de les avantatges d'utilitzar aquest tipus de coberta, consisteix en que el temps d'execució pel muntatge de la coberta serà bastant ràpid que si el comparem amb una coberta tradicional. També, s'evitarà que l'aigua s'acumuli a les cobertes gràcies a les diferents guies presents a la xapa.

Per contra, no es pot transportar panells superiors a 12 metres de longitud ja que és la mida màxima autoritzada per poder transportar peces senceres.

Cal comentar també que una coberta metà·lica de panell sandwich, es pot fer in situ a l'obra o optant que ja estigui tot el muntatge del panell sandwich de la coberta fet.

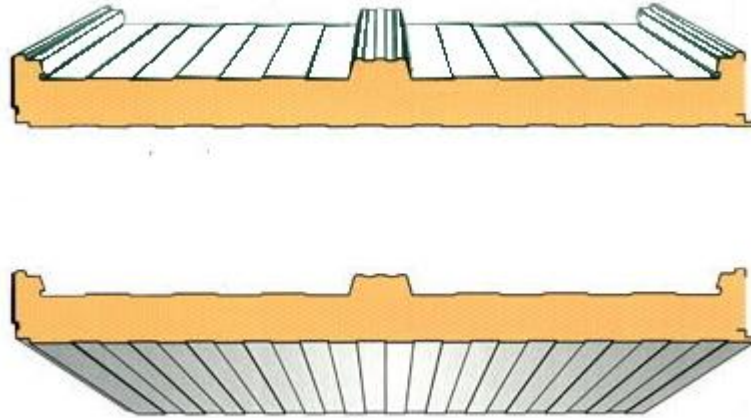


Figura 26: Coberta inclinada panell sandwich. (Font: "Aluminios Garcilaso" [1])

2.2.5.3.2. Cobertes de xapa simple

Tal i com indica el seu nom, una coberta de xapa simple es compon únicament per una capa de xapa metàl·lica on el material més utilitzat és l'acer galvanitzat.

Per aquest tipus de xapa, necessitem col·locar corretges abans de col·locar la xapa d'acer.

La següent imatge mostra el valor màxim de càrrega en kg/m^2 que és capaç de suportar la coberta, si disposem dades del gruix de la xapa i/o de la distància que volem que hi hagi entre les corretges:

ESQUEMA ESTÀTIC		2 recolzaments										
Guix llana mineral (mm)	Distàncies entre corretges (cm)											
	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	500	
50	175	151	133	118	106	96	88	80	74	68		
60	211	183	161	143	129	117	107	98	91	84	64	
80	285	247	218	194	175	159	145	134	124	115	89	
100	358	311	274	245	221	201	184	170	157	146	113	
120		375	331	296	267	243	223	205	190	177	137	
150		471	416	372	336	306	281	259	240	223	174	

Figura 27: Taula de valors de sobrecàrregues per corretges d'una estructura amb 2 recolzaments. (Font: "Solo arquitectura" [42])

Si s'observa la taula anterior, es pot veure com per espessors de menor gruix, la càrrega que suportaria la coberta seria menys que per gruixos més considerables. A més a més, si es col·loquen les corretges més separades, la xapa aguantarà menys càrrega que si les corretges es troben més juntes.

Així doncs, si volem conèixer quina és la càrrega màxima que suportaria una xapa d'acer d'uns 80 mm de gruix, tenint les corretges separades 2,75 metres entre elles i disposant d'un esquema estàtic d'estructura isostàtica, s'obté que la màxima càrrega que suportaria aquesta coberta seria d'uns 221 kg/m^2 .

2.2.5.4. Cobertes corbades

Tal i com indica el seu nom, una coberta corbada, està caracteritzada per no ser recte. Són utilitzades quan les llums dels edificis, són bastant grans.

Una de les avantatges que implica treballar amb cobertes corbades, resulta ser que és un tipus de coberta econòmic.

Una de les desavantatges que comporta aquestes cobertes, consisteix en que hi ha el risc de que s'acumuli aigua en zones convexes. Tampoc són cobertes transitables.

Un exemple de coberta corbada és una coberta d'aeroport o estacions de trens.

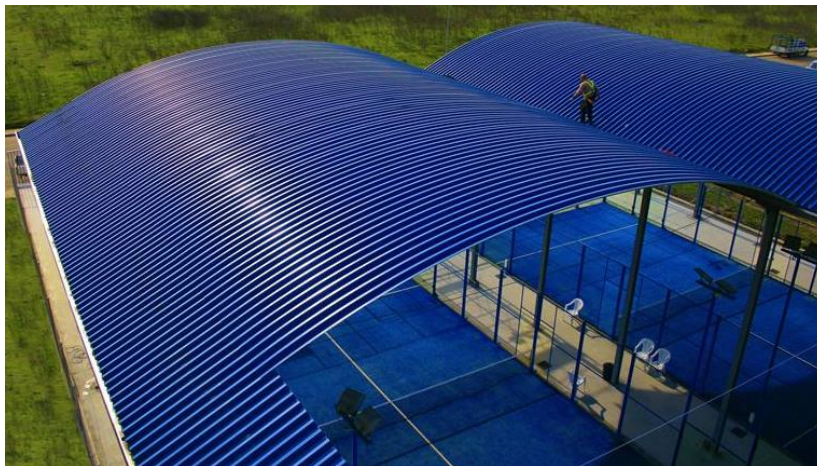


Figura 28: Coberta corbada d'unes pistes de pàdel. (Font: "Incoperfil" [25])

2.3. MATERIALS EMPRATS PER NAUS INDUSTRIALS

2.3.1. Acers

Els acers es caracteritzen per ser uns materials durs i resistents, capaços de suportar grans càrregues. Tot acer, es compon per menys d'un 2% de carboni (en massa) i la resta del material, correspon al ferro.

Unes de les seves inconveniències, resulta ser que es tracta d'un material que té problemes de corrosió, comportant una possible disminució del límit elàstic, i per tant aquest acer podria suportar menys càrrega que si no estigués corroït.

A més a més, els acers necessiten estar protegits contra el foc, ja que l'acer és un material que amb la presència de foc es pot arribar a doblegar. Hi ha dues grans tipologies d'acer per a la construcció: acer laminat i acer corrugat.

Un acer laminat segueix la normativa: UNE-EN 193-1-3:2012, on la nomenclatura dels tipus d'acers consisteix per la lletra S, seguit de 3 números corresponents al límit elàstic de l'acer (mesurat en kg/cm^2), uns exemples d'aquests acers normalitzats són: S235, S275 i S355.

Les aplicacions més comuns dels acers, solen ser perfils estructurals (bigues verticals i horitzontals, pilars) que conformen de l'edifici:



Figura 29: Bigues d'acer. (Font: "Cmic" [9])

Per l'altre costat, l'acer corrugat, s'empra per les armadures de les estructures de formigó armat, ja siguin forjats o pilars. L'acer corrugat té uns diàmetres normalitzats segons les normatives espanyoles: UNE 36068:2011, UNE 36065:2011 i UNE36811:1998. Un exemple d'acer corrugat és el B 500 SD, té el següent aspecte:



Figura 30: Acer corrugat. (Font: "Ferros Brugués" [18])

2.3.2. Formigó armat

El formigó està compost per una barreja de ciment, aigua i àrids (petites pedres o sorres de fins a 5 mm de diàmetre). Aquesta barreja fragua i s'endureix (un formigó tarda de mitjana uns 28 dies a assolir la seva resistència màxima). Per tal que es tracti d'un formigó armat, a l'interior de l'objecte que abocarem el formigó, hi ha uns reforços d'acer corrugat, els quals aporten una major resistència al conjunt.

El formigó treballa amb greus dificultats a tracció, per això es necessita disposar d'acer que es tracta per ser un material que sí treballa bé a tracció, el qual anirà col·locat a la part inferior del conjunt ja que és on es produeix l'esforç de tracció a l'estructura quan s'aplica una càrrega.

Dit això, el formigó s'haurà de col·locar a sobre l'acer (on hi hauran esforços de compressió). La designació que segueixen els formigons armats consisteix per les lletres HA i per 2 números els quals indiquen quina és la resistència característica (mesurada en N/mm^2) a la compressió passats 28 dies (temps que tarda el formigó armat a assolir la màxima resistència). Els formigons armats normalitzats són: HA-25, HA-30, HA-35, HA-40, HA-45 i HA-50.

El procés per obtenir formigó armat consisteix en:

1. Preparar una estructura de ferro la qual anirà a l'interior de l'element que vulguem construir (forjat, pilar, etc).
2. Preparar la barreja de ciment, aigua i grava per conformar el formigó.
3. Disposar d'un encofrat per construir el forjat o el pilar.
4. Col·locat l'encofrat al voltant de les barres d'acer.

5. Abocar la mescla de ciment a dins de l'encofrat.
6. Utilitzar un vibrador (a dins de l'encofrat amb el formigó a dins), per tal d'assegurar una homogeneïtzació del formigó.
7. Esperar a que el ciment s'hagi endurit.
8. Seguir construint el nivell superior.



Figura 31: Treballadors abocant el formigó per construir un forjat. (Font: "Grup Curanta" [22])



Figura 32: Imatge d'un encofrat d'un pilar que conté formigó armat. (Font: "Generador de preus" [19])

2.4. INTERACCIONS ENTRE ELS DIVERSOS ELEMENTS DE L'ESTRUCTURA

Les fonamentacions tenen una relació directa amb els pilars de la nau, ja que els pilars s'introdueixen a dins del calze (si es treballa amb estructura de material prefabricats) o de la base de la fonamentació (si són elements metàl·lics).

Pel que fa als pilars, la seva missió és suportar totes les càrregues que es poden originar a la coberta i transmetre-les cap als fonaments de la nau. A més a més, els pilars han de suportar les bigues transversals (de pinyó o delta) que es recolzen sobre un mènula. A part d'això, els pilars també han de poder fer de base del forjat i suportar la càrrega que s'origini al forjat, és a dir, han de ser capaços de suportar tot el pes del propi forjat, recolzat sobre les bigues existents entre mènula i mènula.

El forjat per la seva part, rep càrregues dels altres elements estructurals. És molt important que el forjat sigui el més pla possible.

La coberta, ha de poder suportar-se per les bigues transversals que van recolzades sobre els pilars i també han de donar una forma de pendent a la coberta. Normalment, el punt més alt de la coberta no supera l'alçada dels panells que configuren la façana de la nau.

Per acabar, els panells de tancament o la façana, es cargolen directament amb un ancoratge a la base del forjat i també es recolzen a les bigues dels exteriors dels nivells on hi hagin forjats i per la part de dalt, es solen cargolar sobre els elements de coberta (canaló). Per més detalls, es poden veure els apartats 3.1.1.5 i 3.1.2.5 de la memòria on es mostren aquests detalls.

3. METODOLOGIA

Per aquest treball s'ha dissenyat una nau de les següents dimensions: 60 metres de llarg per 18 d'amplada, situant els pilars i pòrtics cada 6 metres. També s'ha incorporat un forjat situat a més de 4 metres d'alçada comprès entre la primera i la tercera fila de pilars. Els elements de coberta (lluernaris panells sandwich i elements de detalls), també es detallen en aquest capítol. La coberta tindrà una inclinació d'uns $3,29^\circ$ respecte un pla horitzontal. Per últim, els panells de tancament tenen una alçada de 9,7 metres respecte el nivell de terra.

Totes les característiques anteriors, es resoldran via elements prefabricats i via elements metàl·lics, per a poder comparar aquestes tipologies de nau a posterior.

3.1. ETAPES CONSTRUCCIÓ DE LES NAUS INDUSTRIALS

Com ja hem vist anteriorment per separat tots els materials i les diferents parts que conformen una nau d'elements prefabricats i una altra nau d'estructura metàl·lica, ara toca explicar quins són els processos, explicats per etapes, per a la construcció de les tipologies de naus anteriors.

Com a regla general, sabem que totes les naus segueixen el mateix ordre (en quant a etapes), per fer el muntatge a la realitat. En aquest TFG, s'ha optat per mostrar els passos a seguir mitjançant el programa de dibuix de construcció tridimensional: **Revit**.

Primer de tot, es veurà les etapes de construcció que ha de seguir una nau composta per elements prefabricats i després els processos que segueix una nau composta per elements metàl·lics.

3.1.1. Nau d'elements prefabricats

3.1.1.1. Fonaments (calze)

El primer que cal disposar per començar a construir el calze, consisteix tenir una fitxa tècnica i del pla de fonamentació, el qual ens dona informació sobre els diferents tipus de calzes, els quals venen caracteritzats per la seva fitxa tècnica [27].

Ara, ja estem en condicions de començar a fer els fonaments:

1. Cal fer el desbrossat de la parcel·la on construirem la nau d'elements prefabricats.
Nota: Quan es fa el desbrossat, també s'ha de retirar la capa de terra vegetal present a la parcel·la (uns 30-40 cm). Si no es retirés aquesta capa, es podrien tenir dificultats a l'hora de fer el procés constructiu de la nau.
2. Es delimita el perímetre de l'obra amb una tanca de seguretat.
3. Es compacta el terreny per tal d'evitar accidents per una bolcada de peces, produïda pel terreny.

- Es marquen els eixos de les alineacions dels pilars, a més a més de delimitar l'espai que ocuparà la sabata correguda per corretja, les sabates i el perímetre del formigó de neteja:

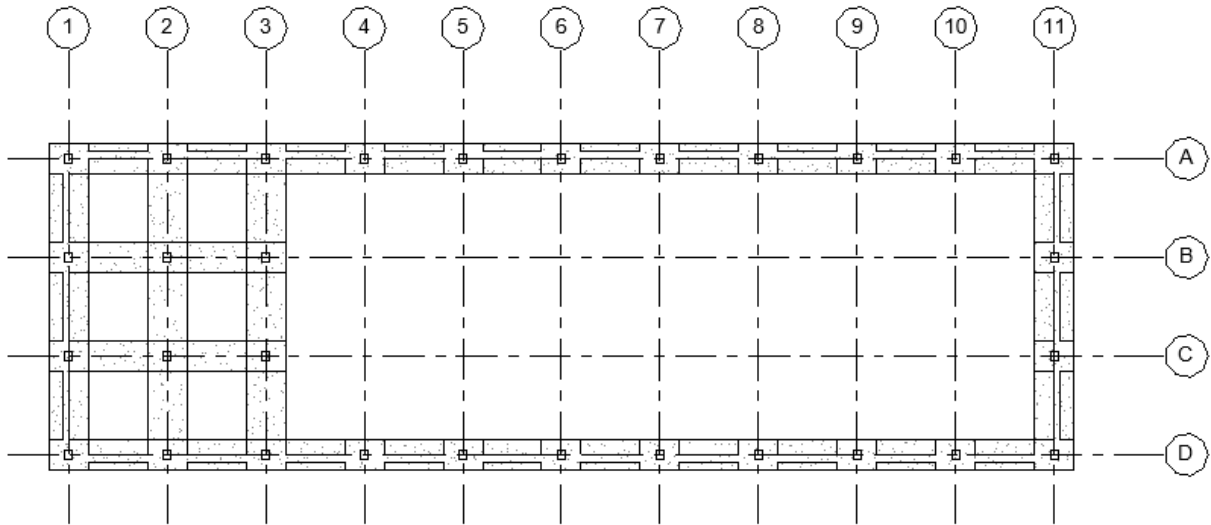


Figura 33: Delimitació dels eixos, de les sabates riostrades i del formigó de neteja per la nau d'elements prefabricats. (Font: "Revit")

- S'excava el terreny delimitat per les marques anteriors.
- S'aboca el formigó de neteja (que consta per ser una capa d'uns 10 cm d'alçada). Aquest formigó és de menys qualitat que un formigó utilitzat a altres elements de l'estructura de la nau (forjats, pilars, calze). La finalitat d'aquest formigó de neteja és igualar el terreny i delimitar les dimensions de l'encofrat.
- S'insereix l'engraellat inferior.
- Es posicionem les armadures que conformaran el segon engrallat i el calze de la sabata.
- S'aboca formigó (fins al nivell fixat pel plànol de fonamentació) i es deixa endurir.

10. S'envolta l'engraellat amb encofrat i es deixa preparat per abocar més formigó.

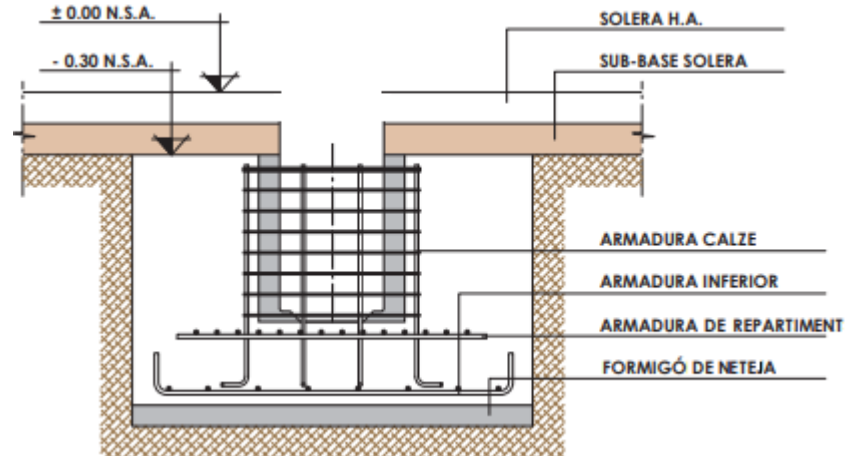


Figura 34: Procediment muntatge calze nau d'elements prefabricats. (Font: "Catálogo técnico Trabis" [4])

11. S'acaba d'abocar tot el formigó dins al nivell que ens proporciona el fabricant i es compacta el formigó amb una agulla vibratòria.

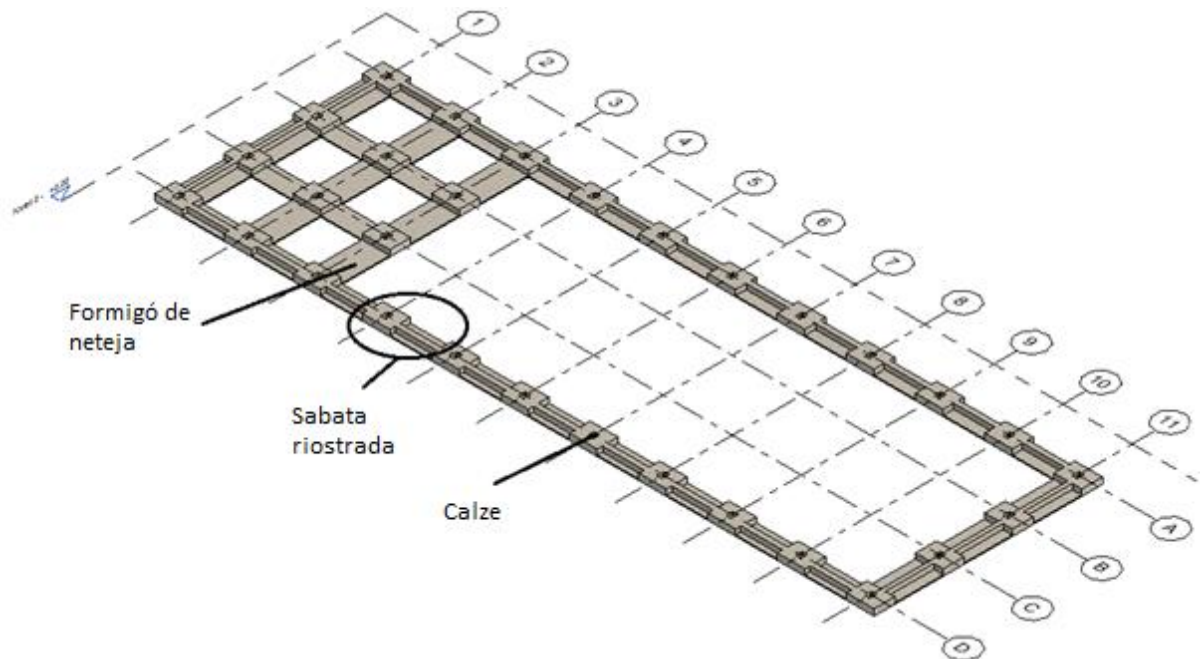


Figura 35: Vista general dels fonaments de la nau d'elements prefabricats. (Font: "Revit")

Ja tenim els nostres calzes construïts, ara es passa a col·locar els pilars.

3.1.1.2. Pilars

Com ja es tenen els fonaments preparats, ja es pot començar a posar els pilars que formaran part de l'estructura vertical de la nau. Per això, és necessari requerir d'una persona que s'encarregui de moure la grua mòbil, per un cap d'equip i per dos operaris.

A més a més caldrà disposar de la grua mòbil per moure els pilars prefabricats, de gomes per fixar la direcció dels pilars, cunyes per fixar la separació del calze de fonamentació al pilar, martells i disposar d'electricitat a l'obra per treballar.

El procés que segueix el pilar per ser muntat és el següent [28]:

1. Primer de tot, caldrà comprovar les referències del pilar amb les del plànol de construcció per tal de detectar si hi ha alguna desviació entre les dues referències anteriors.
2. Es passarà un pern pel forat del pilar prefabricat per començar a fer l'aixecament amb la grua.
3. Es connectaran els dos extrems del pern als dos cables de la grua i s'aixecarà la peça prefabricada fins que estigui totalment en vertical, observant els possibles moviments estranys que pugui patir el pilar.
4. S'introdueix el pilar dins del calze
5. Es col·loquen les cunyes entre el calze i el pilar, i les gomes, situades com a mínim a 1,80 metres sobre el terra, (que tenen un pes al seu extrem).
6. Poc a poc, es va disminuint la tensió dels cables que sostenen el pilar i observem la tendència que pot tenir el pilar a desviar-se mentre es deixa caure tot el pes del pilar.
7. Es treu el pern i el cap d'equip de la construcció dona el seu consentiment per començar a abocar formigó entre el pilar i el calze.
8. S'aboca el formigó entre el pilar i el calze (que haurà de quedar cobert per sota de les cunyes per després poder-les retirar passades unes 24 hores).
9. Es retiren les cunyes i s'acaba d'omplir els forats que deixen les cunyes segons l'encastament que vulguem donar al pilar.

L'etapa de la col·locació del pilar prefabricat, s'acaba.

