



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Grau en Enginyeria Mecànica

CONSTRUCCIÓ D'UN PONT PER VIANANTS

Memòria

HIDALGO CAPARRÓS, Adrian

PONENT: GIMENEZ GUASCH, Francesc

TARDOR/PRIMAVERA 2021



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Resum

En el present document, es mostra la memòria final del disseny i dimensionament d'una passarel·la per vianants de nova construcció en la riera de Pineda de Mar. S'exposa el procés requerit per desenvolupar el projecte final, de tal manera que l'hipotètic client pugui consultar la feina de disseny realitzada. Primerament, s'efectua un estudi d'inundabilitat de la riera per saber la viabilitat tècnica de la construcció. Un cop assegurat que les condicions hidrològiques de la riera permeten la construcció de la passarel·la es proposa el material i el disseny d'acord amb la investigació i proves realitzades. Fins a la data d'entrega d'aquest document, s'ha decidit emprar fusta com a material estructural. El disseny de la passarel·la s'ha realitzat a partir d'un entramat de tres nivells junt amb dues jàsseres a mode de barana. Amb la finalitat de garantir l'estabilitat i la resistència de l'estructura es realitzen diferents possibles casos de càrrega. Per una descripció més detallada es convida al lector interessat a llegir el document.

Resumen

En el presente documento se muestra la memoria final del diseño y dimensionamiento de una pasarela para peatones de nueva construcción en la riera de Pineda de Mar. Se expone el proceso requerido para desarrollar el proyecto final, de tal manera que el hipotético cliente pueda consultar el trabajo de diseño realizado. En primer lugar, se realiza un estudio de inundabilidad de la riera para saber la viabilidad técnica de la construcción. Una vez asegurado que las condiciones hidrológicas de la riera permiten la construcción de la pasarela se propone el material y el diseño con base en la investigación y pruebas realizadas. Hasta la fecha de entrega de este documento, se ha decidido usar madera como material estructural. El diseño de la pasarela se ha realizado a partir de un entramado de tres niveles junto con dos jásers a modo de baranda. Con la finalidad de garantizar la estabilidad y la resistencia de la estructura, se realizan diferentes casos posibles de carga. Para una descripción más detallada se invita al lector interesado a leer el documento.

Summary

This document shows the final report of the design and dimensioning of a new pedestrian footbridge in the Pineda de Mar stream. The process required to develop the final project is presented, so that the hypothetical client can consult the design work carried out. Firstly, a study of the flooding of the stream is carried out to determine the technical feasibility of the construction. Once it has been ensured that the hydrological conditions of the stream allow the construction of the footbridge, the material and design are proposed based on the research and tests carried out. As of the date of submission of this document, it has been decided to use wood as the structural material. The design of the footbridge is based on a three-tier truss with two jambs as handrails. To guarantee the stability and strength of the structure, different possible load cases are carried out. For a more detailed description, the interested reader is invited to read the document.

Índex

Índex	I
Índex d'il·lustracions	IX
Índex de taules	XIII
Glossari de termes	XV
1. Objectius	1
1.1. Propòsit	1
1.2. Finalitat	1
1.3. Objecte	1
1.4. Abast	2
1.5. Línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus	3
2. Antecedents i necessitats d'informació	4
3. Marc conceptual	7
3.1 Material	7
3.1.1 Acer	7
3.1.2 Fusta	8
3.1.3 Formigó	10
3.2 Configuració dels elements estructurals	11
3.3 Tipus d'unions	13
4. Anàlisi hidrològic	22
4.1. Dades físiques de la riera	22
4.2. Anàlisi del sòl de la conca	22
4.3. Càlcul dels cabals de màxima avinguda	28
4.3.1. Coeficient d'escorrentiu (C)	29
4.3.2. Volum de precipitació diari (P_d)	29
4.3.3. Llindar d'escorrentiu (P_o)	33
4.3.4. Intensitat mitjana de precipitació (I)	41
4.3.5. Coeficient d'uniformitat (K)	42
4.4. Capacitat de desguàs de la zona de la conca construïda	44
4.5. Conclusió de l'anàlisi hidrològic	46
5. Anàlisi estructural	47
5.1. Materials estructurals	47
5.1.1. Fusta	47