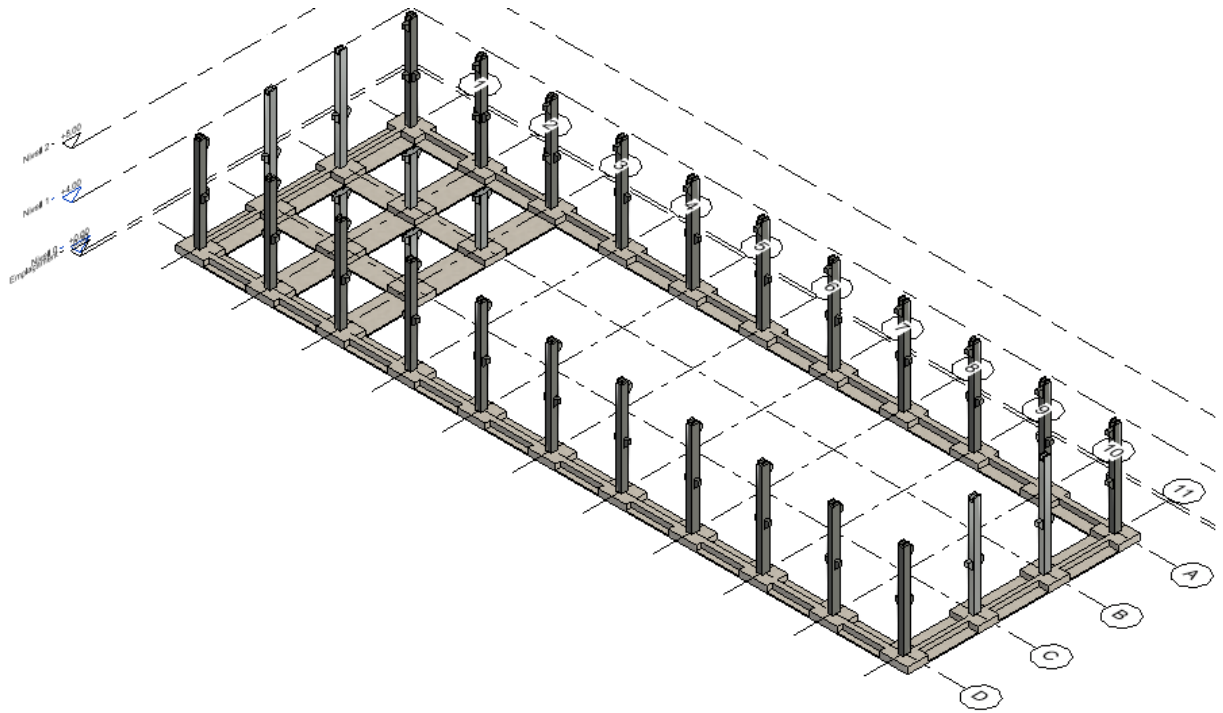


Figura 36: Col·locació dels pilars prefabricats. (Font: "Revit")

Detalls dels pilars prefabricats:

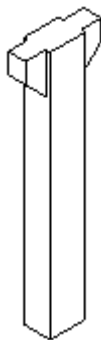


Figura 37: Pilar prefabricat del centre del forjat. (Font: "Revit")

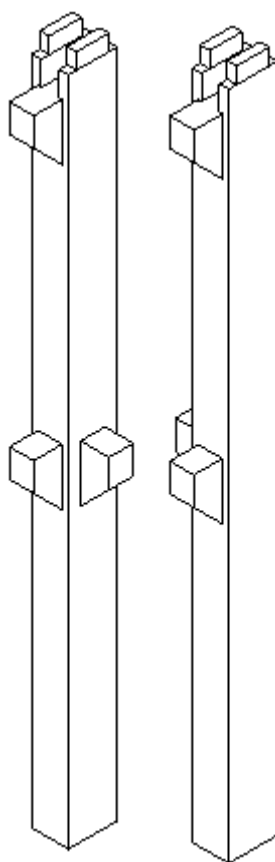


Figura 38: Pilars prefabricats pels pinyons cecs. (Font: "Revit")

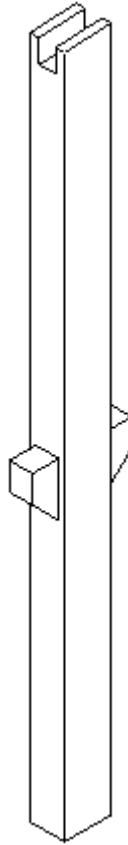


Figura 39: Pilar prefabricat amb mènsules que suporta una biga pinyó. (Font: "Revit")

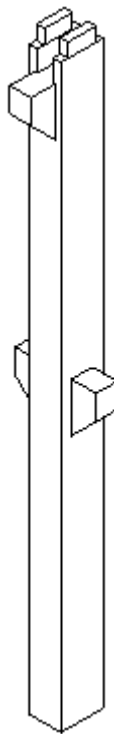


Figura 40: Pilar prefabricat amb una mènsula al nivell superior que suporta una biga delta. (Font: "Revit")

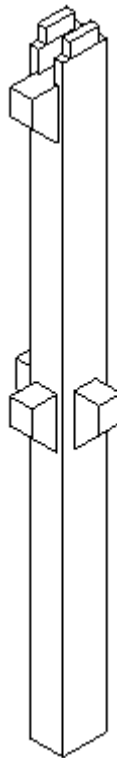


Figura 41: Pilar prefabricat amb una mènsula per nivell que suporta una biga delta. (Font: "Revit")

3.1.1.3. Forjats (placa alveolar)

La següent etapa que vindria es tracta de la col·locació del forjat, existeixen nombroses tècniques per col·locar un forjat prefabricat. En aquest TFG veurem la forma de muntar un forjat, posant casquets, ganxos o ancoratges a la placa alveolar per elevar el forjat prefabricat [29]:

1. Es col·loquen bigues prefabricades entre mènsula i mènsula per tal de tenir un punt de recolzament. A més a més es col·loca una banda elàstica entre la biga i la mènsula ja que les estructures han d'absorbir un mínim d'esforços.

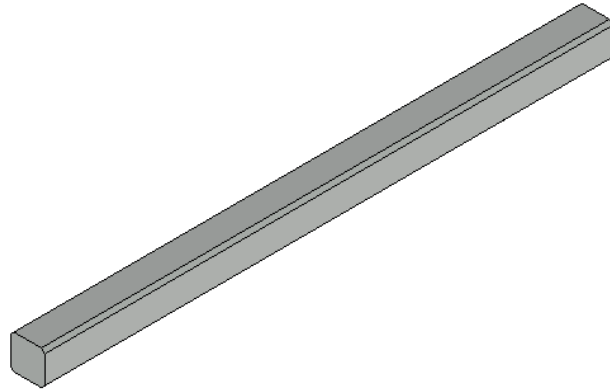


Figura 42: Detall biga necessària per la col·locació del forjat. (Font: "Revit")



Figura 43: Detall banda elàstica. (Font: "Imatge visita nau d'elements prefabricats")

2. Es cargolen les bigues que subjecten el forjat amb les mènsules.

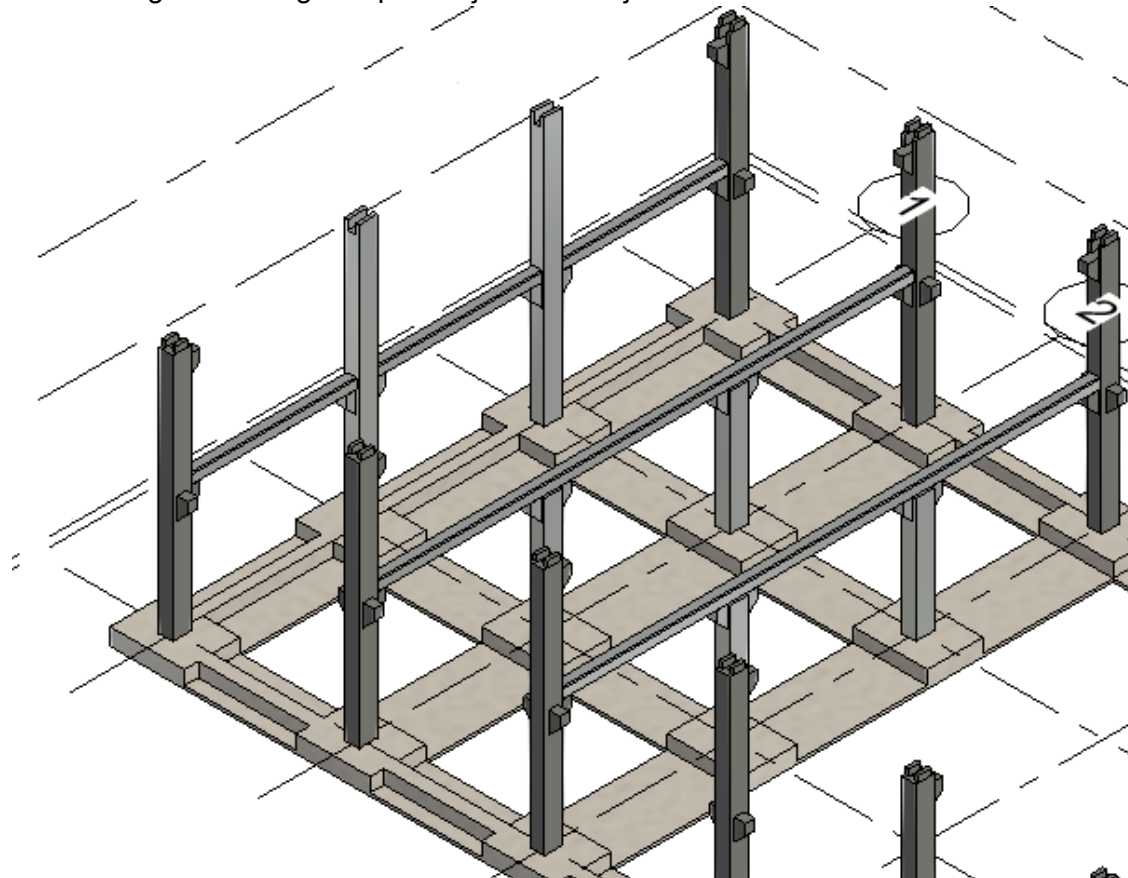


Figura 44: Col·locació de bigues pel forjat. (Font: "Revit")

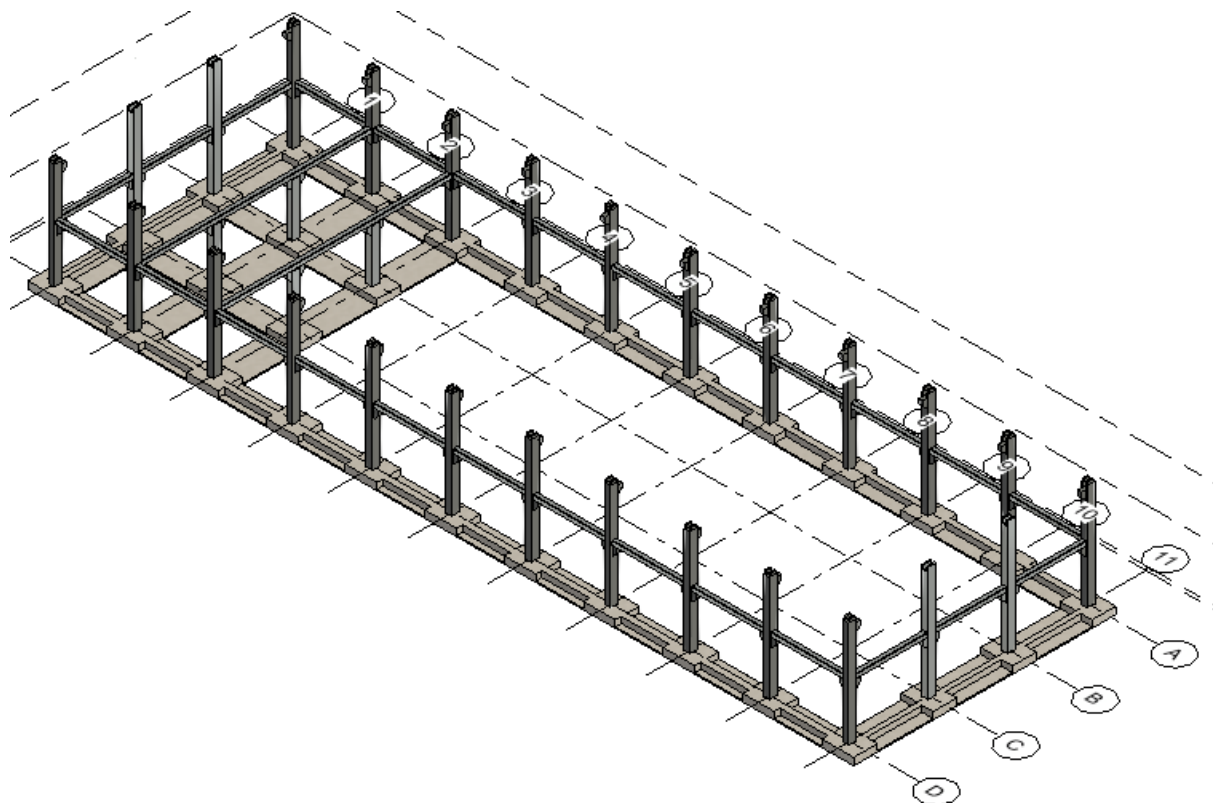


Figura 45: Col·locació de bigues pels panells de la façana. (Font: "Revit")

3. Es realitzen forats a la placa alveolar, els quals s'hi depositaran els ganxos.
4. Es compacta el formigó que hi ha al voltant del forat.
5. S'eleva la placa alveolar amb una màquina especial.
6. Es col·loca la placa alveolar al lloc on ha d'anar segons el plànol de construcció. Es repeteix el procés fins col·locar tot el forjat.

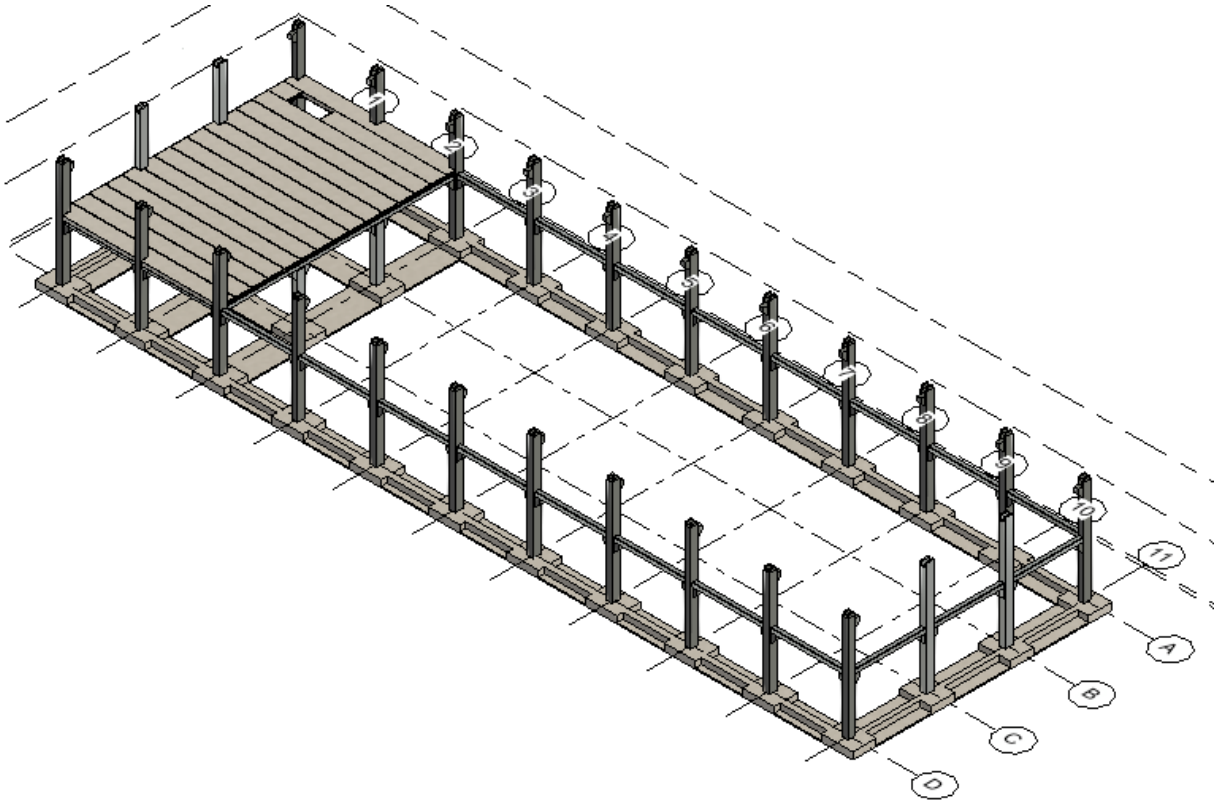


Figura 46: Col·locació de les plaques alveolars. (Font: "Revit")

7. Es retiren els ganxos de les plaques alveolars.

8. S'afegeixen uns 5 o 6 cm de la capa d'anivellació amb mallat.

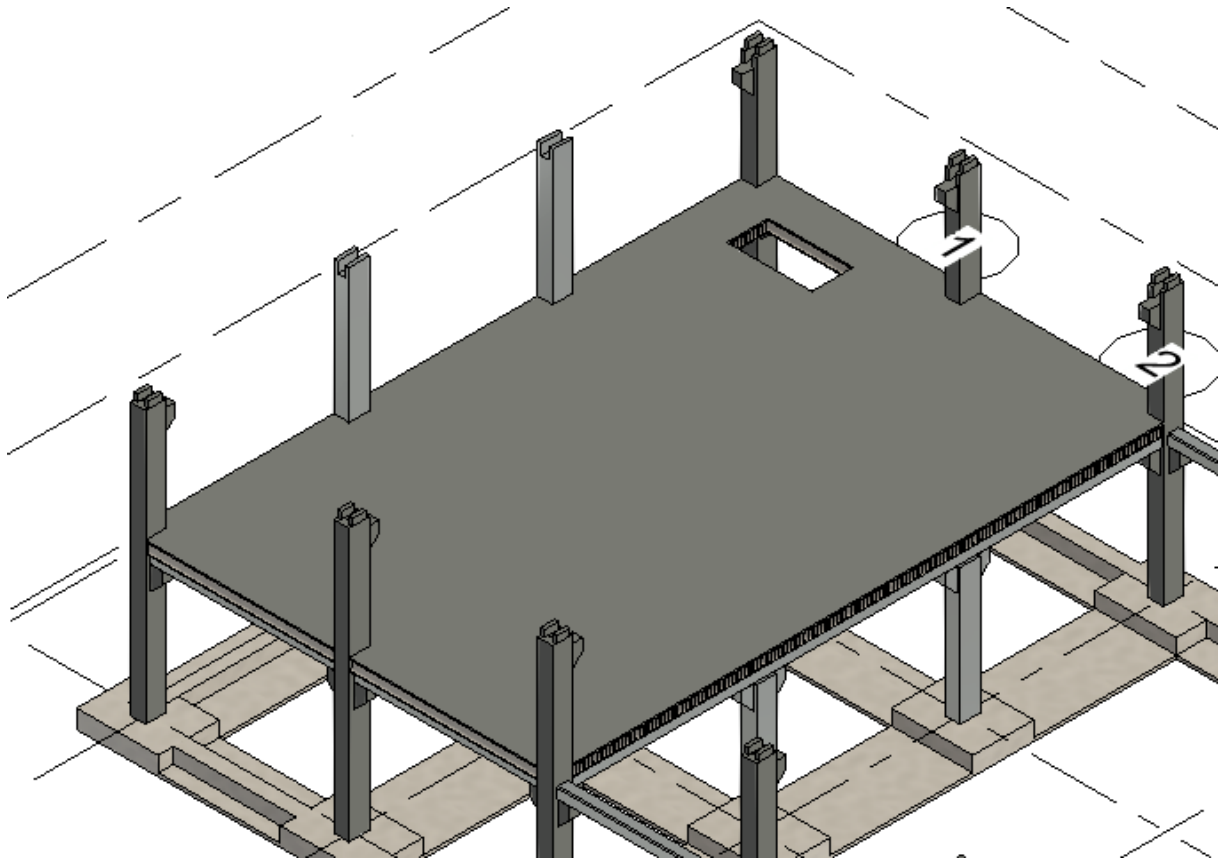


Figura 47: Col·locació d'armat i formigó. (Font: "Revit")

Aquesta tècnica requereix de maquinària especial, això significa que la realització de col·locar el forjat serà bastant costosa comparada amb altres tècniques de col·locació de forjats. En canvi, el muntatge serà més directe (la placa va directament al lloc on ha d'anar), més segur i no caldrà disposar d'altres complements.

El següent pas es podria incloure dins de la col·locació del forjat, es tracta de la formació de la solera:

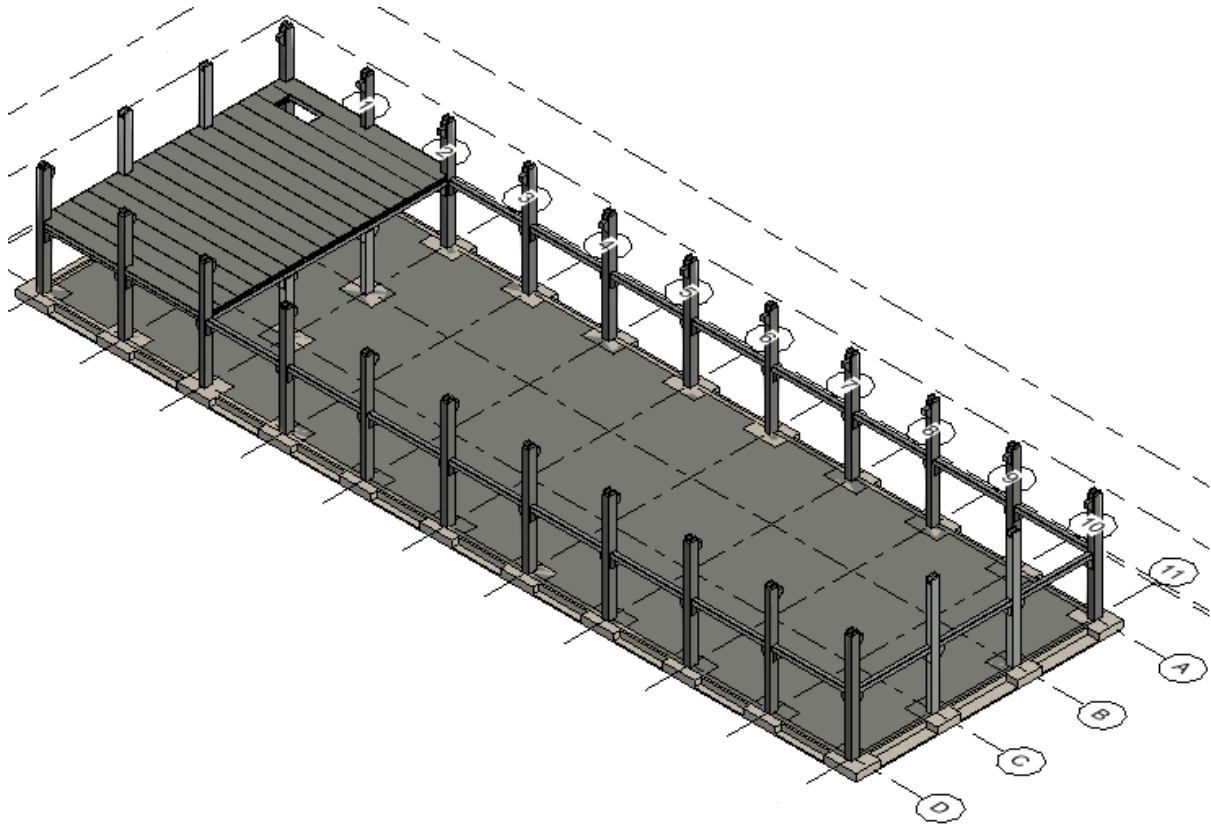


Figura 48: Col·locació de la solera de la nau. (Font: "Revit")

3.1.1.4. Coberta

Ara toca inserir la coberta a l'estructura de la nau industrial. Per això cal seguir els següents passos [31]:

1. Abans de construir la coberta s'assegurarà de que es disposa de bigues deltes i bigues pinyó (per als pilars dels 2 extrems de la nau).
2. Amb maquinària especialitzada, s'elevaran les bigues.



Figura 49: Elevació d'una biga amb maquinària especial. (Font: "Imatge visita nau d'elements prefabricats")

3. Es posen les bigues deltes i les bigues de pinyó segons indiquen els plànols de construcció.

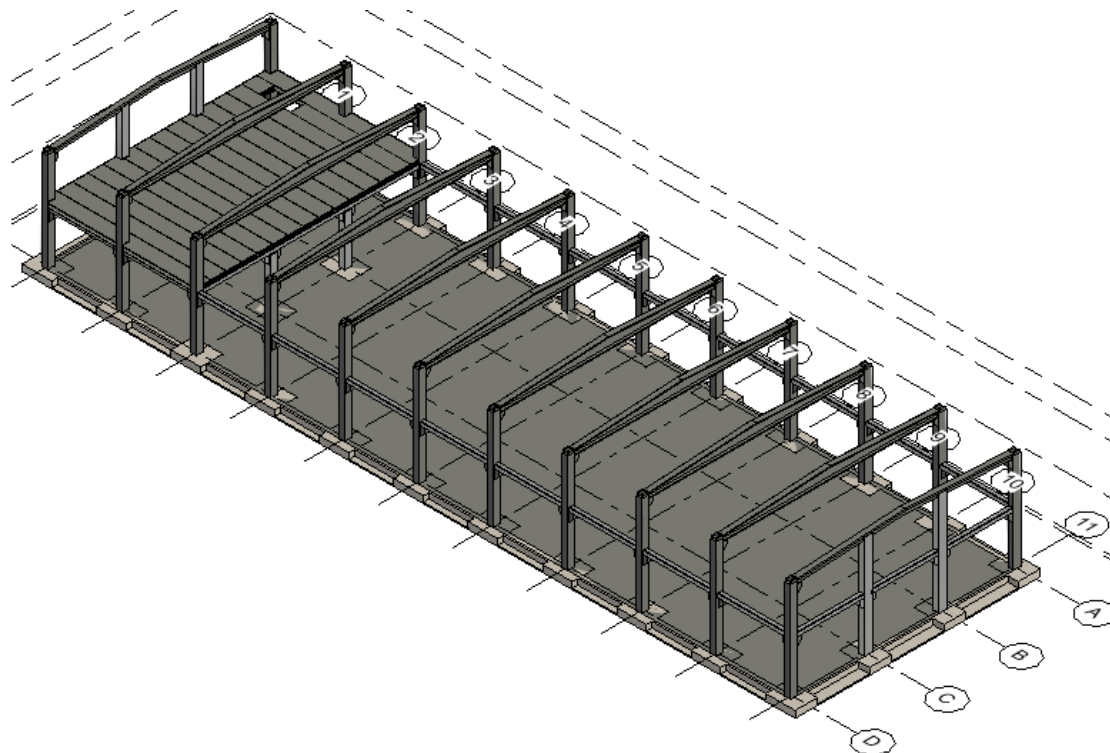


Figura 50: Col·locació de les bigues de la coberta de la nau. (Font: "Revit")

4. A continuació, es col·loquen les biguetes, perpendicularment a les bigues col·locades anteriorment.

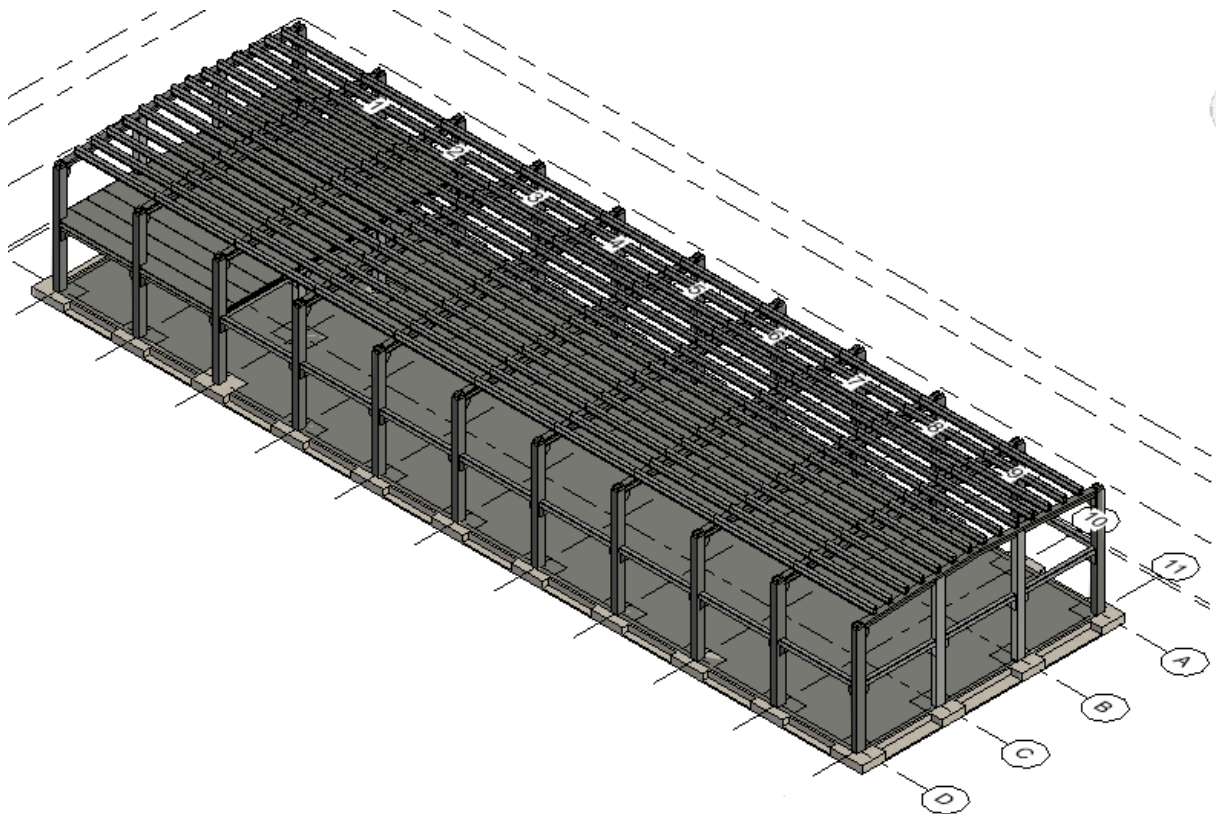


Figura 51: Col·locació de les biguetes de la coberta de la nau. (Font: "Revit")

5. Abans de col·locar el panell sandwich, s'haurà d'instal·lar els canalons als dos costats llargs de la nau.

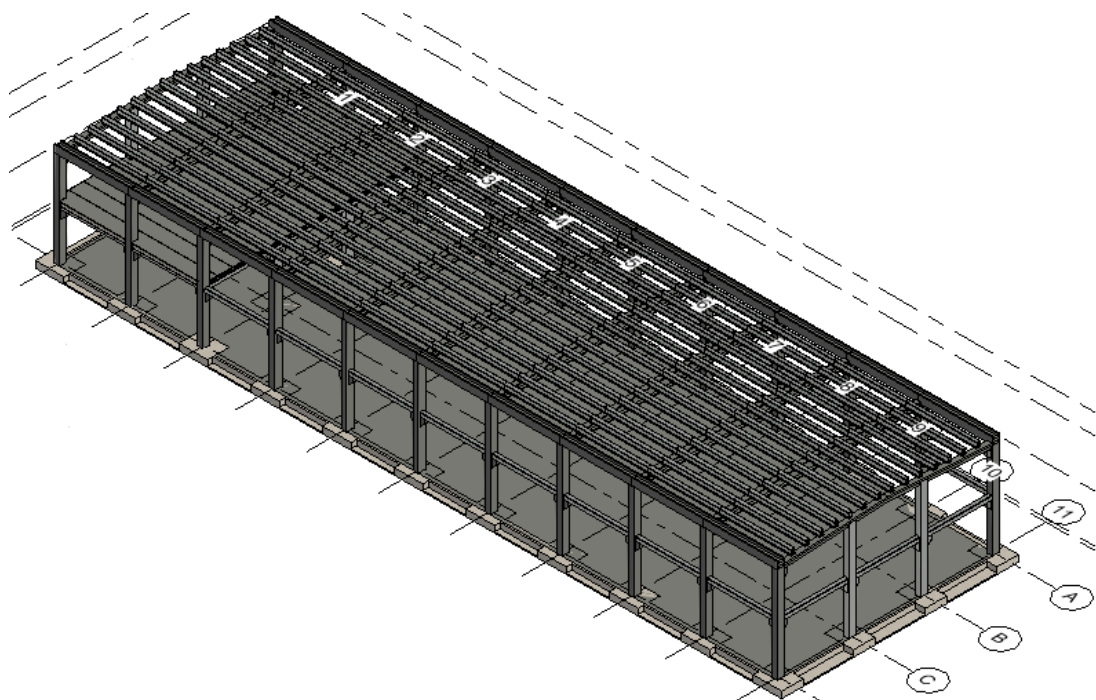


Figura 52: Col·locació dels canalons de la coberta de la nau. (Font: "Revit")

6. Es col·loca el primer panell sandwich. És important que quedi ben presentat a les guies de la coberta, ja que després servirà de referència pels altres panells.
7. Es marquen les posicions on s'ha de foradar el panell, tant de la part inferior i superior del panell.
8. Es procedeix a foradar i a cargolar la part superior del panell amb les guies de la coberta, es repeteix la mateixa operació per la fila inferior.
9. Es col·loquen els altres panells i es fixen seguint els punts 3 i 4.

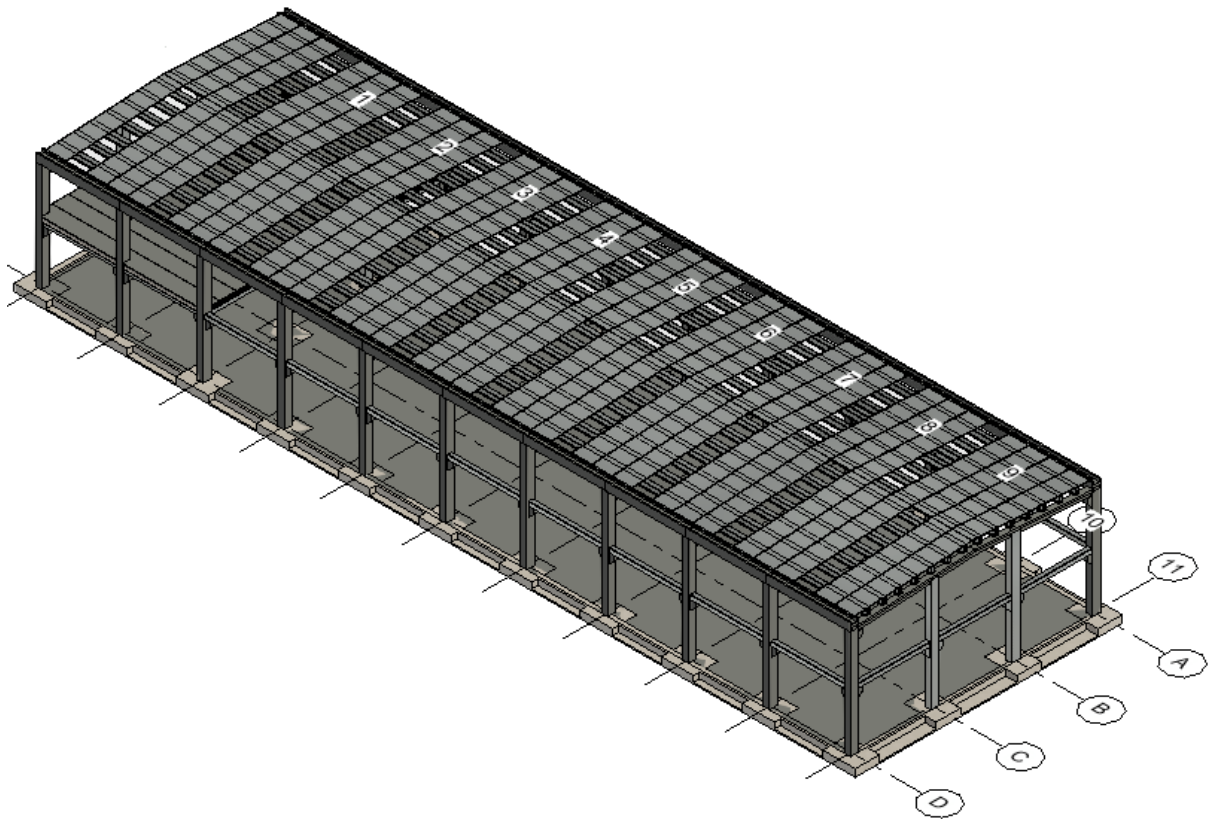


Figura 53: Col·locació del panell sandwich per la coberta de la nau. (Font: "Revit")

10. A continuació, es posen les peces d'acabament per finalitzar la col·locació dels panells.

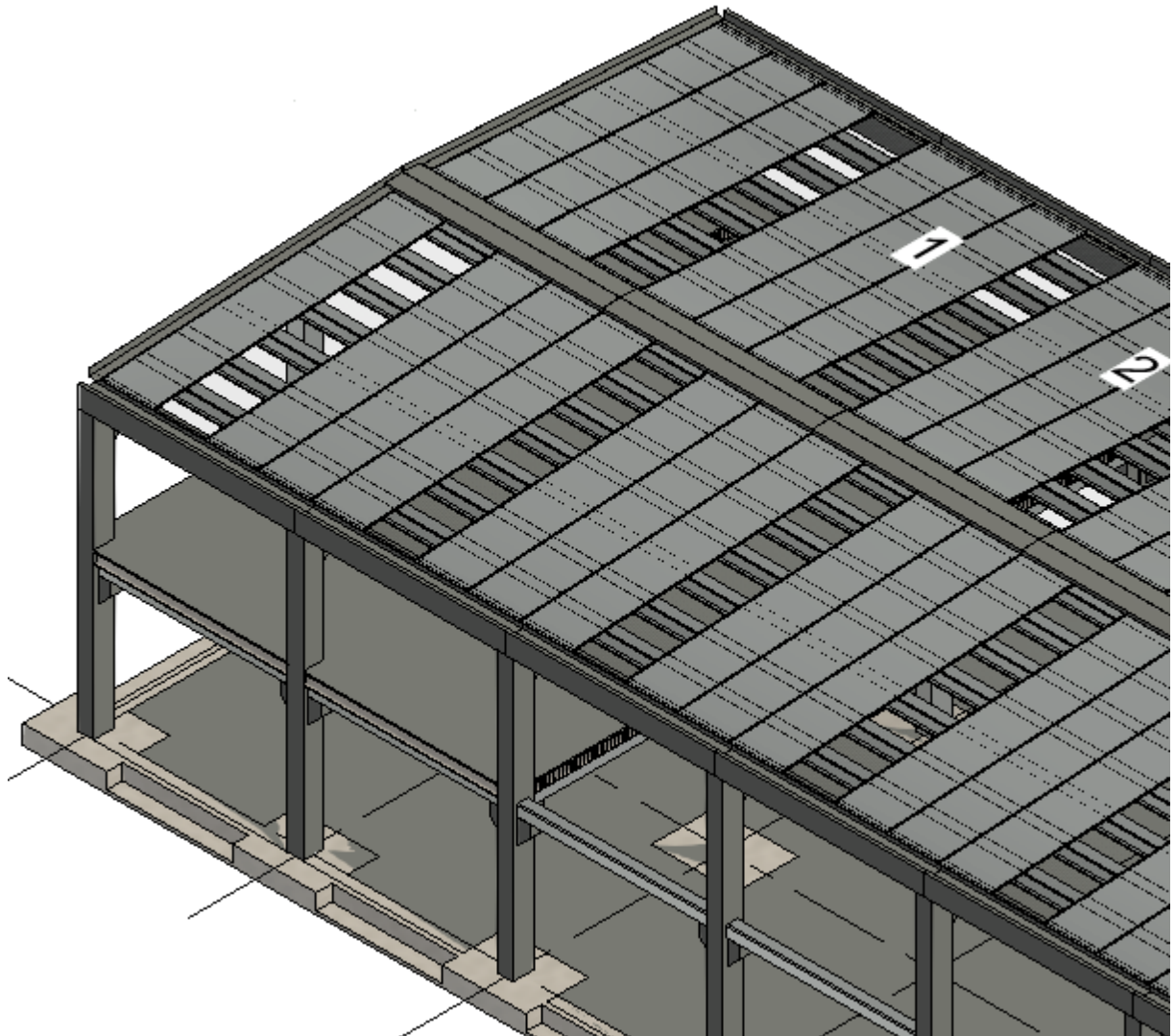


Figura 54: Col·locació del remat de carener, els lluernaris i les juntes entre plaques Sandwich. (Font: "Revit")

11. Per acabar, es segellen les juntes entre les plaques i els caps dels cargols prèviament col·locats.

3.1.1.5. Façanes

Un cop s'han col·locat la coberta, ja queda muntar els tancaments verticals, les façanes. Els passos a seguir per col·locar la façana són els següents [3]:

1. Es comproven que els panells prefabricats que arriben a l'obra, estiguin en bones condicions i les mides que ens indiquen els plànols.
2. S'alça el panell amb maquinària especial.
3. S'estableix l'alçada màxima del panell i s'anivella a la vora superior.
4. Es realitza l'aplomat, amb 2 pesos a banda i banda del panell per tal d'assegurar-se que el panell manté la vertical.
5. Es verifiquem l'aplomat.
6. Es procedeix a fer l'ancoratge amb els pilars de l'estructura i els panells. L'ancoratge es solda o es cargola.

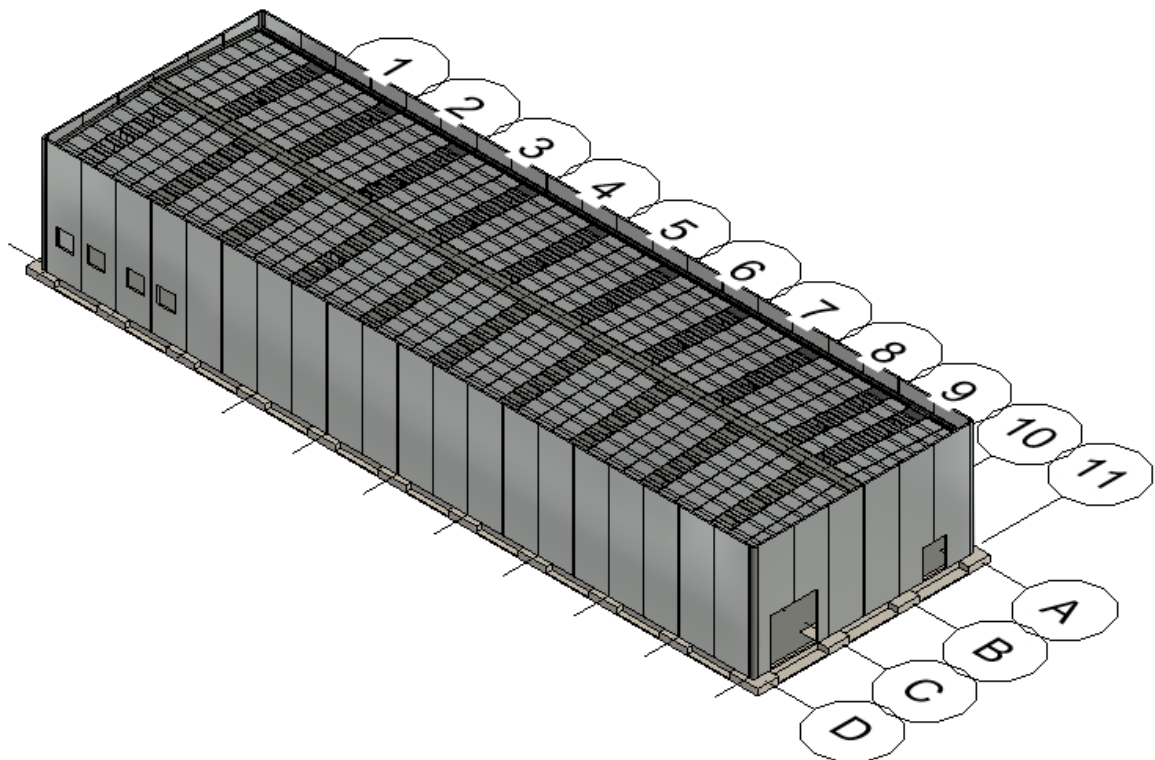


Figura 55: Col·locació dels panells verticals. (Font: "Revit")

Detalls de les unions dels panells verticals amb els elements estructurals de la nau:

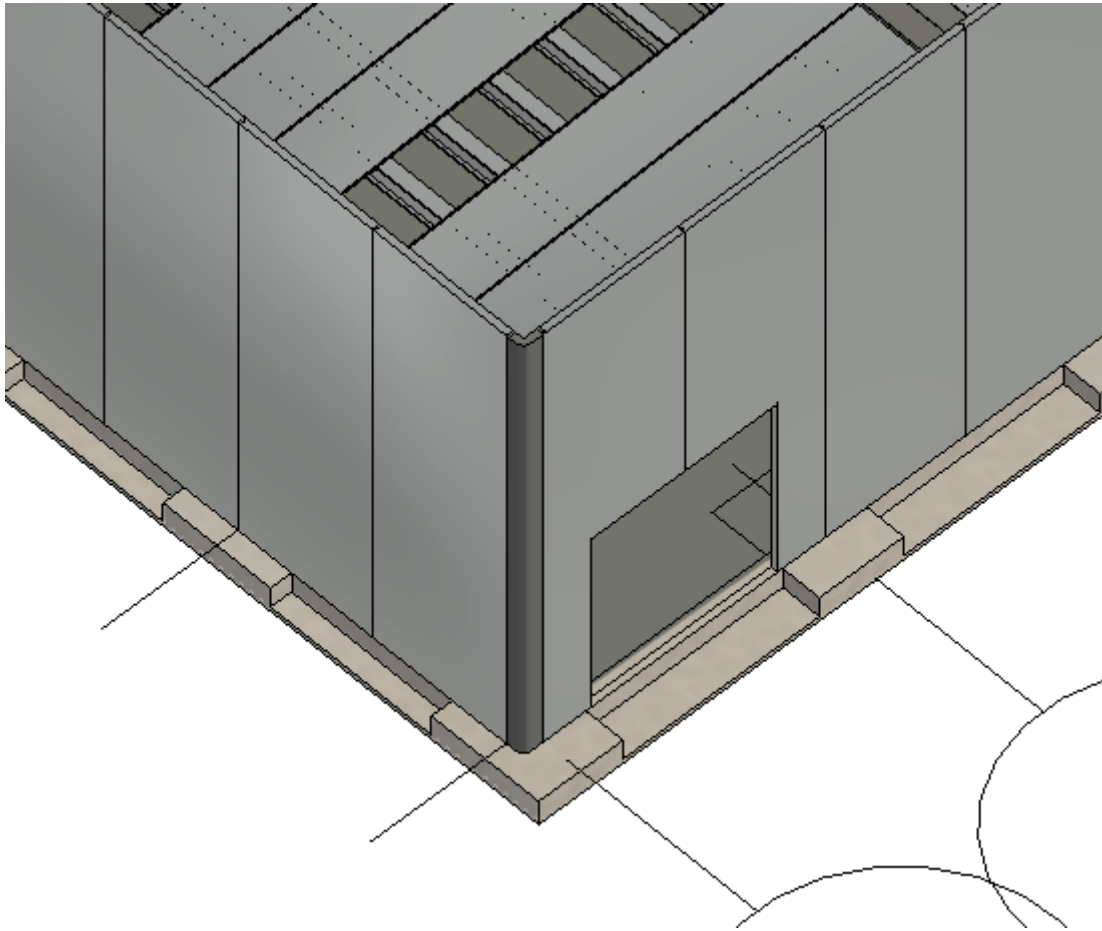


Figura 56: Detall unions amb de les cantonades amb els panells verticals. (Font: "Revit")

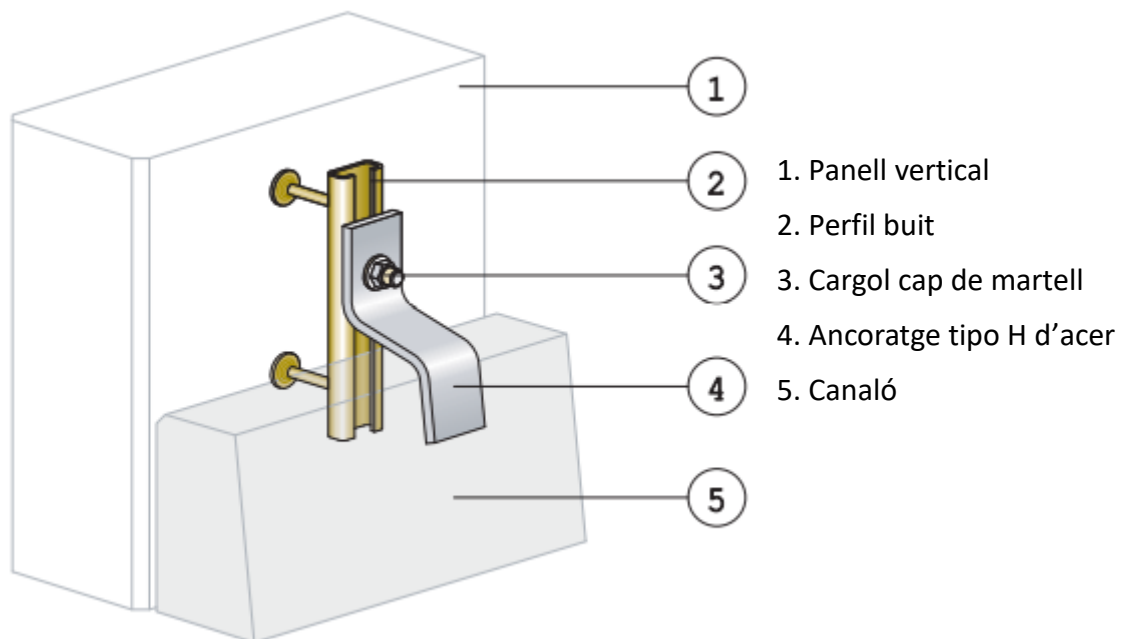


Figura 57: Detall recolzament del tancament vertical a la part superior d'un canaló. (Font: "Catálogo técnico Trabis" [5])

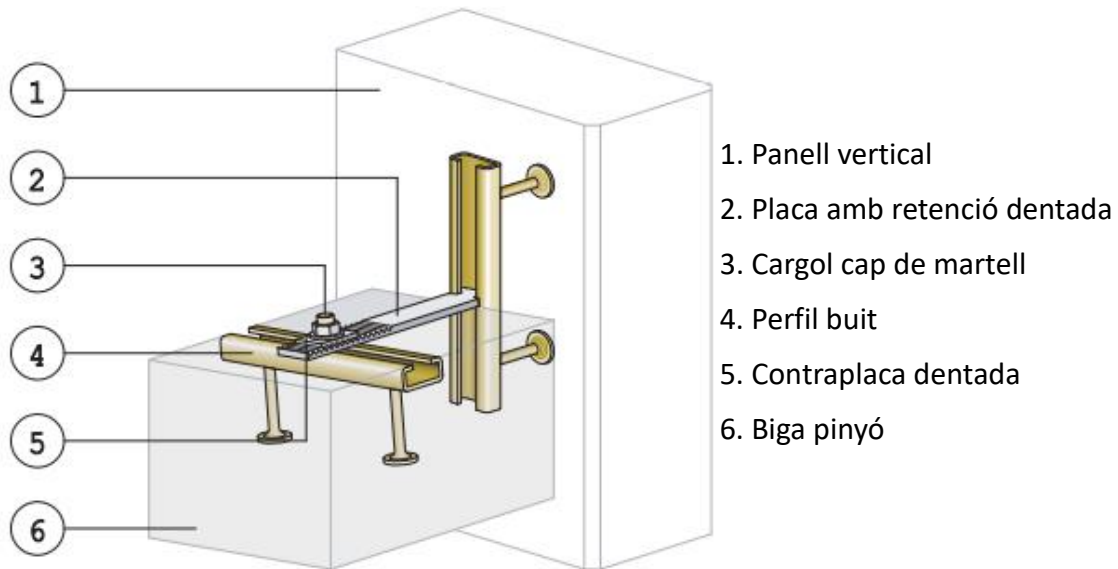


Figura 58: Detall recolzament del tancament vertical a la part superior d'una biga pinyó. (Font: "Catálogo técnico Trabis" [6])

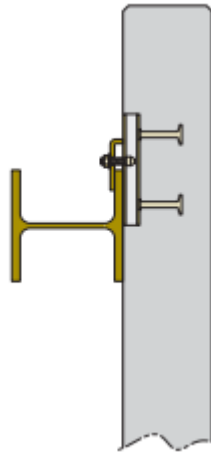


Figura 59: Detall recolzament del tancament vertical a la part central. (Font: "Catálogo técnico Trabis" [7])

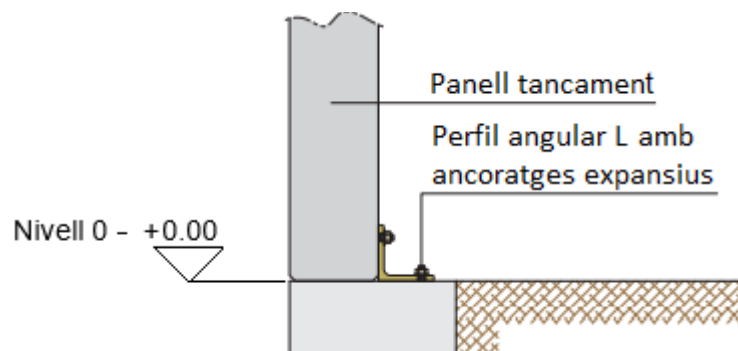


Figura 60: Detall recolzament del tancament vertical al nivell de cota 0. (Font: "Catálogo técnico Trabis" [8])

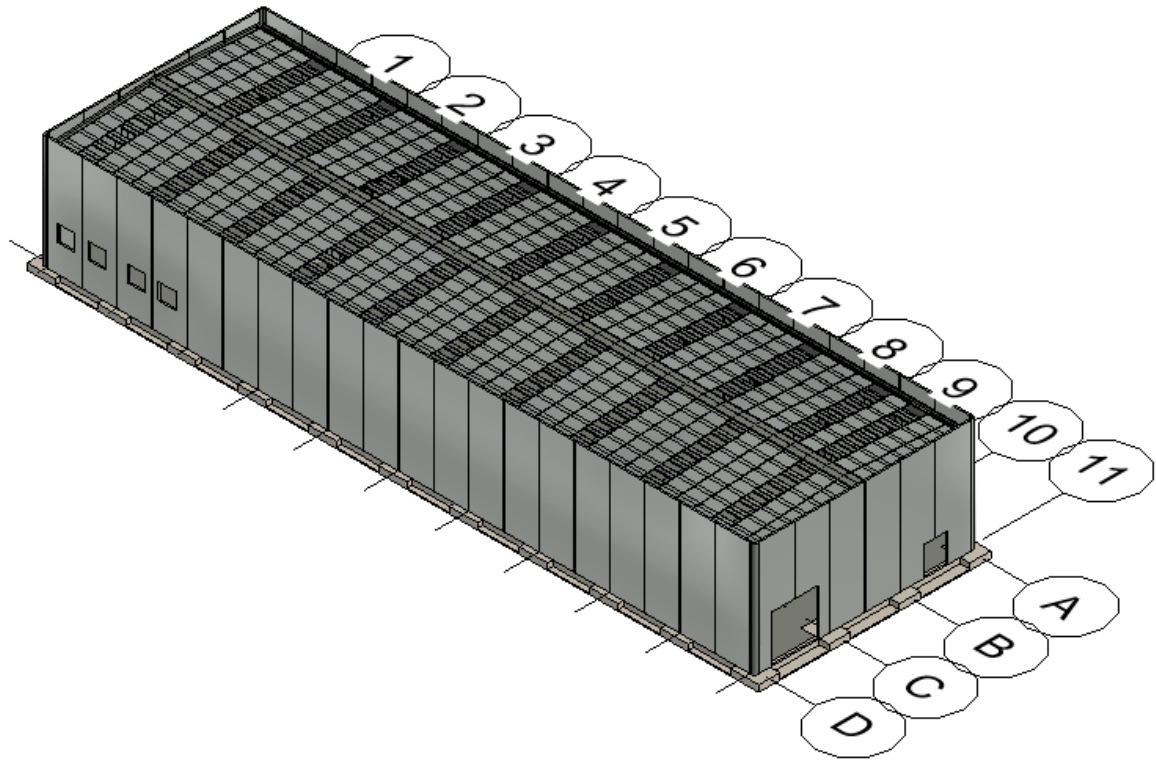


Figura 61: Imatge final de la nau d'elements prefabricats. (Font: "Revit")

3.1.2. Nau d'elements metàl·lics

Abans de començar a parlar sobre les etapes del muntatge d'una nau d'elements metàl·lics, cal diferenciar entre dos fases d'execució de la feina: la fabricació dels diferents elements al taller, que configuraran la nau metàl·lica i l'altre fase: el muntatge dels elements a l'obra.

Cal comentar que cada peça ja sigui una biga, una xapa metàl·lica, una part de forjat col·laborant, entre d'altres, han d'anar marcades ja sigui en forma de: forats, talls, etc.

Dit això, es procedeix a comentar les diferents etapes que ha de seguir una nau d'elements metàl·lics [44]:

3.1.2.1. Fonaments

Tal i com es pot observar en la següent imatge, els fonaments en quant a mesures que s'utilitzen per fer una sabata per naus d'elements metàl·lics, són bastant semblants que els utilitzats per naus d'elements prefabricats. Una de les diferències amb els fonaments de les naus prefabricades que es pot observar, consisteix en que a la base del pilar dels fonaments per naus metàl·liques hi ha armadures amb els seus cargols i femelles corresponents que s'introdueixen a la base de les fonamentacions:



Figura 62: Pletina pel fonament d'una estructura metàl·lica. (Font: "e-struc" [2])

Es comença per mostrar els passos per construir els fonaments de l'estructura metàl·lica:

1. Cal compactar bé el terreny abans de començar a construir els fonaments.
2. Es delimiten i marquen a on aniran els fonaments.

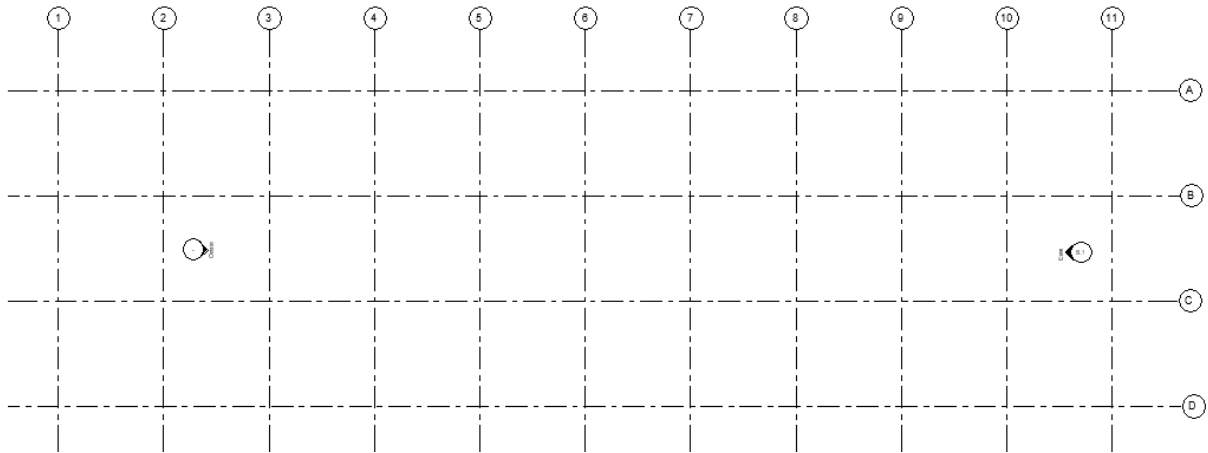


Figura 63: Delimitació d'eixos pels fonaments de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

3. S'excava l'àrea delimitada anteriorment amb l'ajuda de maquinària adequada per aquest tipus de tasca.
4. S'insereix formigó dins dels forats i es posen armadures amb rosca col·locades en forma de rectangle o de quadrat:

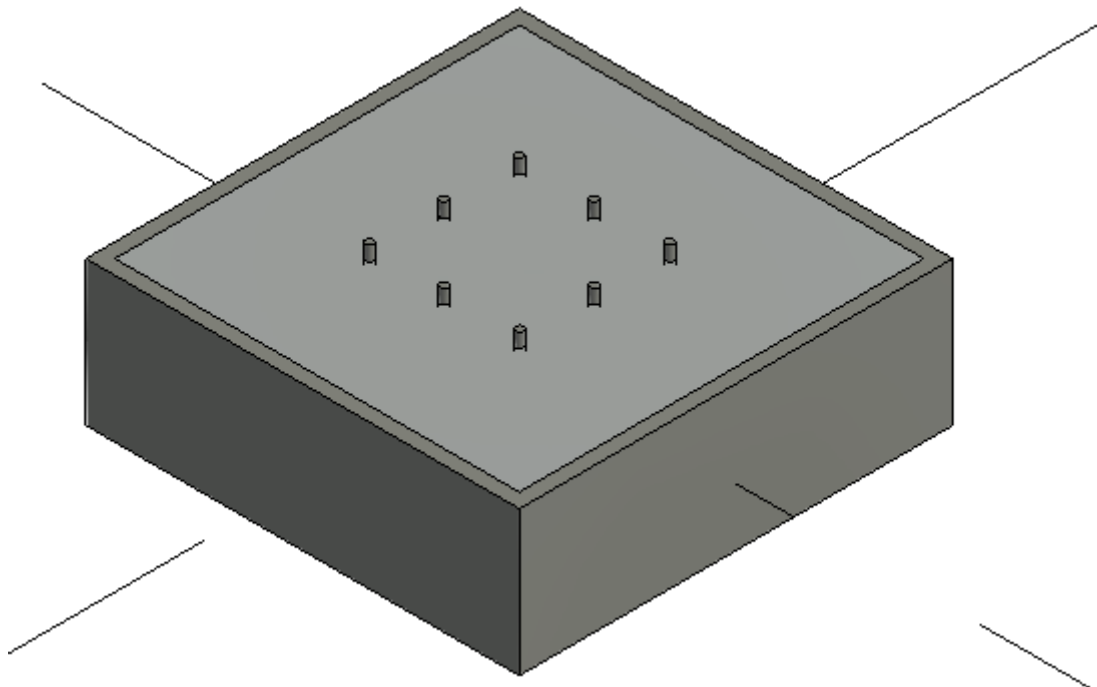


Figura 64: Armadures d'acer encastades d'un dels fonaments per les naus d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

Ja tenim el nostres fonaments construïts, procedim a construir els pilars.

3.1.2.2. Pilars

Els pilars d'acer, s'han de col·locar segons el procediment següent:

1. Primer de tot, caldrà comprovar les especificacions del material, les mesures del pilar, aspecte, entre d'altres, siguin les que configuren a la descripció del projecte i les mesures siguin les que indiquen els plànols de construcció.
2. Amb l'ajuda de maquinària s'alçarà el pilar d'acer i s'introduirà a la base del fonament del qual sortiran armadures d'acer per fixar la base del pilar.
3. Es cargolarà la base del pilar amb la base del fonament.
4. A posterior s'acabarà d'omplir el forat dels fonaments amb formigó.
5. Es deixa que el formigó acabi d'endurir-se.

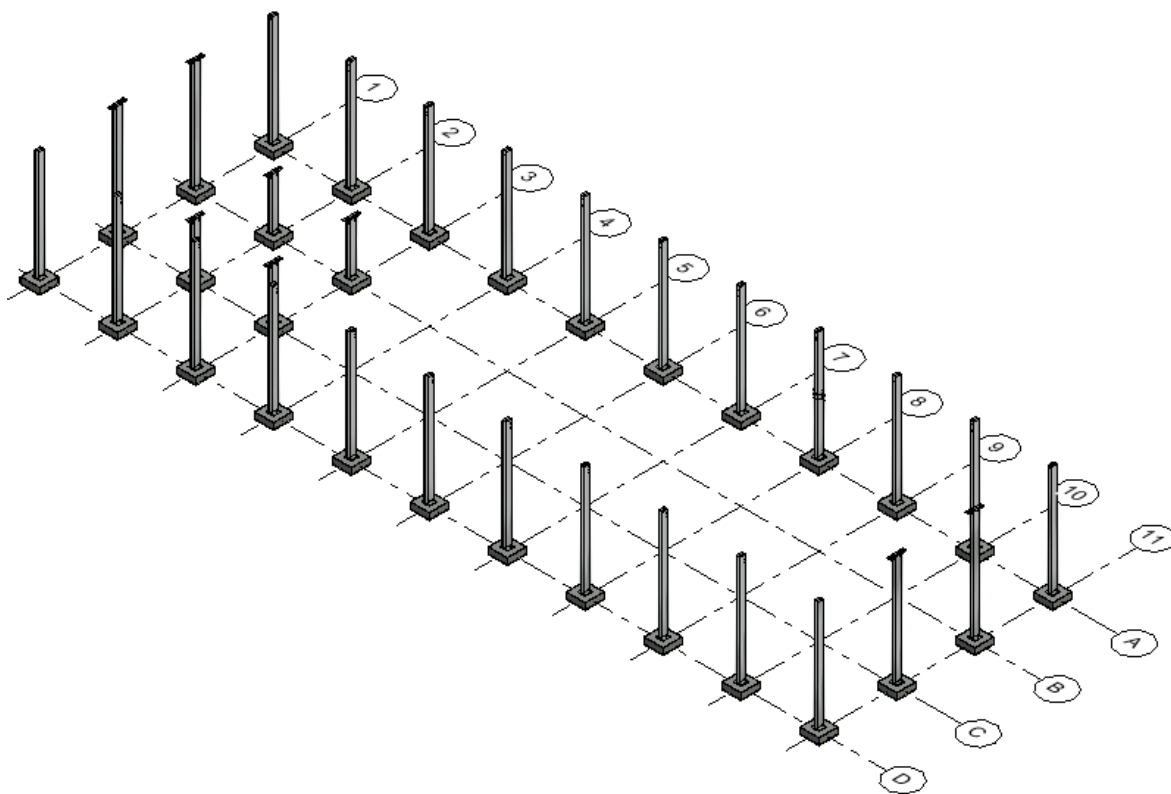


Figura 65: Imatge del posicionament dels pilars metàl·lics perfil HEB450 de la nau. (Font: "Revit")

Detalls dels pilars metàl·lics:

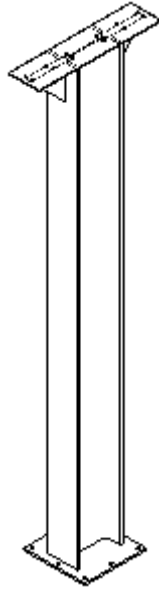


Figura 66: Pilar metàl·lic perfil HEB450 pel centre del forjat. (Font: "Revit")

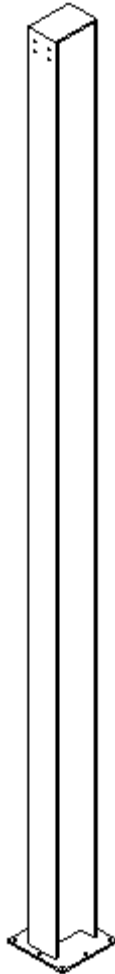


Figura 67: Pilars metàl·lics perfil HEB450 pels pilars que suporten una biga pinyó. (Font: "Revit")

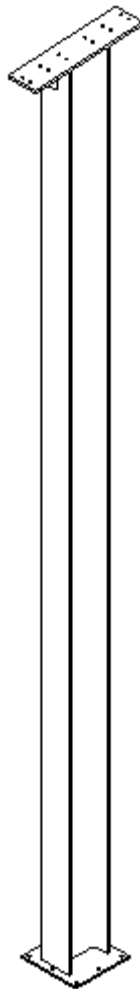


Figura 68: Pilar metàl·lic perfil HEB450 pels pilars centrals de la primera i última fila. (Font: "Revit")

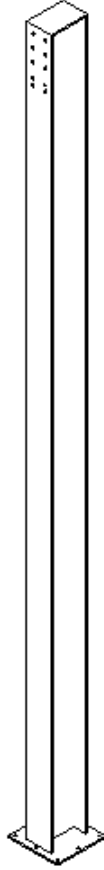


Figura 69: Pilar metàl·lic perfil HEB450 pels pilars exteriors. (Font: "Revit")

3.1.2.3. Forjats (forjat col·laborant)

El procediment per la col·locació del forjat col·laborant és el següent [10]:

1. Com sempre, cal comprovar que les especificacions del material coincideixin amb les del projecte i les dels plànols.

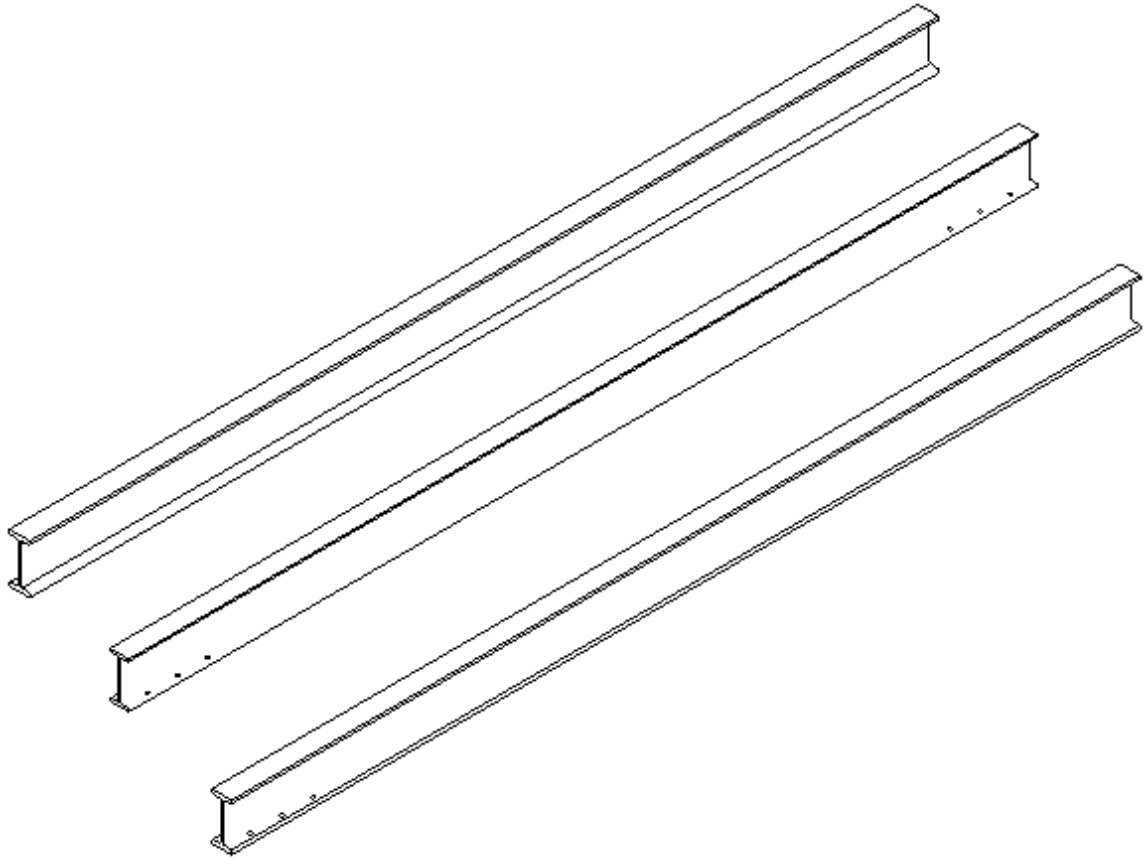


Figura 70: Detall bigues metàl·liques perfil IPN300 per la col·locació del forjat. (Font: "Revit")

2. Es col·loquen les bigues de suport, on a sobre es col·locarà el forjat col·laborant.

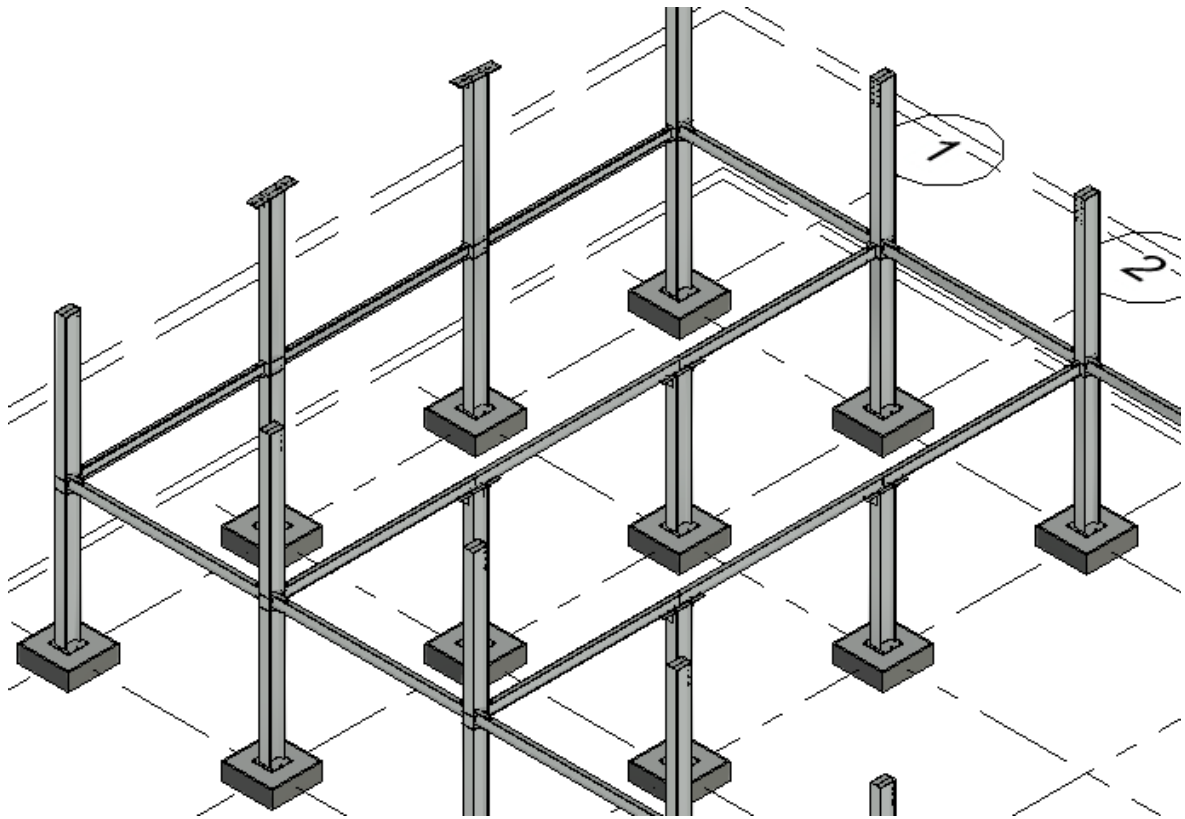


Figura 71: Col·locació de les bigues metàl·liques (IPN300) pel forjat col·laborant. (Font: "Revit")

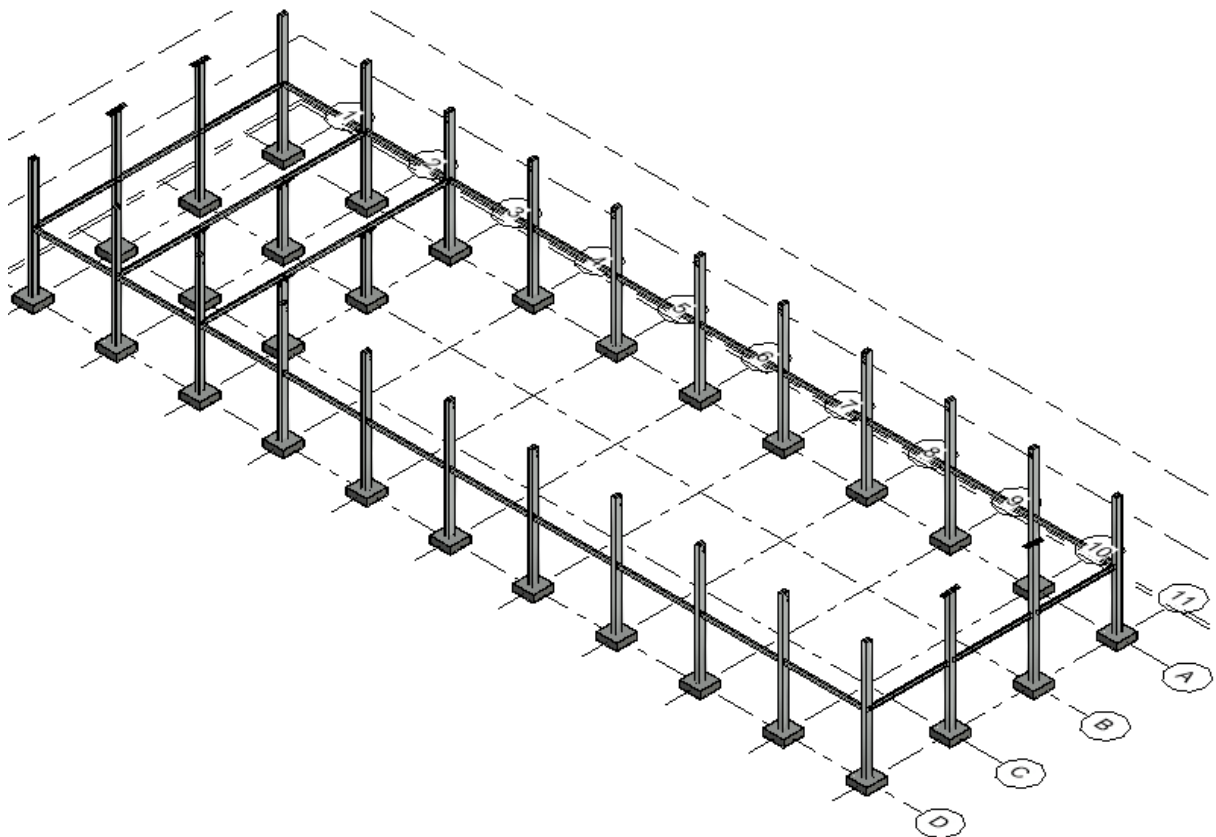


Figura 72: Col·locació de les bigues metàl·liques perfil IPN300 pels exteriors de la nau. (Font: "Revit")

3. Es solden les bigues metàl·liques amb els pilars.
4. S'alça una de les xapes de forjat col·laborant amb maquinària adequada per aquest tipus de tasques.

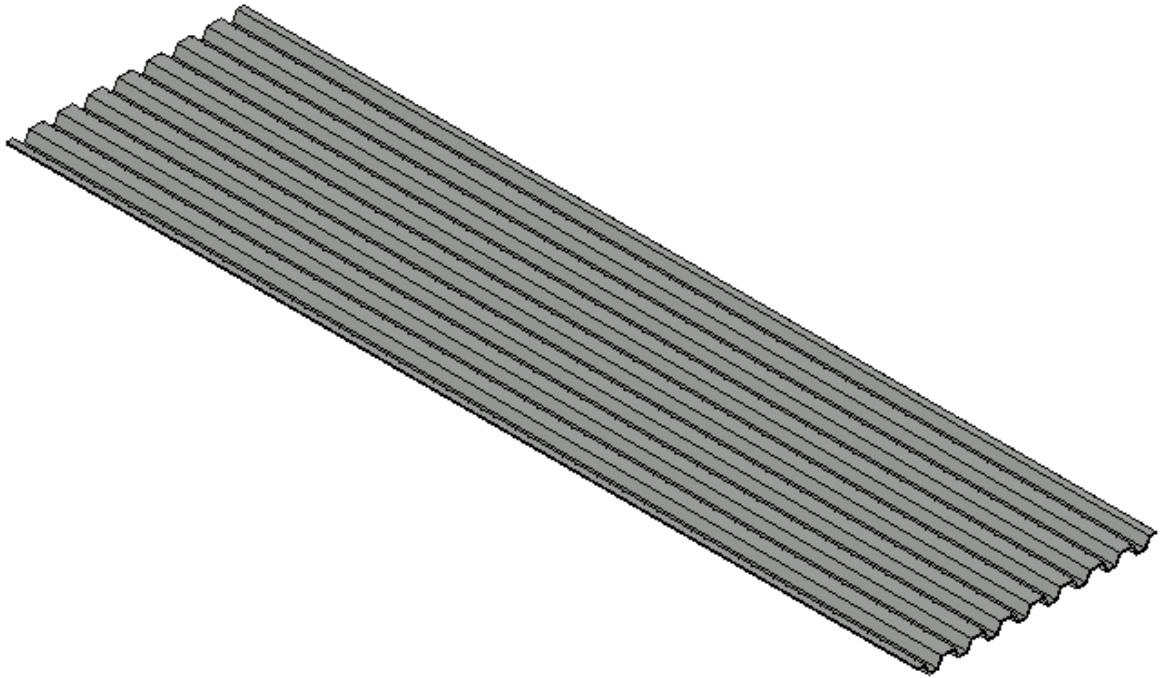


Figura 73: Detall xapa forjat col·laborant. (Font: "Revit")

5. S'inicia col·locant la xapa en una cantonada de la nau.
6. Fixem la xapa amb 2 punts de fixació per cada xapa, aquesta fixació es compon per cargols, femelles i volanderes. La xapa es fixa a les bigues de suport, col·locades anteriorment.

7. Es van col·locant les altres xapes solapant els nervis laterals de cada xapa amb la xapa anterior.

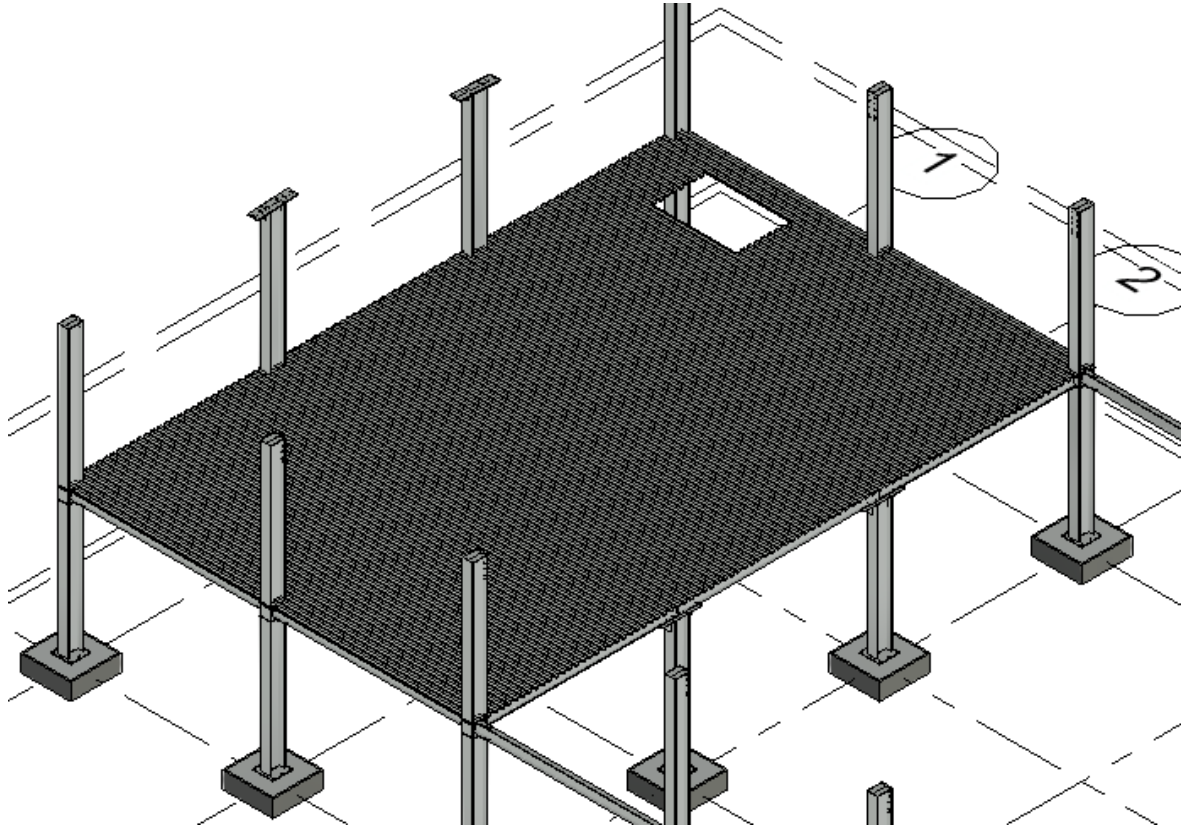


Figura 74: Col·locació de la xapa pel forjat col·laborant. (Font: "Revit")

8. A sobre de les xapes, s'hi afegeix l'armadura de l'enreixat del forjat.
9. Després es col·loca el mallat, tenint en compte l'orientació de la quadrícula.
10. Es col·loca l'armadura pels negatius.
11. Abans d'abocar el formigó, es rega la superfície de les xapes i de les armadures.
12. Aboquem formigó i a mesura d'anar-lo abocant, es procedeix a realitzar la vibració per tal d'aconseguir un material el més homogeni possible.
13. Es deixa que el formigó s'endureixi unes 72 hores.
14. Amb l'ajuda d'un nivell es comprova (cada 3 metres) si el formigó està ben anivellat.

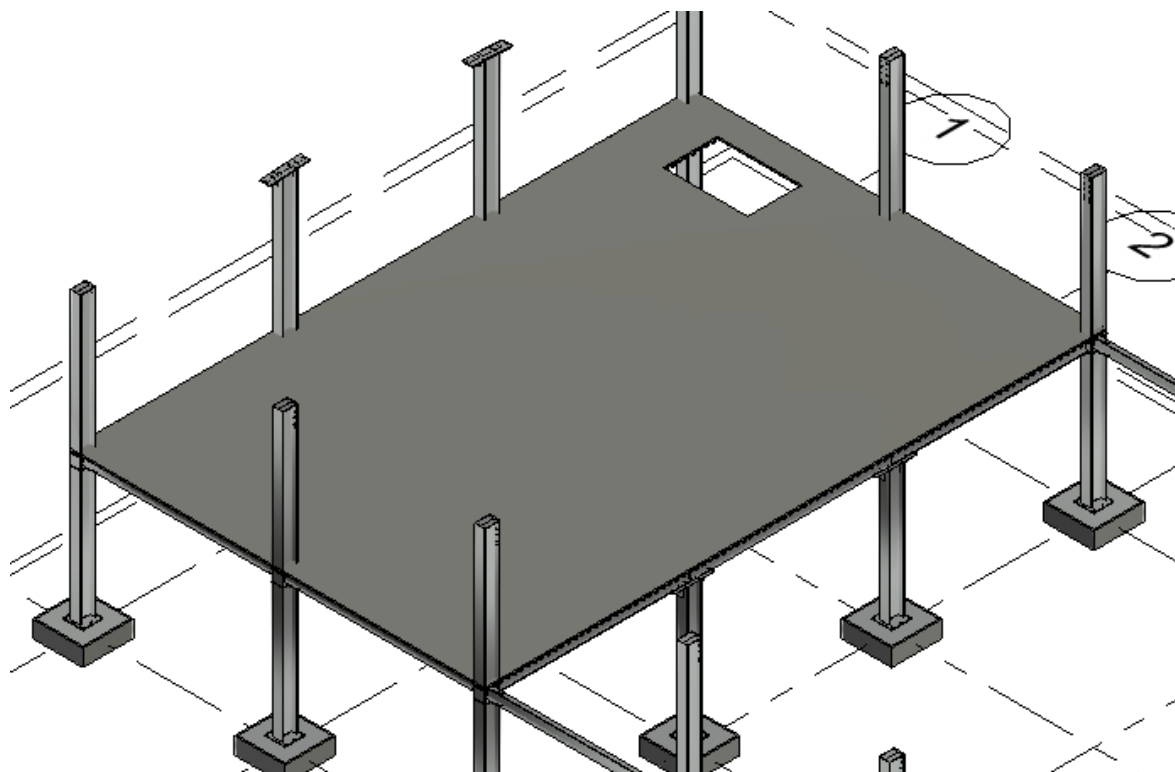


Figura 75: Col·locació del mallat i l'armadura i el formigó pel forjat col·laborant. (Font: "Revit")

Igual que passava amb les naus d'elements prefabricats, ha arribat l'hora de formar la solera de la nau (que podem tractar com a forjat):

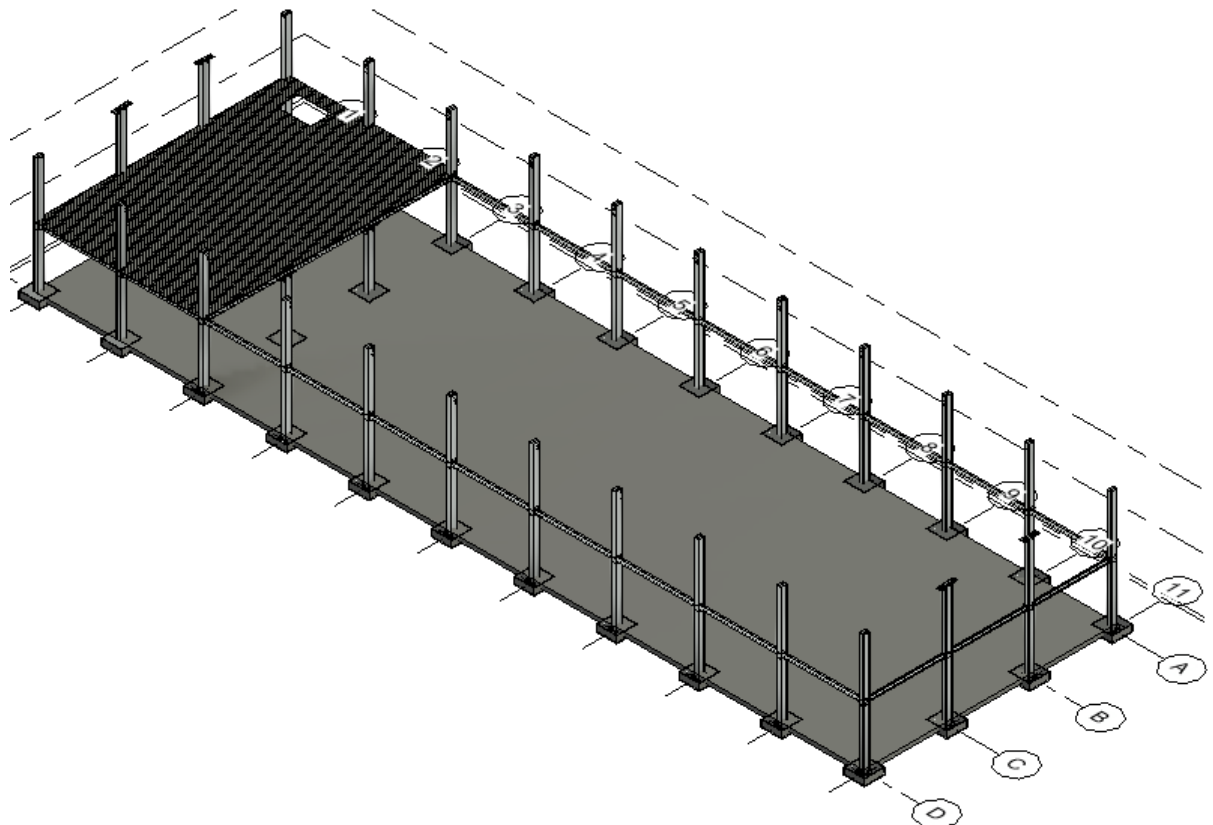


Figura 76: Col·locació de la solera de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

3.1.2.4. Coberta

El següent pas consisteix en instal·lar les cobertes metàl·liques a l'estructura de la nau industrial. Per això cal seguir els següents passos [23]:

1. Primer de tot, cal col·locar les bigues transversals de la nau.

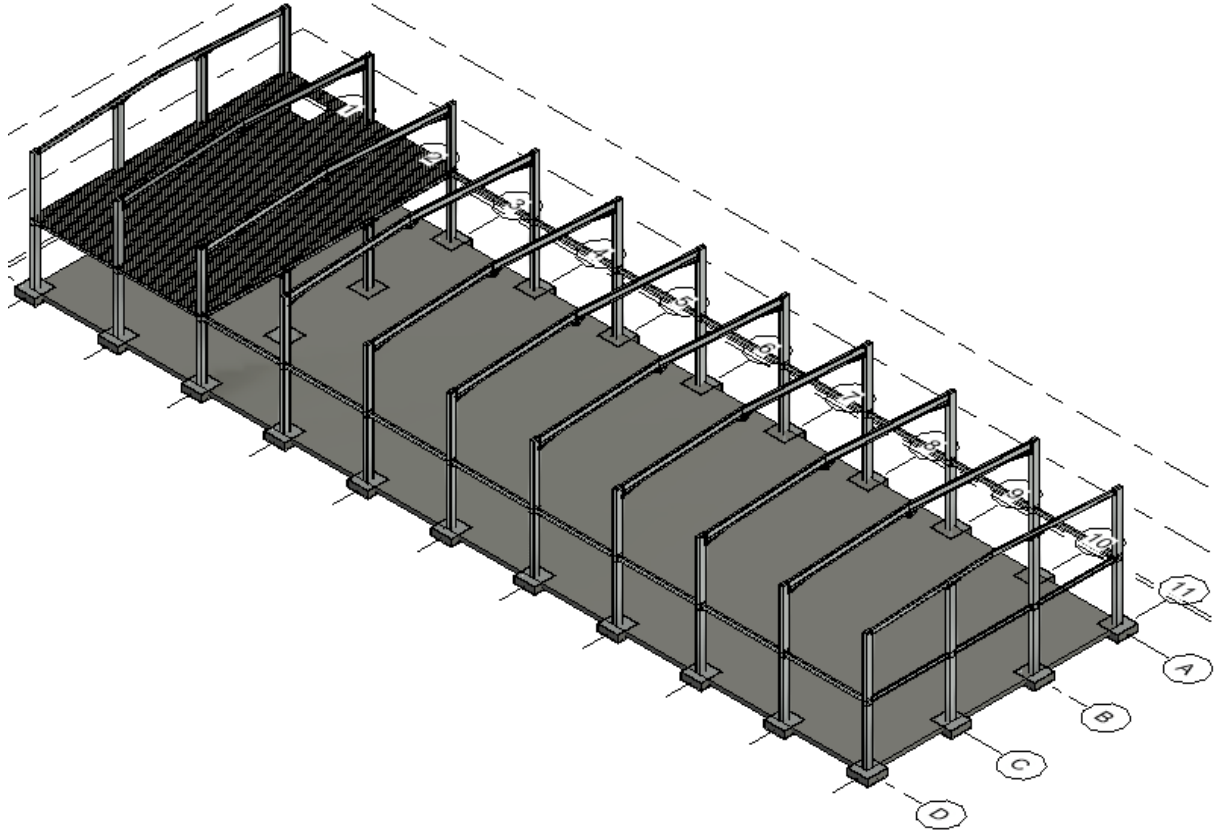


Figura 77: Col·locació de les bigues transversals de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

- Ara, cal col·locar les creus de Sant Andreu (entre la primera i la segona fila de pilars i la penúltima fila i la última fila).

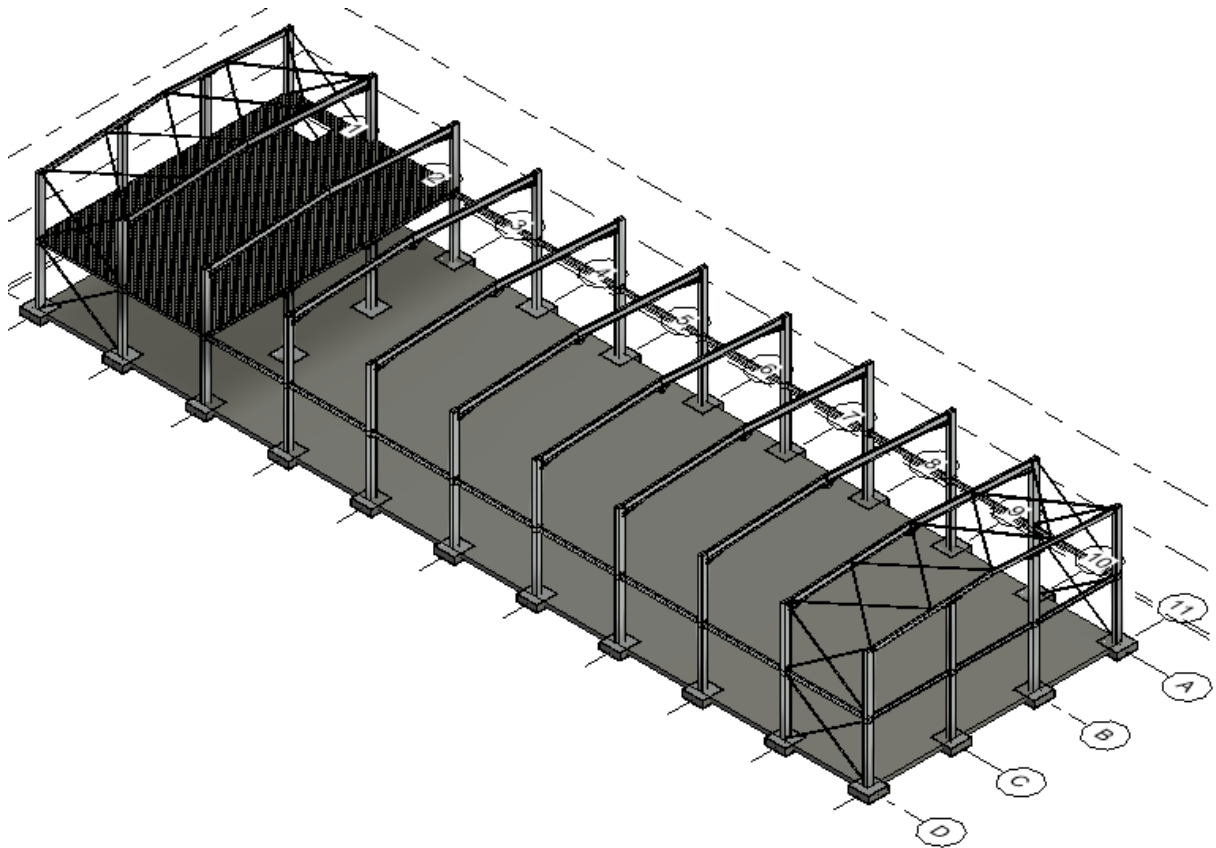


Figura 78: Col·locació de les creus de Sant Andreu per la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

3. Abans de construir la coberta s'assegurarà de que hi ha guies (biguetes) per tal de donar pendent a la coberta.

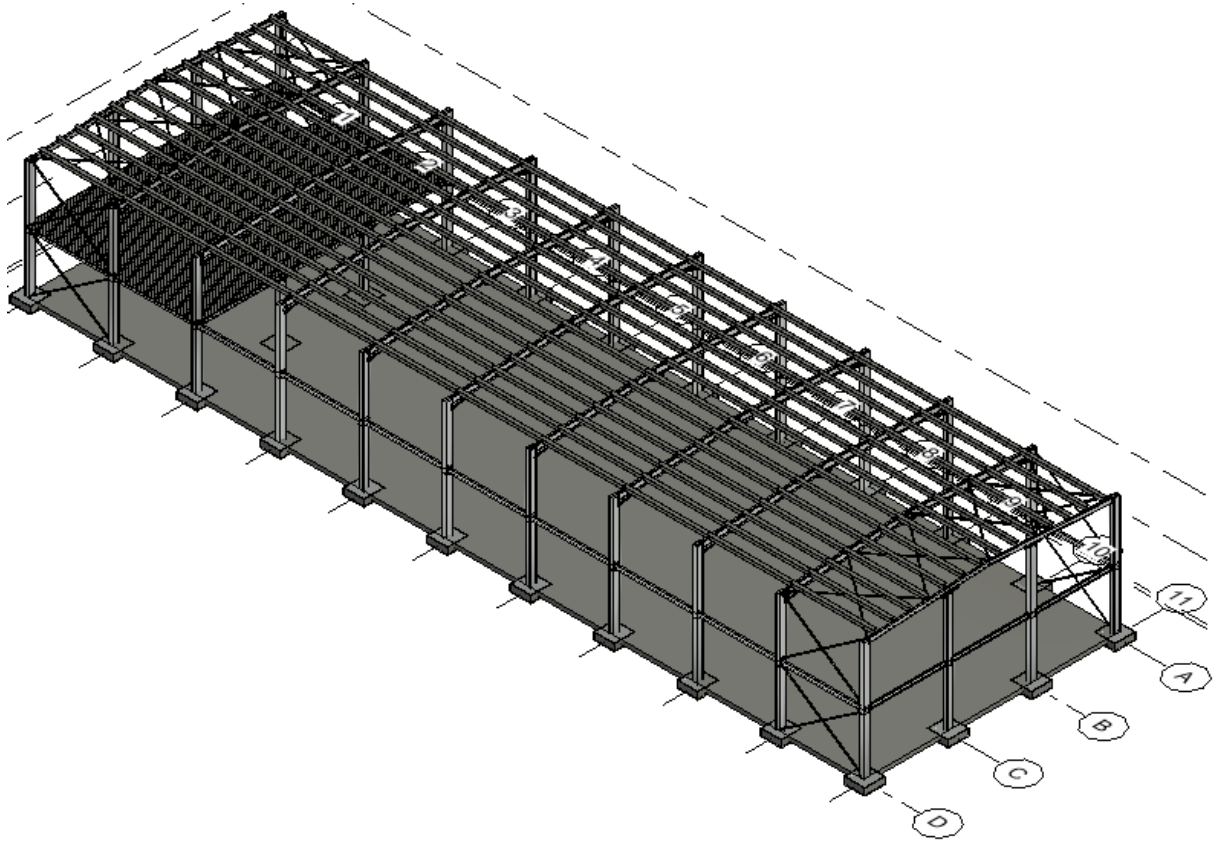


Figura 79: Col·locació de les biguetes per la coberta de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

- Ara, s'haurà d'instal·lar el canaló que recollirà l'aigua de pluja i conduirà l'aigua cap a l'exterior de la coberta i de la nau.

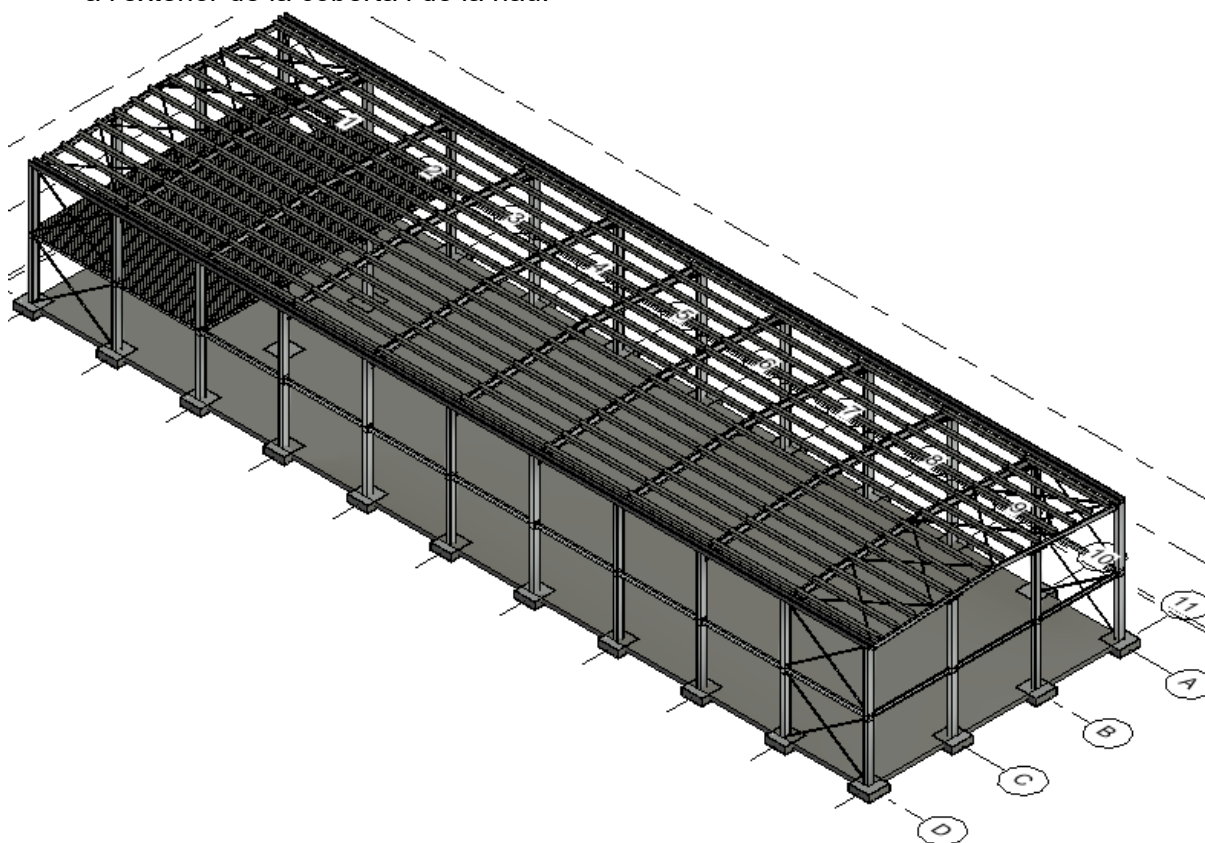


Figura 80: Instal·lació del canaló de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

- Es col·locarà el primer panell sandwich, per la part més baixa de la coberta. És important que quedi ben presentat a les guies de la coberta, ja que després servirà de referència pels altres panells.
- Es marcaran les posicions on s'ha de foradar el panell, tant de la part inferior i superior del panell.
- Es procedeix a foradar i a cargolar la part superior del panell amb les guies de la coberta, seguit de la part inferior del panell.

8. Es col·loquen els altres panells i es fixen seguint els punts 3 i 4.

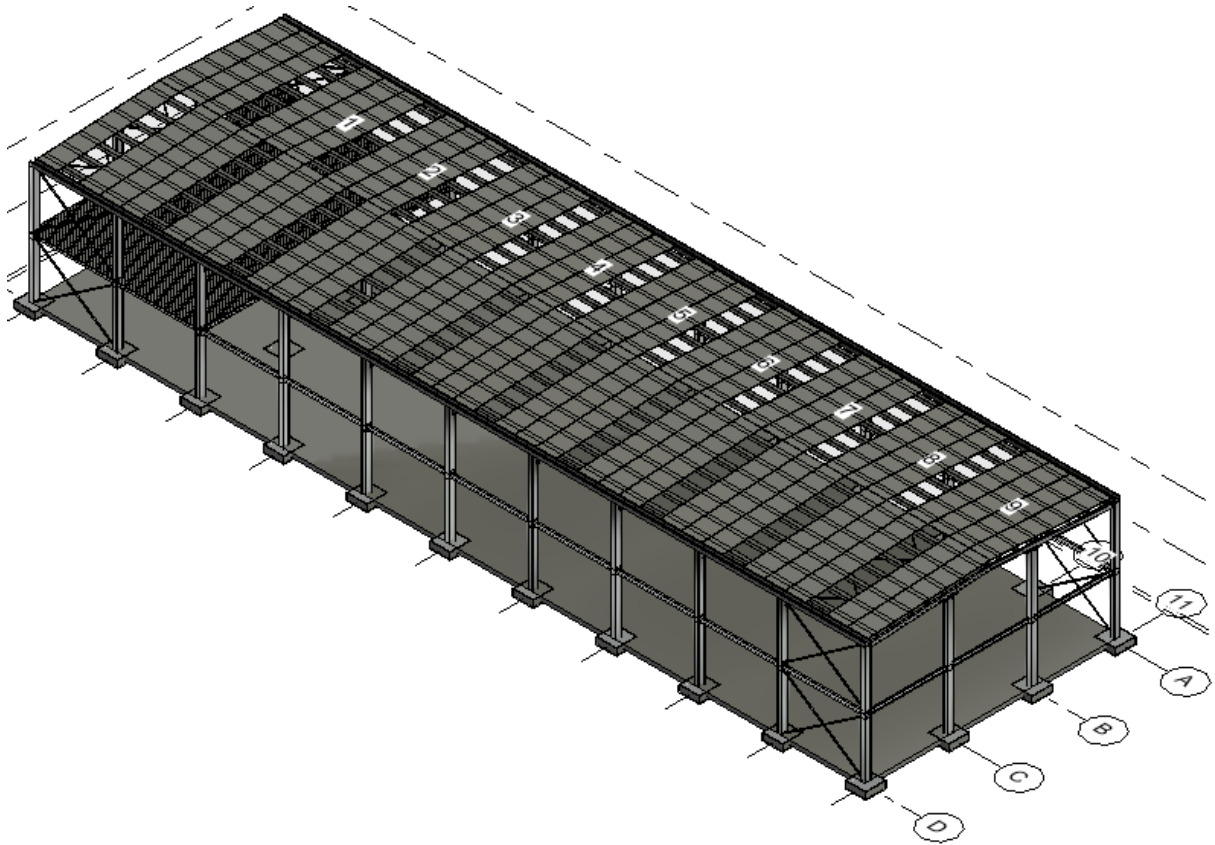


Figura 81: Col·locació dels panells sandwich per la coberta de la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

9. A continuació, e posen les peces d'acabament per finalitzar la col·locació dels panells.

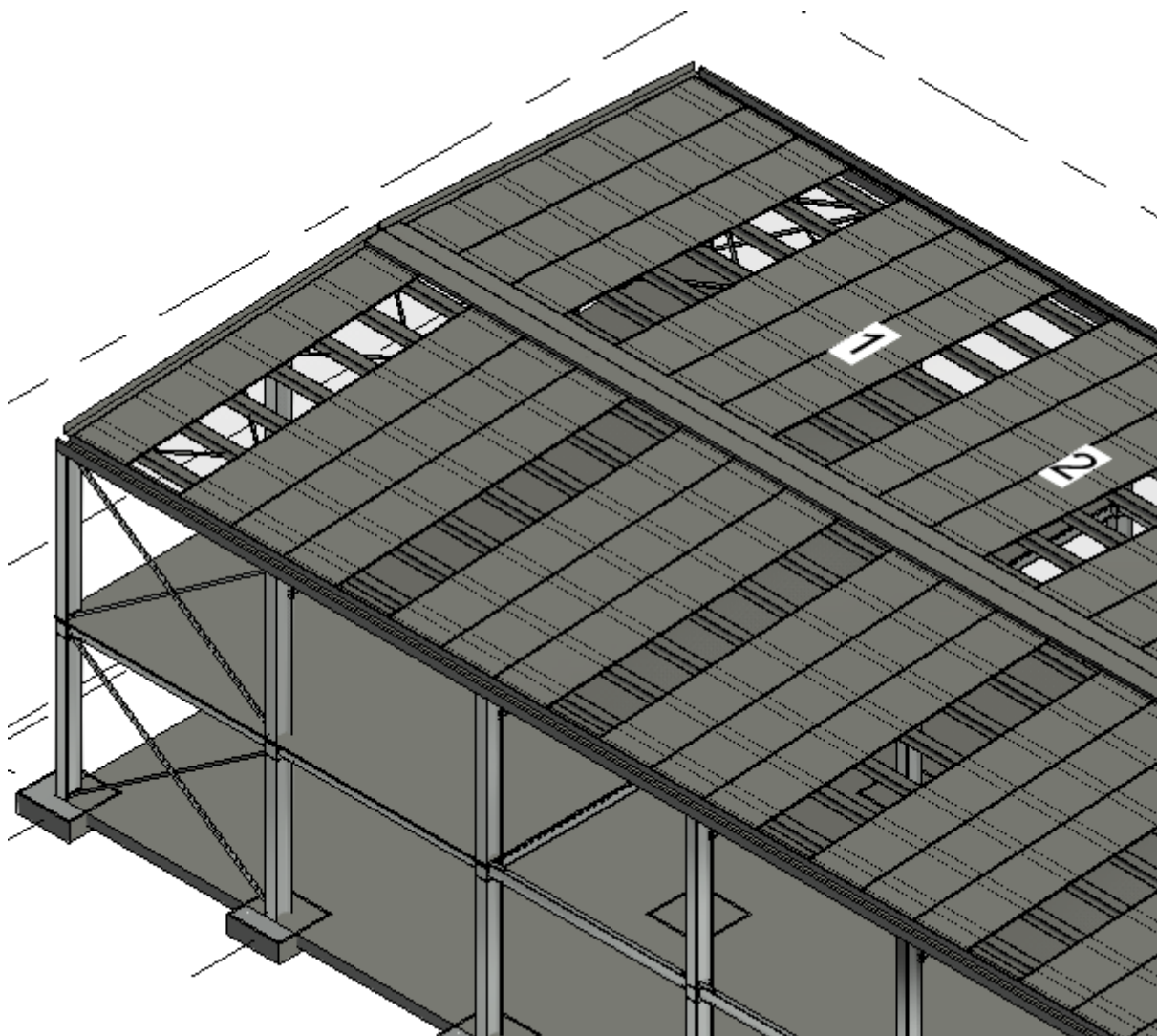


Figura 82: Col·locació del remat de carener, els lluernaris i les juntes entre plaques Sandwich.
(Font: "Revit")

10. Per acabar, es segellaran les juntes entre les plaques i els caps dels cargols prèviament col·locats.

3.1.2.5. Façanes

Quan la coberta ja s'ha instal·lat correctament, queda col·locar la façana de la nau. Els passos a seguir per col·locar la façana són els següents [46]:

1. Comprovar que els panells de xapa metàl·lica que arriben a l'obra, estiguin en bones condicions i les mides que indiquen els plànols.
2. S'alça el panell amb maquinària especial.
3. S'instal·la la primera filera dels panells superiors de la façana.
4. Es fixen els panells amb 4 cargols (situats al centre del panell).
5. Es repeteix el procediment (passos 2, 3 i 4) pels panells inferiors, assegurant que encaixen amb els panells superiors.
6. Quan s'arriba a col·locar els panells de la part més baixa de la façana, s'haurà d'instal·lar una banda de remat que anirà fixada sobre un perfil d'acer galvanitzat i col·locar la última filera de panells.
7. Es plegarà la banda de remat i per l'exterior de la part central, s'haurà de preveure deixar un espai per foradar el panell.

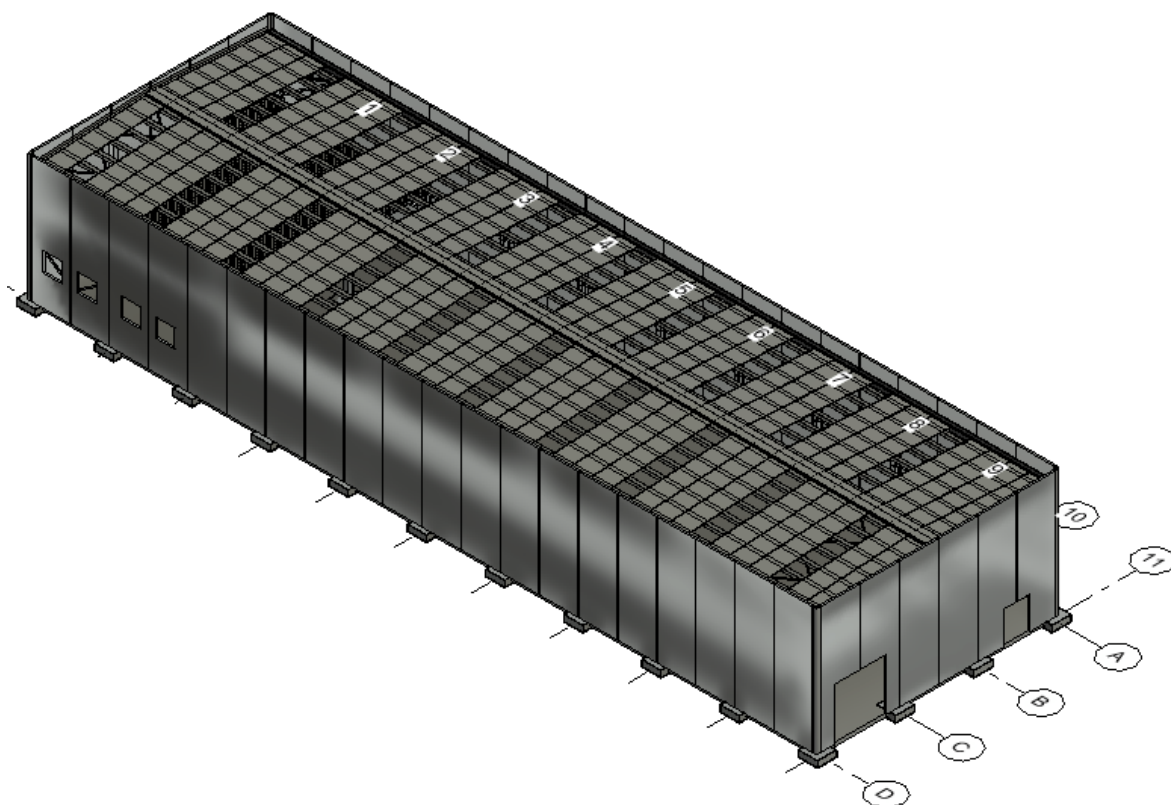


Figura 83: Col·locació dels panells de tancament per la nau d'elements metàl·lics. (Font: "Revit")

Detalls de les unions dels panells de tancament amb els elements estructurals de la nau:

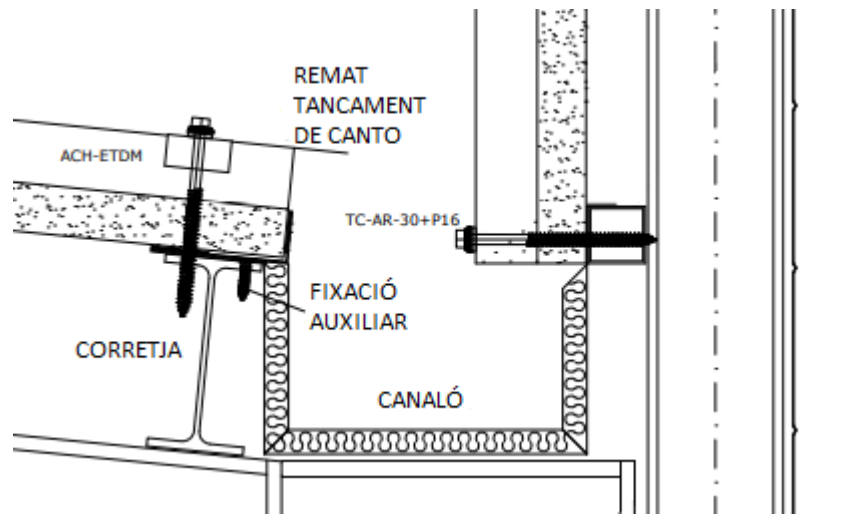
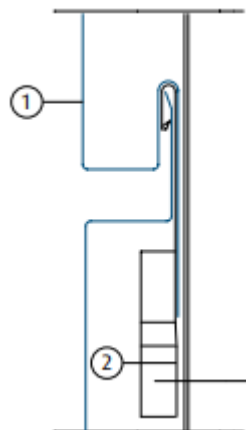


Figura 84: Detall recolzament del tancament metàl·lic a la part superior. (Font: "Paneles Ach" [36])



- 1. Panell de façana horitzontal
- 2. Pota de fixació

Figura 85: Detall recolzament del tancament metàl·lic entre panells. (Font: "VM Zinc" [46])

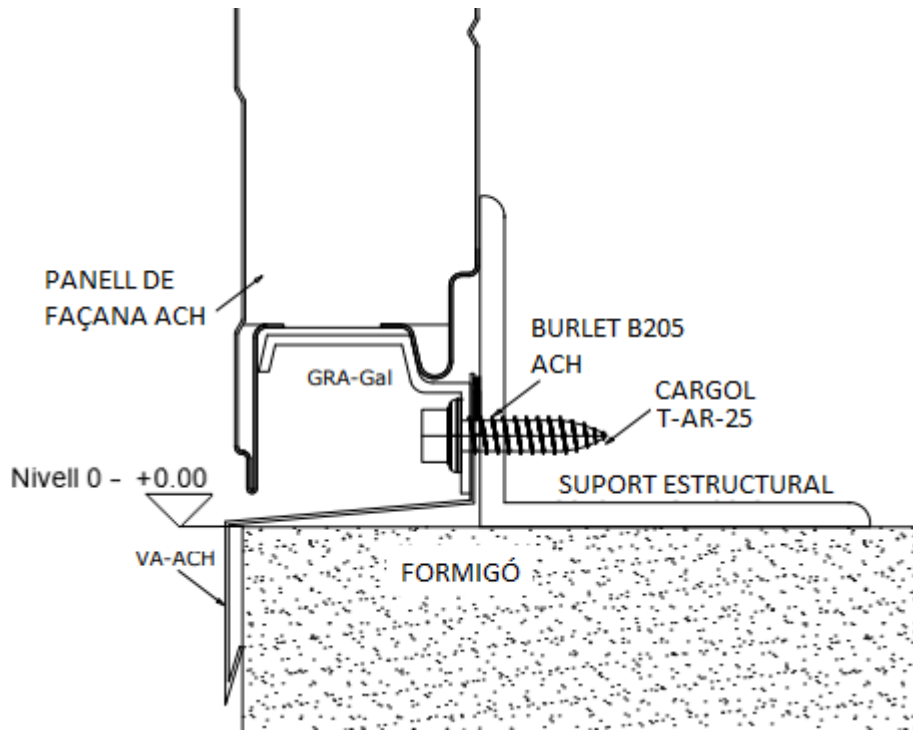


Figura 86: Detall recolzament del tancament metàl·lic al nivell de cota 0. (Font: "Paneles Ach" [37])

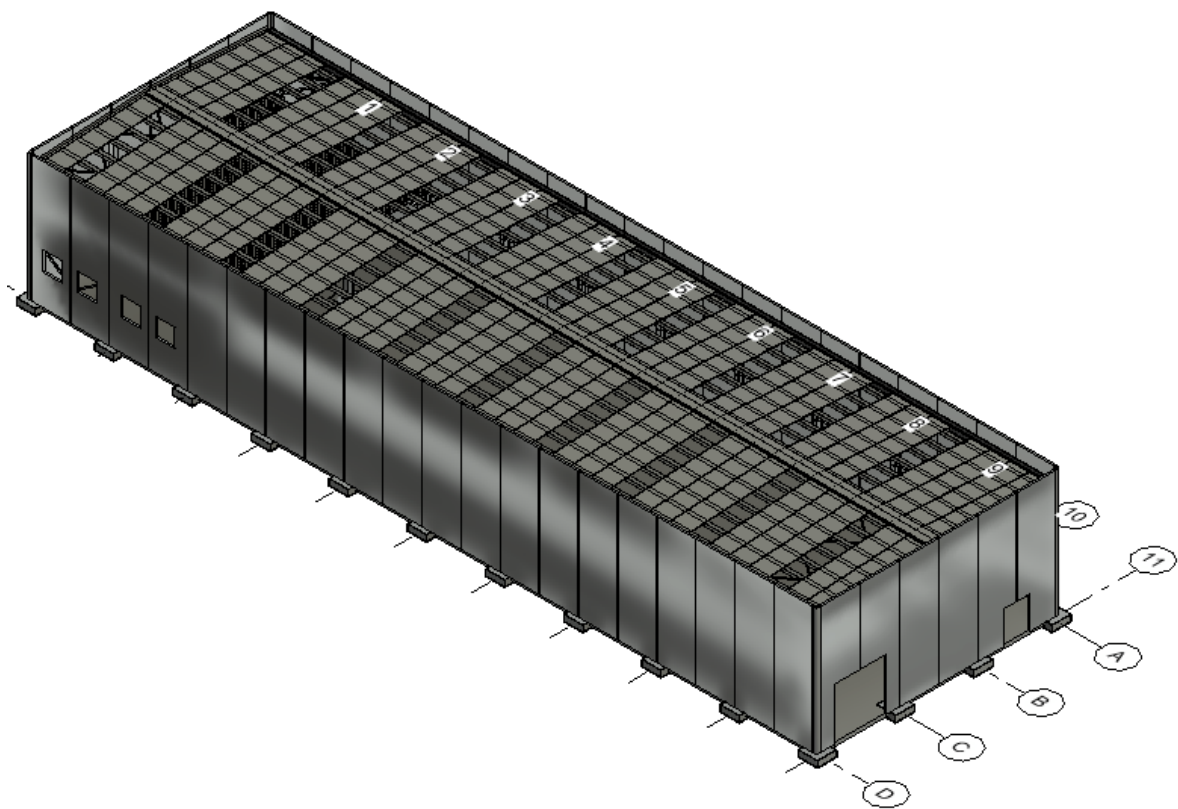


Figura 87: Imatge final de la nau d'elements prefabricats. (Font: "Revit")

3.2. ESTAT D'AMIDAMENTS

Aquest subcapítol te com a objectiu informar de quines han estat les mides de tots els elements que formen part de la nau d'elements prefabricats (obra número 1) i la nau d'elements metàl·lics (obra número 2).

Cada element, estarà associat a una part de la construcció de la nau i tindrà un codi diferent a la resta dels elements, també constarà una petita descripció de l'element en qüestió (mides, detalls de l'element, etc), les unitats que es mesura cada element i per acabar un nombre amb dos decimals que ens donarà una referencia numèrica sobre l'amidament.

Primer es donaran dades dels elements per la nau d'elements prefabricats i després es passarà a la nau d'elements metàl·lics.

3.2.1. Nau d'elements prefabricats

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	01	Desbrossat de la parcel·la	
Subcapítol	01	Desbrossat	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.1.1.1	m ³	Retirament de la capa de terra vegetal present a la parcel·la.	512,00
1.1.1.2	m ²	Neteja de la parcel·la, anivellació i explanació.	1.280,00
1.1.1.3	m ²	Compactació del terreny de la zona desbrossada.	1.280,00
1.1.1.4	m ³	Transport dels residus al punt autoritzat per la gestió dels mateixos.	512,00

Taula 2: Taula de l'estat d'amidaments del desbrossat de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	02	Fonamentació de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	01	Sabates i calzes	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.2.1.1	m ³	Abocament del formigó de neteja, suposant que el formigó de neteja té una densitat propera als 2000 kg/m ³ .	40,61
1.2.1.2	m ³	Abocament del formigó dins dels calzes, suposant que el formigó té una densitat propera als 2500 kg/m ³ .	36,45
1.2.1.3	m ²	Col·locació dels encofrats per donar la forma a les sabates riostrades i als fonaments (suposem unes fustes d'una alçada de 50 cm i 26 mm de gruix).	432,30
1.2.1.4	m ²	Col·locació del mallat (15 x 15 mm i de 8 mm de diàmetre).	121,50

Taula 3: Taula de l'estat d'amidaments de la fonamentació de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	03	Construcció dels pilars de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	01	Elements verticals	
<hr/>			
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.3.1.1	Ut	Subministrament i col·locació dels pilars prefabricats pel centre del forjat, de 4,00 metres d'alçada.	4,00
1.3.1.2	Ut	Subministrament i col·locació dels pilars prefabricats per les bigues pinyons cecs, de 8,00 metres d'alçada.	4,00
1.3.1.3	Ut	Subministrament i col·locació dels pilars prefabricats per les bigues pinyons passants, de 8,33 metres d'alçada.	4,00
1.3.1.4	Ut	Subministrament i col·locació dels pilars prefabricats per les bigues deltes cegues (zona forjat), de 8,00 metres d'alçada.	4,00
1.3.1.5	Ut	Subministrament i col·locació dels pilars prefabricats per les bigues deltes cegues (zona no forjat), de 8,00 metres d'alçada.	14,00

Taula 4: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels pilars de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	04	Construcció del forjat de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	01	Forjat nivell 1	
<hr/>			
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.4.1.1	kg	Col·locació de les bigues prefabricades entre les mènsules dels pilars, suposant que la densitat del formigó és de 2500 kg/m ³ .	57.599,06
1.4.1.2	m ²	Instal·lació de les plaques alveolars de 30 cm d'alçada que configuren el forjat.	228,53
1.4.1.3	m ²	Col·locació del mallat (15 x 15 mm i de 8 mm de diàmetre) pel forjat de placa alveolar.	228,53
1.4.1.4	kg	Abocament del formigó per la capa d'anivellació del forjat, suposant que la densitat del formigó és d'uns 2500 kg/m ³	28.566,25

Taula 5: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció del forjat (nivell 1) de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	04	Construcció del forjat de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	02	Solera	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.4.2.1	m ³	Abocament del formigó per la solera de la nau.	337,31
1.4.2.2	m ²	Col·locació del mallat (15 x 15 mm i de 8 mm de diàmetre).	1.124,37

Taula 6: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció de la solera de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	05	Construcció de la coberta de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	01	Elements de la coberta	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.5.1.1	Ut	Subministrament de les bigues transversals prefabricades de 5,40 metres, recolzades sobre els pilars.	12,00
1.5.1.2	Ut	Subministrament de les bigues transversals prefabricades de 5,55 metres, recolzades sobre els pilars	20,00
1.5.1.3	m	Posicionament de les bandes elàstiques (entre mènsula i biga).	16,20
1.5.1.4	Ut	Subministrament de les biguetes prefabricades, de 6,00 metres de longitud.	140,00
1.5.1.5	m	Instal·lació del canaló prefabricat.	120,90
1.5.1.6	m ²	Instal·lació dels panells sandwich.	803,34
1.5.1.7	m ²	Instal·lació dels lluernaris.	250,22

Taula 7: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels elements de la coberta de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	05	Construcció de la coberta de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	02	Acabats	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.5.2.1	Ut	Col·locació dels tapajuntes (en forma "d'U"), de 9 metres de llargada entre els panells sandwich.	78,00
1.5.2.2	m ²	Impermeabilització dels costats curts de la coberta.	15,88
1.5.2.3	m	Instal·lació del remat de carener.	60,45
1.5.2.4	m	Instal·lació de l'evacuació d'aigua (tub de 10 cm de diàmetre extern i de 9,5 cm de diàmetre intern).	33,87

Taula 8: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels acabats de la coberta de la nau d'elements prefabricats.

Nre. d'obra	01	Nau d'elements prefabricats	
Capítol	06	Construcció de la façana de la nau d'elements prefabricats	
Subcapítol	01	Elements de la façana	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
1.6.1.1	m ²	Col·locació dels panells sandwich de 150 mm de gruix per tota la façana (s'inclouen els accessoris necessaris per fer la fixació, la instal·lació dels panells sandwich amb l'estructura de la nau i els talls necessaris per la instal·lació de portes i finestres).	1.513,20
1.6.1.2	m ²	Col·locació de les peces de 150 mm de gruix en forma "d'L" amb el cantell exterior arrodonit per les cantonades de la façana	3,77

Taula 9: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció de la façana de la nau d'elements prefabricats.

3.2.2. Nau d'elements metàl·lics

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	01	Desbrossat de la parcel·la	
Subcapítol	01	Desbrossat	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.1.1.1	m ³	Retirament de la capa de terra vegetal present a la parcel·la.	512,00
2.1.1.2	m ²	Neteja de la parcel·la, anivellació i explanació.	1.280,00
2.1.1.3	m ²	Compactació del terreny de la zona desbrossada.	1.280,00
2.1.1.4	m ³	Transport dels residus al punt autoritzat per la gestió dels mateixos.	512,00

Taula 10: Taula de l'estat d'amidaments del desbrossat de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	02	Fonamentació de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	01	Fonaments	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.2.1.1	kg	Col·locació de les armadures de 28 mm de diàmetre amb rosca, unides als fonament si roscades a la base dels pilars.	240,00
2.2.1.2	m ³	Abocament del formigó per acabar d'omplir l'espai entre la base del pilar i els fonaments, suposant que la densitat del formigó és de 2500 kg/m ³ .	17,64

Taula 11: Taula de l'estat d'amidaments de la fonamentació de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	03	Construcció dels pilars de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	01	Elements verticals	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.3.1.1	kg	Posicionament dels pilars metàl·lics de perfil HEB450 (centre forjat).	2.987,52
2.3.1.2	kg	Posicionament dels pilars metàl·lics de perfil HEB450 (exterior de la fila 2 a la 10, incloses).	27.114,84
2.3.1.3	kg	Posicionament dels pilars metàl·lics de perfil HEB450 (exterior fila 1 i fila 11).	6.065,52
2.3.1.4	kg	Posicionament dels pilars metàl·lics de perfil HEB450 (cantonades).	6.025,52

Taula 12: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels pilars de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	04	Construcció del forjat de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	01	Forjat nivell 1	
<hr/>			
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.4.1.1	kg	Col·locació de les bigues perfil IPN300.	10.244,88
2.4.1.2	m ²	Instal·lació de la xapa pel forjat col·laborant.	226,94
2.4.1.3	m ²	Col·locació del mallat (15 x 15 mm i de 8 mm de diàmetre) pel forjat de placa alveolar.	226,94
2.4.1.4	kg	Abocament del formigó per la capa d'anivellació del forjat, suposant que la densitat del formigó és de 2500 kg/m ³	28.566,25

Taula 13: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció del forjat (nivell 1) de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	04	Construcció del forjat de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	02	Solera	
<hr/>			
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.4.2.1	m ³	Abocament del formigó per la solera de la nau.	337,31
2.4.2.2	m ²	Col·locació del mallat (15 x 15 mm i de 8 mm de diàmetre).	1.124,37

Taula 14: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció de la solera de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	05	Construcció de la coberta de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	01	Elements de la coberta	
<hr/>			
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.5.1.1	kg	Col·locació de les bigues metàl·liques perfil IPN300, pel primer i últim pòrtic de la nau d'elements metàl·lics.	1.909,26
2.5.1.2	kg	Col·locació de les bigues metàl·liques perfil IPN500, per la resta de pòrtics de la nau d'elements metàl·lics.	22.386,89
2.5.1.3	kg	Col·locació de les biguetes metàl·liques perfil IPN260.	35.196,00
2.5.1.4	kg	Col·locació de les creus de Sant Andreu perfil L 100.8 pels primers i últims trams de pòrtics.	2.789,54
2.5.1.5	m	Instal·lació del canaló.	120,90
2.5.1.6	m ²	Instal·lació dels panells metàl·lics.	803,34
2.5.1.7	m ²	Instal·lació dels lluernaris.	250,22

Taula 15: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels elements de la coberta de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	05	Construcció de la coberta de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	02	Acabats	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.5.2.1	Ut	Col·locació dels tapajunts (en forma "d'U"), de 9 metres de llargada entre els panells sandwich.	78,00
2.5.2.2	m ²	Impermeabilització dels costats curts de la coberta.	15,88
2.5.2.3	m	Instal·lació del remat de carener.	60,45
2.5.2.4	m	Instal·lació de l'evacuació d'aigua (tub de 10 cm de diàmetre extern i de 9,5 cm de diàmetre intern).	34,47

Taula 16: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció dels acabats de la coberta de la nau d'elements metàl·lics.

Nre. d'obra	02	Nau d'elements metàl·lics	
Capítol	06	Construcció de la façana de la nau d'elements metàl·lics	
Subcapítol	01	Elements de la façana	
Núm. ref.	Unitat	Descripció	Amidament
2.6.1.1	m ²	Col·locació dels panells sandwich de 150 mm de gruix per tota la façana (s'inclouen els accessoris necessaris per fer la fixació, la instal·lació dels panells sandwich amb l'estructura de la nau i els talls necessaris per la instal·lació de portes i finestres).	1.513,20
2.6.1.2	m ²	Col·locació de les peces de 150 mm de gruix en forma "d'L" amb el cantell exterior arrodonit per les cantonades de la façana	3,77

Taula 17: Taula de l'estat d'amidaments de la construcció de la façana de la nau d'elements metàl·lics.

3.3. DIAGRAMA TEMPORAL EXECUCIÓ DEL MUNTATGE

En el món de la construcció, portar una planificació al dia és fonamental per tal de poder evitar retards i/o sobre-costos produïts per una mala gestió de la duració de les diferents etapes que s'han de satisfer per dur a terme el projecte d'una nau industrial. Com aquest TFG tracta de dues naus de tipologies diferents, es veurà quin és l'ordre i la temporalitat que segueixen aquests elements a l'hora de construir una nau.

El diagrama de Gantt per la nau d'elements prefabricats, es podrà trobar a l'annex B dels documents del TFG i el diagrama de Gantt de la nau d'elements metàl·lics, es trobarà a l'annex C.

4. DIFERÈNCIES I SIMILITUDS ENTRE LES TIPOLOGIES DE NAUS DISSENYADES

En aquest TFG, no s'escollirà ni es debatrà sobre quina és la millor solució proposada ja que es considera que totes dues opcions poden ser vàlides en la majoria dels casos. A canvi, si es presentaran un grapat de diferències i similituds entre aquestes dues estructures.

4.1. DIFERÈNCIES

4.1.1. Fonaments

Si es para atenció als fonaments de les dues naus, observem que per la nau d'elements prefabricats cal disposar d'una major àrea per fer les bases de les fonamentacions ja que les dimensions amb les que s'ha dissenyat la base de la nau d'elements prefabricats són de: 2,40 metres d'amplada per 1,80 metres de llargada, mentre que la base de la nau d'elements metàl·lics són de: 1,40 metres d'amplada per 1,40 metres de llargada.

Una altra diferència consisteix en que per la nau d'elements prefabricats, s'haurà de disposar d'un encofrat i d'enreixat per poder construir el calze. Per contra, la nau d'elements metàl·lics li caldrà disposar de barres d'ancoratge embegudes al fonament per a la posterior fixació dels pilars metàl·lics.

4.1.2. Pilars

En quant als pilars, la primera diferència que crida més l'atenció, resulta ser els materials característics de cada tipologia de nau (per la d'elements prefabricats mana el formigó, mentre que per la d'elements metàl·lics l'acer és el principal element dels pilars).

Al visualitzar la forma que tenen els perfils de les dues tipologies de nau, es visualitza que per la nau d'elements prefabricats els pilars tenen una secció rectangular o quadrada amb els costats arrodonits, mentre que els pilars de la nau d'elements metàl·lics tenen un perfil en forma d'H, d'aquí el seu nom: perfil HEB. En aquest projecte els pilars prefabricats tenen unes dimensions de 0,60 x 0,45 metres, i els pilars metàl·lics es dissenyen amb un perfil HEB450 (0,45 x 0,30 metres).

Un pilar prefabricat, ha de disposar de mènsules per poder recolzar els diferents elements sobre ell mateix. Pels pilars metàl·lics les mènsules no existeixen, ja que es cargolen i es solden amb els elements que tenen relació amb els pilars (forjats, bigues, recolzaments, entre d'altres).

4.1.3. Forjat

La principal diferència entre les tipologies de naus, és el forjat amb placa alveolar corresponent a la nau d'elements prefabricats, i el forjat col·laborant característic d'una nau d'elements metàl·lics. A més a més, la placa alveolar té un gruix molt més significatiu que la xapa del forjat col·laborant.

Si ara s'observen les bigues que suporten els forjats, es pot apreciar que les de la nau d'elements prefabricats són de formigó i tenen un perfil quadrat amb els costats arrodonits i les de les naus d'elements metàl·lics són bigues de perfil en forma d'I, IPN i el material és acer.

4.1.4. Coberta

Un dels elements de coberta que diferencien les naus d'elements prefabricats amb les naus metàl·liques són les biguetes, per la nau d'elements prefabricats consten per tenir un forat al mig de la bigueta a més a més de que la seva secció és més rectangular. Per l'altre banda, les biguetes d'una nau d'elements metàl·lics tenen un perfil d'acer IPN.

Les bigues transversals de les naus anteriors, tenen una forma diferent a l'hora de recolzar-se segons siguin d'una tipologia prefabricada o metàl·lica. Si es tracta per la tipologia prefabricada, les bigues transversals es recolzen directament sobre les mènsules dels pilars al nivell superior, mentre que les naus d'elements metàl·lics la unió entre la biga i el pilar potser soldada o cargolada.

4.1.5. Generals

El principal material que caracteritza a una nau d'elements prefabricats és el formigó, per l'altre costat el material dominant a la nau d'elements metàl·lics és l'acer.

En quant a les unions físiques dels diversos elements de construcció dins de la mateixa tipologia de nau, cal comentar que per la nau d'elements prefabricats no es necessiten tants cargols com per la nau d'elements metàl·lics (ja que gairebé totes les unions es cargolen).

Una diferència estructural entre les dues tipologies de naus anteriors, correspon a que la nau d'elements prefabricats no disposa de creus de Sant Andreu (entre els dos primers i dos últims pòrtics), mentre que una nau d'elements metàl·lics si s'observen les creus de Sant Andreu.

Per acabar les similituds, tal i com s'han dissenyat les dues naus, amb la nau d'elements prefabricats es perd més altura lliure entre pis perquè la placa alveolar té un gruix més elevat que una xapa d'acer pel forjat col·laborant.

4.2. SIMILITUDS

Una vegada vistes les diferències, falta comentar quines són aquells elements que coincideixen entre les dues tipologies de naus dissenyades:

La principal semblança entre les naus d'elements prefabricats i metàl·lics, consisteix en que són naus de ràpida execució a l'obra, perquè les peces ja arriben en grans blocs i només s'han d'unir amb els altres elements estructurals.

A l'hora de començar a construir la nau, s'ha de fer un desbrossat del terreny per qualsevol tipologia de nau que es vulgui implementar i transportar aquesta capa de terreny a un centre habilitat per dipositar-la.

Per fer les fonamentacions, primer de tot s'ha de marcar el perímetre a perforar per poder retirar la base del terreny.

Si es parla dels treballs topogràfics, que consisteixen en identificar mitjançant elements visibles les diferents fases d'una obra, cal tenir controlat en tot moment quins són els materials que arriben a l'obra.

En quant a plànols de construcció, s'ha de fer un plànol per cada nivell, un per cada alçat de la nau que es vulgui construir. En aquests plànols hi ha de constar detalls i notes informatives sobre els elements que configuren les naus.

5. TREBALL EN REVIT

Aquest apartat del treball mostra quin és el procés que s'ha seguit per arribar a dissenyar les naus en 3D i fer els plànols.

5.1. QUÈ ÉS REVIT?

El primer que cal fer abans de començar a utilitzar el programa de disseny en 3D, "Revit" és conèixer en que consisteix. Revit és un software BIM (Building Information Modelling), que com el seu nom indica, permet modelar i generar dibuixos i plànols. Dins de l'àmbit de la construcció es força conegut i pertany a la família de productes d'Autodesk (on també hi ha altres programes de disseny en 3D. El seu producte estrella és l'Autocad).

Revit treballa principalment amb opcions que afegeixen material o treuen material a l'element que s'està dissenyant:

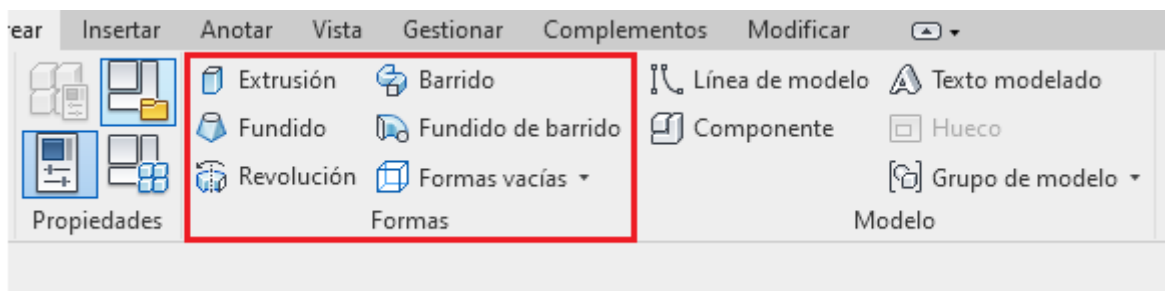


Figura 88: Funcions afegir o suprimir material. (Font: "Revit")

Per afegir o treure material has de fer el croquis tancat en un pla i al generar l'extrusió tens paràmetres per regular la profunditat de l'extrusió.

5.2. FLUX DE TREBALL

Un cop que ja tenim instal·lat Revit, es presenta quin ha estat el procediment per modelar les naus i dissenyar els plànols.

Revit diferencia principalment, entre 2 grans tipus de fitxers dins del programa: famílies i projectes.

Una família es caracteritza per ser un fitxer de Revit que a l'obrir-lo genera una plantilla de la forma que sol tenir l'element com per exemple: murs, cobertes, pilars, caixetins pels plànols, portes, finestres, entre d'altres. Cal dir que en tot moment pots editar la forma que té l'element si no coincideix amb la proposta inicial que es genera per defecte.

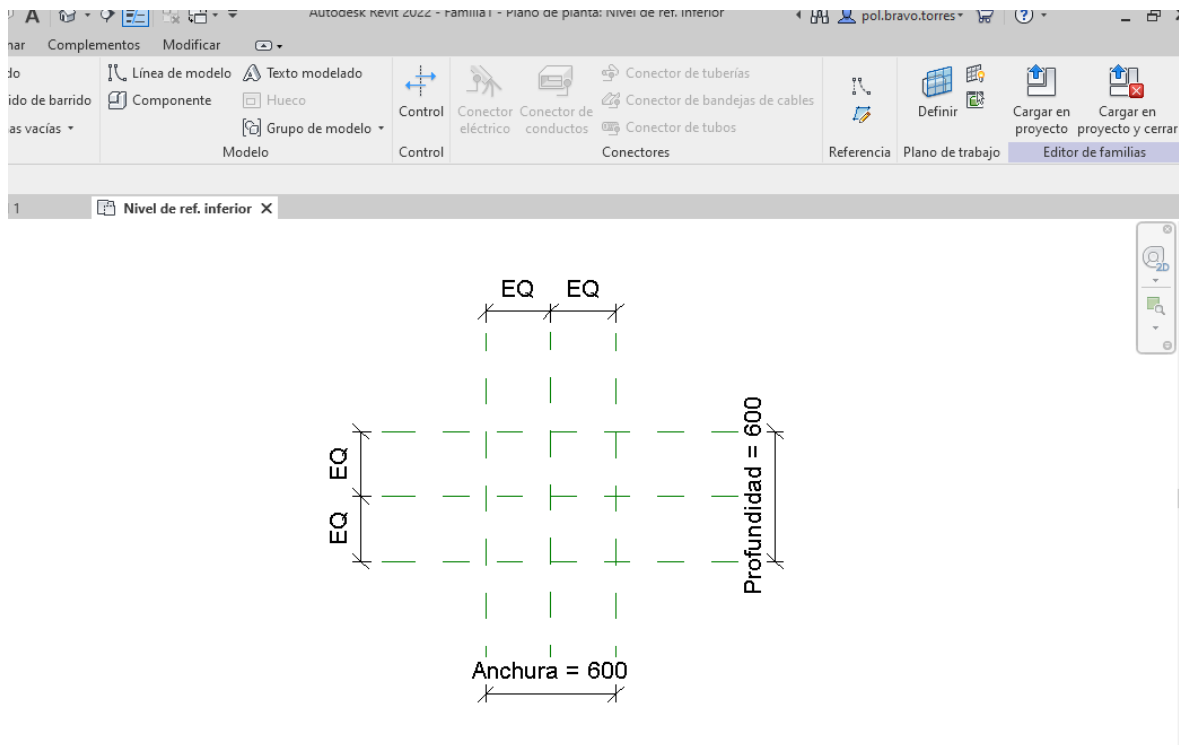


Figura 89: Imatge d'un pilar com a fitxer família de Revit. (Font: "Revit")

Un projecte, consisteix en un fitxer on es carreguen les famílies d'elements que conformen la nau. Una altre funció és la de generar vistes i plànols.

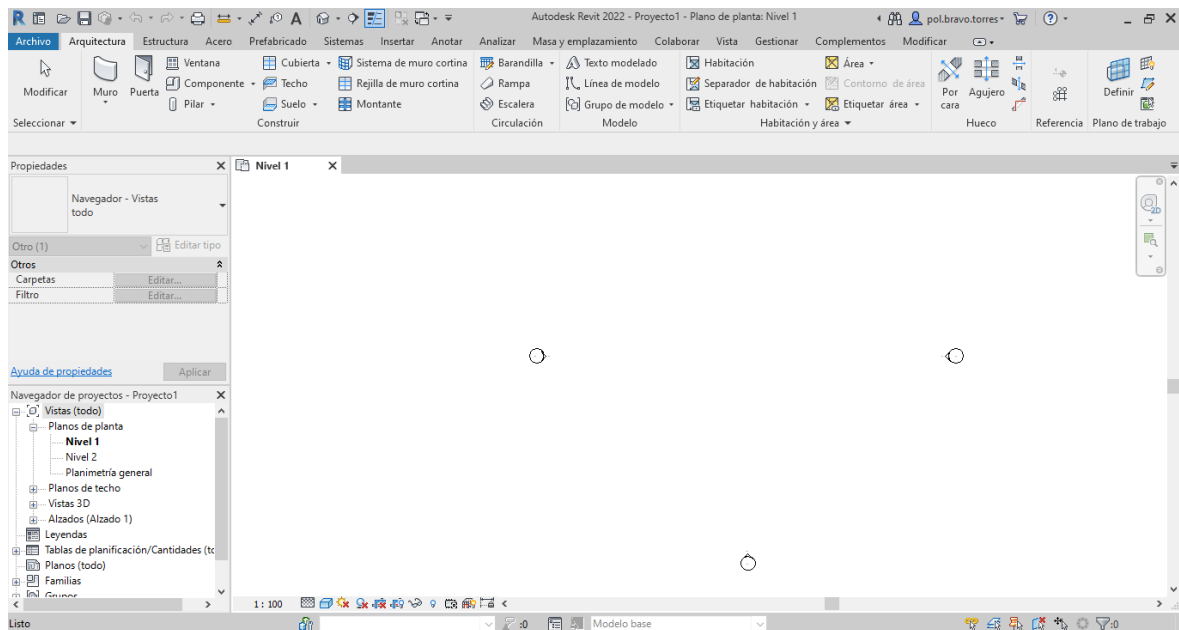


Figura 90: Imatge d'un fitxer projecte de Revit. (Font: "Revit")

Si es modifica qualsevol paràmetre d'una família (gruix del pilar, longitud de la biga, material, etc) i es carrega al projecte, automàticament es sincronitzen els fitxers implicats.

Quan s'arriba a dominar els dos conceptes prèviament esmentats, comença la modelització. Per aquest treball, s'ha treballat primer amb famílies, és a dir es genera cada grup d'element a part en un fitxer de família i després es carrega tot al fitxer del projecte. Cada tipologia de nau té el seu fitxer de projecte corresponent.

Ara, amb tots els elements de la nau inserits, es generen els diferents nivells que conformen la nau (fonamentacions, planta 0, altell, nivell de coberta), que després serveixen per generar una vista i a posteriori plànols.

Per generar un plànol s'assegura que el nivell o vista amb el que vols treballar, li correspon un plànol estructural.

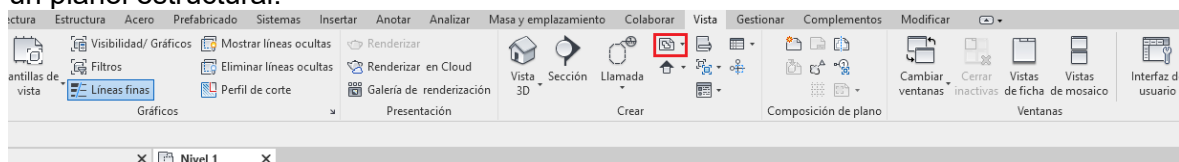


Figura 91: Imatge de com generar un plànol estructural amb Revit. (Font: "Revit")

A continuació es genera una vista de plànol prement la icona següent:

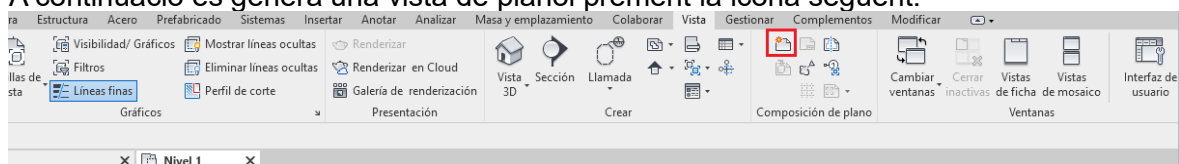


Figura 92: Imatge de com generar un plànol amb Revit. (Font: "Revit")

A continuació, es genera un plànol on totes les vistes o detalls que vols incorporar en el plànol s'han d'arrossegar des de la part del menú esquerre i començar a acotar i a dissenyar els plànols:

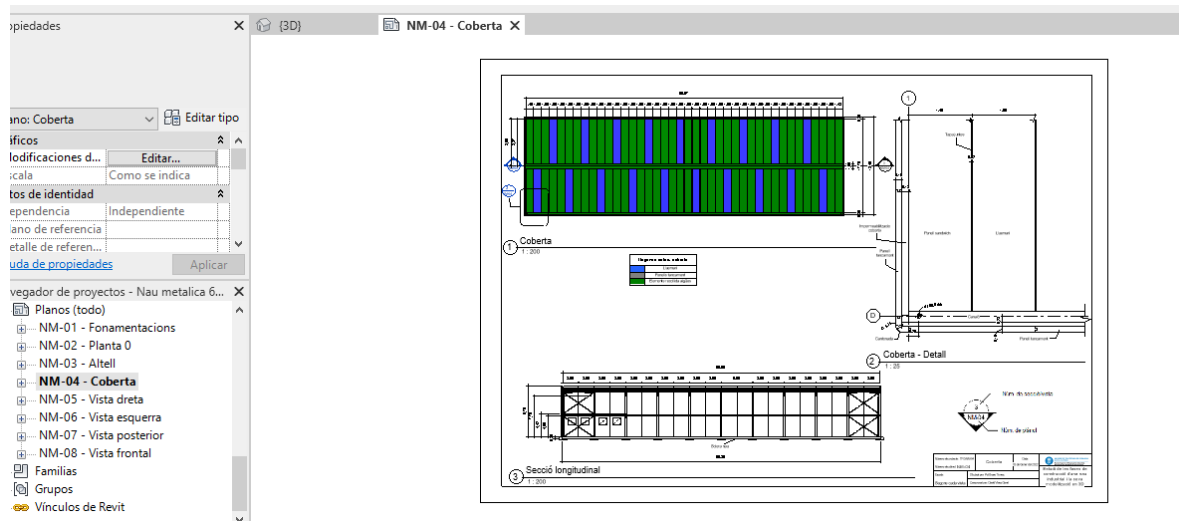


Figura 93: Imatge de l'edició d'un plànol amb Revit. (Font: "Revit")

Per últim, s'imprimeix el plànol en format PDF i s'inclou al document de plànols del TFG.

6. RESUM DE LA VALORACIÓ DE CONSTRUCCIÓ DE LES NAUS

Aquest capítol es mostra una taula resum sobre el cost que resulta executar les dues tipologies de naus a la realitat.

Per més informació, s'indica al document: Annexes_Pol_Bravo_Torres (annex G).

Element	Cost (€)
Subtotal elements preliminars nau prefabricada.	12.587,00
Subtotal elements fonaments nau prefabricada.	7.348,61
Subtotal elements pilars nau prefabricada.	3.049,68
Subtotal elements forjats i solera nau prefabricada.	47.718,69
Subtotal elements coberta nau prefabricada.	121.385,69
Subtotal elements façana nau prefabricada.	37.077,12
Total elements IVA (21%)	229.166,43 48.124,95
Total cost de la nau d'elements prefabricats (AMB IMPOSTOS)	277.291,38
Subtotal elements preliminars nau metàl·lica.	12.848,71
Subtotal elements fonaments nau metàl·lica.	1.930,72
Subtotal elements pilars nau metàl·lica.	60.758,50
Subtotal elements forjats i solera nau metàl·lica.	41.753,29
Subtotal elements coberta nau metàl·lica.	207.074,51
Subtotal elements façana nau metàl·lica.	37.077,12
Total elements IVA (21%)	361.442,84 75.903,00
Total cost de la nau d'elements metàl·lics (AMB IMPOSTOS)	437.345,84

Taula 18: Cost naus d'elements prefabricats i metàl·lics

S'obté que el cost total per construir una nau d'elements prefabricats de les característiques descrites en aquest document, s'estima en uns: dos-cents setanta-set mil dos-cents noranta-un coma trenta-vuit euros.

Mentre que el cost total per construir una nau d'elements metàl·lics de les característiques descrites en aquest document, s'estima en uns: quatre-cents trenta-set mil tres-cents quaranta-cinc coma vuitanta-quatre euros.

7. RESUM DEL PRESSUPOST

Per aquest punt del treball, es mostra un resum del cost que quantifica quin es el cost aproximat de les hores dedicades a la realització d'aquest TFG.

Per més informació, s'indica al document: Pressupost_Pol_Bravo_Torres.

Tasques	Hores	Preu per hora (€)	Cost tasca (€)
1. Elecció del tema del TFG	3,00	30,00	90,00
2. Xerrades o trobades amb el director del TFG	20,00	30,00	600,00
3. Elaboració del Project Charter del TFG	15,00	30,00	450,00
4. Elaboració de la memòria del TFG	-	-	-
4.1. Recerca d'informació sobre materials i elements característics de cada nau industrial	50,00	30,00	1.500,00
4.2. Elaboració dels estats d'amidaments	10,00	30,00	300,00
5. Software programa en 3D (Revit)	-	-	-
5.1. Descàrrega del software	4,00	30,00	120,00
5.2. Instal·lació del software	1,00	30,00	30,00
5.3. Aprendre del software	15,00	30,00	450,00
5.4. Utilització del software pel disseny de les naus	100,00	30,00	3.000,00
6. Elaboració de plànols	55,00	30,00	1.650,00
7. Elaboració del pressupost	8,00	30,00	240,00
8. Redacció implicacions medi ambient	4,00	30,00	120,00
9. Conclusions TFG	3,00	30,00	90,00
10. Visites a naus industrials	4,00	30,00	120,00
11. Elaboració d'un resum i abstract pel TFG	3,00	30,00	90,00
12. Elaboració d'un glossari	2,00	30,00	60,00
13. Elaboració de les referències consultades	5,00	30,00	150,00
14. Peus de pàgina de taules i figures	2,00	30,00	60,00
15. Revisió dels documents del TFG	10,00	30,00	300,00
16. Preparació de la presentació i de l'exposició del TFG	20,00	30,00	600,00
Total tasques	334,00	-	10.020,00
IVA (21%)	-	-	2.104,20
TOTAL			12.124,20

Taula 19: Pressupost tasques TFG

El cost total de realitzar aquest TFG és de dotze mil cent vint-i-quatre coma vint euros.

8. ANÀLISI I VALORACIÓ DE LES IMPLICACIONS AMBIENTALS I SOCIALS

En aquest capítol del treball, s'analitzarà tot allò que estigui relacionat amb les implicacions ambientals i socials.

Per a aquest treball, es vol comentar que no s'ha generat cap residu contaminant, ja que en tot moment s'ha fet una simulació amb el programa i no s'ha executat cap etapa de construcció per desenvolupar el TFG.

Dit això, s'associa que el desenvolupament del TFG es pot semblar als següents punts d'objectius de desenvolupament sostenible (ODS) [34]:

- ODS número 8: Treball decent i creixement econòmic.

El fet de posar en marxa la metodologia necessària per construir qualsevol de les dues tipologies de naus a la realitat, suposa generar oportunitats de treball al sector de la construcció per a tot tipus de rang de treball (peons, responsables, coordinadors, caps, entre altres).

Pel fet de construir qualsevol nau a la realitat, suposa un fort creixement econòmic per l'economia del país.

- ODS número 9: Indústria, innovació i infraestructures.

Gran part del projecte consta per desenvolupar el software de dibuix en 3D "Revit", el qual sense cap mena de dubte ha donat una innovació al treball en el sentit que gràcies a aquest programa, s'ha pogut visualitzar al detall tots els elements de les diverses naus i el procés constructiu.

A més a més, si arribéssim a executar els passos a seguir per implementar naus industrials, es generarien llocs de treball per a un bon grup de persones, intentant ajudar a que l'economia del país pugui desenvolupar un bon paper a la societat.

- ODS número 15: Vida de ecosistemes terrestres.

El primer que cal fer quan es construeix qualsevol tipus de nau, es retirar una bona capa superficial de terreny on hi viuen nombrosos animals i ecosistemes necessaris pel funcionament del cicle de vida. Si es dugués a terme aquesta operació, es vigilaria molt amb no causar més mals dels necessaris al medi ambient, per això es traslladarien les restes de capa de terra a llocs habilitats.

9. CONCLUSIONS

Un cop s'ha finalitzat el treball, arriba el moment d'extreure conclusions:

Per aquest TFG, s'ha assolit amb èxit l'estudi de les diverses fases constructives de les tipologies de naus industrials esmentades.

S'ha complert l'objectiu de fer una comparativa entre les dues tipologies de naus, així com comparar a nivell d'elements aquestes naus.

També s'ha demostrat les relacions entre els rams i àrees de construcció a l'apartat de plànols i part de la memòria.

Aquest treball tenia un gran repte afegit, consistia en la modelització de les naus industrials en 3D, per aquest motiu l'estudiant ha hagut d'aprendre a fer servir aquest programa per saber com funcionaven el software i dissenyar els plànols.

Per acabar, l'apartat 3.2 de la memòria, correspon a l'estat d'amidaments de tots els elements estructurals de cada tipologia de nau vista. Ha estat una tasca que s'ha treballat a fons al llarg del TFG.

Si es continués desenvolupant aquest treball, es podria parlar de les naus d'elements fabricats in situ, ja que es tractaria d'un gran bloc amb diferències considerables respecte les dues tipologies de naus vistes en aquest TFG.

A més a més, es podria treballar encara més a fons amb els següents conceptes: fer un anàlisi dimensional de les tipologies de naus, realitzar càlculs estructurals plantejant diverses situacions de la vida quotidiana, etc.

A Terrassa, 13 de gener de 2022.

Pol Bravo Torres

10.REFERÈNCIES

Aquestes són les referències consultades al llarg del treball, ordenades alfabèticament pel nom de l'autor i després per data:

[1] Aluminios Garcilaso. Panel sándwich de cubierta [en línia]. Barcelona: Aluminios Garcilaso, 2020. [Consulta: 29 novembre 2021]. Disponible a: <<http://aluminiosgarcilaso.com/cerramientos-panel-sandwich-de-cubierta.html>>.

[2] Ana Fernández-Cuartero. Función estructural de las placas de anclaje [en línia]. Madrid: e-struc, 2019. [Consulta: 5 desembre 2021]. Disponible a: <<https://e-struc.com/2018/09/18/funcion-estructural-de-las-placas-de-anclaje/>>.

[3] Andece. Montaje de fachadas de hormigón arquitectónico, p.15. Madrid: Andece, 2022. [Consulta: 01 desembre 2021]. Disponible a: <http://www.andece.org/wp-content/uploads/2019/06/montaje_fachadas_anfharq_ieca.pdf>.

[4] Catálogo técnico Trabis, edificación avanzada, 2015, p.3. [Consulta: 28 novembre 2021].

[5] Catálogo técnico Trabis, edificación avanzada, 2015, p.49. [Consulta: 28 novembre 2021].

[6] Catálogo técnico Trabis, edificación avanzada, 2015, p.49. [Consulta: 28 novembre 2021].

[7] Catálogo técnico Trabis, edificación avanzada, 2015, p.48. [Consulta: 28 novembre 2021].

[8] Catálogo técnico Trabis, edificación avanzada, 2015, p.48. [Consulta: 28 novembre 2021].

[9] CMIC. Bigas de acero [en línia]. Ciudad de México: CMIC, 2022. [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible a: <<https://www.cmic.org/las-claves-de-la-construccion-con-acero/>>.

[10] Construmática. Construcción de forjado colaborante [en línia]. Sant Cugat del Vallès: Construmática, 2010. [Consulta: 5 desembre 2021]. Disponible a: <https://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_de_Forjado_Colaborante>.

[11] Cubiertas Estévez. Cubierta tradicional [en línia]. Villa del Prado: Cubiertas Estévez, 2015. [Consulta: 16 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.cubiertasestevez.es/servicios/cubiertas-y-tejados-nuevos/cubiertas-planas/tradicional-no-ventilada-grava/>>.

[12] Elisa Capacitació. Estructures entramades [en línia]. Barcelona: Elisa Capacitació, 2016. [Consulta: 12 octubre 2021]. Disponible a: <<http://elisacapacitacio.blogspot.com/2016/11/estructures-entramades.html>>.

[13] ESEIAAT. Apunts 2.- Sistema estructural. Assignatura: Teoria d'estructures i construccions industrials. Recull d'apunts, UPC, Departament de Construcció, 2021, p.4. [Consulta: 27 setembre 2021].

[14] ESEIAAT. Apunts 2.- Sistema estructural. Assignatura: Teoria d'estructures i construccions industrials. Recull d'apunts, UPC, Departament de Construcció, 2021, p.23. [Consulta: 27 octubre 21].

- [15] ESEIAAT. Apunts 3.- Cerramientos exteriores. Fachadas. Assignatura: Teoria d'estructures i construccions industrials. Recull d'apunts, UPC, Departament de Construcció, 2021, p.8. [Consulta: 9 novembre 21].
- [16] ESEIAAT. 4.- Cerramientos exteriores. Cubiertas. Assignatura: Teoria d'estructures i construccions industrials. Recull d'apunts, UPC, Departament de Construcció, 2021, p.13. [Consulta: 16 novembre 21].
- [17] ESEIAAT. 4.- Cerramientos exteriores. Cubiertas. Assignatura: Teoria d'estructures i construccions industrials. Recull d'apunts, UPC, Departament de Construcció, 2021, p.13. [Consulta: 16 novembre 21].
- [18] Ferros Brugués. Acer corrugat [en línia]. Gavà: Ferros Brugués, 2022. [Consulta: 29 novembre 2021]. Disponible a: <<http://ferrosbrugues.com/ca/categoria-producto/corrugat/>>.
- [19] Generador de preus. Sistema d'encofrat [en línia]. Alacant: Cype, 2022. [Consulta: 21 octubre 2021]. Disponible a: <http://www.generadordepreus.info/obra_nova/Estructures/Formigo_armat/Pilars/EHS017_Sistema_d_encofrat_per_a_pilar_rect.html>.
- [20] Gilva. Pilares prefabricados [en línia]. Calanda: Gilva, 2018. [Consulta: 12 octubre 2021]. Disponible a: <<https://gilva.com/producto4-pilares%20prefabricados.html>>
- [21] Gilva. Placas alveolares y placas TT [en línia]. Calanda: Gilva, 2018. [Consulta: 27 octubre 2021]. Disponible a: <<https://gilva.com/producto10-placas%20alveolares%20y%20placas%20tt.html>>.
- [22] Grup Curanta. Formigons estructurals segons EHE08 [en línia]. Torroella de Fluvià: Grup Curanta, 2022. [Consulta: 21 octubre 2021]. Disponible a: <<https://www.grupcuranta.com/ca/formigo/formigons-estructurals-segons-ehe08/>>.
- [23] Hierros Molina. Cómo colocar una cubierta de placas [en línia]. Abrera: Hierros Molina, 2021. [Consulta: 6 desembre 2021]. Disponible a: <<https://www.hierrosmolina.com/blog/como-colocar-una-cubierta/>>.
- [24] Incoperfil. Componentes del forjado de chapa colaborante [en línia]. Beniparrell: Incoperfil, 2022. [Consulta: 28 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.incoperfil.com/forjado-de-chapa-colaborante-componentes-e-instalacion-cms-1-50-135/>>.
- [25] Incoperfil. Cubiertas autoportantes [en línia]. Beniparrell: Incoperfil, 2022. [Consulta: 29 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.incoperfil.com/cubierta-curvada-autoportante-cms-1-50-128/>>.
- [26] Ingeniero de caminos. Tipos de cimentaciones [en línia]. Madrid: Ingeniero de caminos, 2022. [Consulta: 27 setembre 2021]. Disponible a: <<https://ingeniero-de-caminos.com/tipos-de-cimentaciones/>>.
- [27] Javier Álvarez. Cómo se hace una cimentación con cálices para pilares prefabricados de hormigón o concreto [en línia]. Madrid: Javier Álvarez, 2015. [Consulta: 28 novembre 2021]. Disponible a: <<http://prefabricadoseguro.com/como-se-hace-una-cimentacion-con-calices-para-pilares-prefabricados-de-hormigon-o-concreto/>>.

- [28] Javier Álvarez. Cómo montar un pilar prefabricado en cáliz de cimentación [en línea]. Madrid: Javier Álvarez, 2015. [Consulta: 28 novembre 2021]. Disponible a: <<http://prefabricadoseguro.com/como-montar-un-pilar-prefabricado-en-caliz-de-cimentacion/>>.
- [29] Javier Álvarez. 6 formas de montar placas alveolares como forjado [en línea]. Madrid: Javier Álvarez, 2016. [Consulta: 30 novembre 2021]. Disponible a: <<http://prefabricadoseguro.com/formas-de-montar-placas-alveolares/>>.
- [30] Konstruir. Armado de Zapata de cáliz, para pilar prefabricado [en línea]. Madrid: Konstruir, 2013. [Consulta: 28 novembre 2021]. Disponible a: <<http://konstruir.com/fototeca/tema/Cimentaciones/imagen0000000002-Armado%20de%20zapata%20de%20caliz%2C%20para%20pilar%20prefabricado.html>>.
- [31] Leroy Merlín. Cómo instalar paneles sándwich en el techo [en línea]. Madrid: Leroy Merlín, 2022. [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible a: <<https://www.leroymerlin.es/hazlo-tu-mismo/consejos/como-instalar-paneles-sandwich>>.
- [32] Model&Co. Barrena continua [en línea]. Madrid: Model&Co, 2022. [Consulta: 8 gener 2022]. Disponible a: <https://www.model-co.com/es/maquinaria_cimentaciones/pilotes/barrena_continua_cfa/bf10_maquina_pilotes_barrena_continua_cfa.asp>.
- [33] Multipanel. Paneles sándwich aluminio para constructores [en línea]. Madrid: Multipanel, 2020. [Consulta: 9 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.multipanel.es/panel-sandwich/paneles-sandwich-aluminio/>>.
- [34] ONU. Objetivos de desarrollo sostenible [en línea]. San Francisco: Objetivos de desarrollo sostenible, 2022. [Consulta: 8 gener 2022]. Disponible a: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>>.
- [35] VMZinc. Panel de fachada, instalación del sistema, p.12 [en línea]. Barcelona: VMZinc, 2022. [Consulta: 31 diciembre 2021]. Disponible a: <<http://www.vmzinc.es/images/vmzinc/documentations/documents/vmz%20panel%20de%20fachada.pdf>>.
- [36] Paneles Ach. Canalón con peto [en línea]. Alovera: Paneles Ach, 2022. [Consulta: 31 diciembre 2021]. Disponible a: <<https://www.panelesach.com/assets/detalles-constructivos/fachada-montaje-horizontal/CANALON-CON-PETO-HOR-070627.pdf>>.
- [37] Paneles Ach. Fachada montaje horizontal [en línea]. Alovera: Paneles Ach, 2022. [Consulta: 31 diciembre 2021]. Disponible a: <<https://www.panelesach.com/assets/detalles-constructivos/fachada-montaje-horizontal/PANEL-HOR-SOBRE-ZOCALO-070627.pdf>>.
- [38] Prefabricados Alve. Forjado de placa alveolar [en línea]. Pruvia - Llanera: Prefabricados Alve, 2022. [Consulta: 27 octubre 2021]. Disponible a: <<http://www.prefabricadosalve.com/forjado-de-placa-alveolar>>.
- [39] Qualis group. Cubiertas deck [en línea]. Zaragoza: Qualis group, 2022. [Consulta: 16 novembre 2021]. Disponible a: <<https://qualisgroup.es/cubiertas-deck-que-son-ventajas>>.
- [40] Reforma Coruña. Cubierta invertida transitable [en línea]. A Coruña: Reforma Coruña, 2021. [Consulta: 16 novembre 2021]. Disponible a: <<https://reformacoruna.com/cubierta-invertida-transitable/>>.

[41] Sólo arquitectura. Estructuras isostáticas e hiperestáticas [en línia]. Madrid: Sólo arquitectura, 2022. [Consulta: 25 setembre 2021]. Disponible a: <<https://www.soloarquitectura.com/foros/threads/estructuras-isostaticas-e-hiperestaticas.11924/>>.

[42] Sólo arquitectura. Distancia entre corres metálicas [en línia]. Madrid: Sólo arquitectura, 2022. [Consulta: 29 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.soloarquitectura.com/foros/threads/distancia-entre-correas-metalicas-carga-admisible-panel-de-cobertura.99529/>>.

[43] Sumuvesa. Cobertes metàl·liques [en línia]. Sant Adrià de Besòs: Sumuvesa, 2022. [Consulta: 29 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.sumuvesa.com/cat/cobertes-industrials/cobertes-metaliques>>.

[44] Teckton. Fases de ejecución de estructuras metálicas [en línia]. Madrid: Teckton, 2022. [Consulta: 5 desembre 2021]. Disponible a: <<https://www.tekton.es/fases-ejecucion-estructuras-metalicas/>>.

[45] Tecnyconta. Pilares de hormigón prefabricado [en línia]. Tauste: Tecnyconta, 2016. [Consulta: 28 novembre 2021]. Disponible a: <<https://www.tecnyconta.es/pilares-prefabricados/>>.

[46] VMZinc. Panel de fachada, instalación del sistema, p.12 [en línia]. Barcelona: VMZinc, 2022. [Consulta: 6 desembre 2021]. Disponible a: <<http://www.v zinc.es/images/v zinc/documentations/documents/vmz%20panel%20de%20fachada.pdf>>.

Referències consultades que no apareixen en aquest treball:

Ingemecánica. Tablas de perfiles metálicos [en línia]. Arahall: Ingemecánica, 2022. [Consulta: 8 desembre 2021]. Disponible a: <<https://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html>>.

Montajes, Ingeniería & Construcción SAS. Diseño, construcción y levantamiento de marcos estructurales para pórticos [en línia]. Bogotá: Montajes, Ingeniería & Construcción SAS, 2021. [Consulta: 28 desembre 2021]. Disponible a: <<https://www.estructurasmetalicascolombia.com/construcciones-metalicas/porticos/construccion-de-porticos>>.

Monvaga. Pàgina principal [en línia]. Alcoletge: Monvaga, 2019. [Consulta: 5 desembre 2021]. Disponible a: <<http://monvaga.com/>>.

Prefabricats Pujol. Pàgina principal [en línia]. Mollerussa: Prefabricats Pujol, 2022. [Consulta: 5 desembre 2021]. Disponible a: <<https://www.prefabricatspujol.com/ca/>>.

Servei de biblioteques. Referències bibliogràfiques. Barcelona: UPC, 2021. [Consulta: 9 gener 2022]. Disponible a: <<https://bibliotecnica.upc.edu/investigadors/citar-elaborarbibliografia>>

Aprendre software Revit:

ArqMANES. Como usar REVIT [en línia]. Califòrnia: ArqMANES, 2020 [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=njy6im0cQCw>>.

Jaime Sánchez. Desarrollo de familia conexión estructural (ménsula) en Revit [en línia]. Califòrnia: Jaime Sánchez, 2020 [Consulta: 6 desembre 2021]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=_DooJ82U570>.

Javier Aramendia. REVIT. Zapatas aisladas [en línia]. Califòrnia: Javier Aramendia, 2017 [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=PXUv41AfCvc>>.

José Manuel TECH. Como hacer planos en REVIT [en línia]. Califòrnia: José Manuel TECH, 2020 [Consulta: 8 desembre 2021]. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=uhbZ0iEBrtY>>.

MundoBIM. Tutorial Revit para principiantes [en línia]. Madrid: MundoBIM, 2022. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible a: <<https://mundobim.com/tutorial-revit-principiantes/>>.

Revitor – Mundo BIM. Revit 2019 para principiantes: 01 Qué es Revit? [en línia]. Califòrnia: Revitor – Mundo BIM, 2019 [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=uBga9-Lx3JQ>>.