5.1.1.1	Característiques generals necessàries	47
5.1.1.2	Hipòtesis de tipus de fusta	49
5.1.1.2.1	Especificacions tècniques de la fusta seleccionada	49
5.2	Accions que patirà la passarel·la	52
5.2.1	Accions permanents de valor constant (G).....	52
5.2.1.1	Pes propi (PP).....	52
5.2.1.2	Carrega morta (CM)	52
5.2.2	Accions permanents de valor no constant (G*).....	53
5.2.3	Accions variables (Q).....	53
5.2.3.1	Sobrecàrrega d'ús (SU)	53
5.2.3.2	Barana.....	53
5.2.3.3	Vent (V).....	54
5.2.3.3.1	Velocitat bàsica del vent	54
5.2.3.3.2	Velocitat mitjana del vent (v_m)	55
5.2.3.3.3	Direcció del vent	58
5.2.3.3.4	Empenta del vent	58
5.2.3.3.5	Fenomen d'ocultament	59
5.2.3.3.6	Empenta horitzontal.....	60
5.2.3.3.7	Empenta vertical	61
5.2.3.3.8	Empenta longitudinal.....	61
5.2.3.3.9	Moment de bolcada.....	61
5.2.3.3.10	Efectes aeroelàstics	62
5.2.3.4	Neu	62
5.2.4	Accions accidentals (A).....	65
5.2.4.1	Impactes.....	65
5.2.4.2	Acció sísmica.....	65
5.3	Tractament del valor de les accions.....	67
5.3.1	Valor representatiu de les accions	67
5.3.1.1	Valor representatiu de les accions permanents.....	67
5.3.1.2	Valors representatius de les accions variables.....	67
5.3.2	Valor de càlcul de les accions.....	68
5.3.3	Combinacions d'accions.....	69
5.3.3.1	Combinacions per comprovacions en E.L.U.....	69

5.3.3.1.1. En situacions persistents o transitòries	70
5.3.3.2. Combinacions per comprovacions en E.L.S.....	70
5.3.3.2.1. Combinació característica (poc probable o rara)	70
5.3.3.2.2. Combinació freqüent.....	71
5.3.3.2.3. Combinació casi-permanent	71
5.4. Dimensionament dels elements estructurals.....	71
5.4.1. Aspectes a considerar	71
5.4.1.1. Disposició dels elements estructurals	71
5.4.1.2. Verificació dels elements estructurals	73
5.4.1.2.1. Verificació E.L.U.....	73
5.4.1.2.1. Verificació E.L.S	75
5.4.1.3. Amplada mínima transitable per vianants	77
5.4.1.4. Separació entre taulers.....	78
5.4.2. Dimensionament tarima.....	78
5.4.2.1. Dimensions tauler candidat	78
5.4.2.2. Accions del tauler	79
5.4.2.3. Tractament de les accions del tauler.....	80
5.4.2.4. Possibles combinacions de les accions.....	81
5.4.2.5. Verificació E.L.U. de flexió simple.....	83
5.4.2.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant	84
5.4.2.7. Verificació E.L.S. de deformació	85
5.4.3. Dimensionament quartó longitudinal	86
5.4.3.1. Dimensions quartó longitudinal candidat.....	86
5.4.3.2. Accions del quartó longitudinal.....	86
5.4.3.3. Tractament de les accions del quartó longitudinal	89
5.4.3.4. Possibles combinacions de les accions	89
5.4.3.5. Verificació E.L.U. de flexió simple.....	91
5.4.3.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant	93
5.4.3.7. Verificació E.L.S. de deformació	93
5.4.4. Dimensionament quartó transversal	95
5.4.4.1. Dimensions quartó transversal candidat.....	95
5.4.4.2. Accions del quartó transversal.....	95
5.4.4.3. Tractament de les accions del quartó longitudinal	98

5.4.4.4. Possibles combinacions de les accions.....	99
5.4.4.5. Verificació E.L.U. de flexió simple.....	101
5.4.4.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant	102
5.4.4.7. Verificació E.L.S. de deformació	103
5.4.5. Dimensionament jàssera	104
5.4.5.1. Dimensions jàssera candidata.....	104
5.4.5.3. Tractament de les accions.....	113
5.4.5.4. Possibles combinacions de les accions.....	113
5.4.5.5. Verificació E.L.U. de flexió simple.....	127
5.4.5.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant	130
5.4.5.7. Verificació E.L.S. de deformació	137
5.4.6. Modelització de la passarel·la en 3D.....	140
5.4.6.1. Aplicació de material.....	142
5.4.6.2. Grup de juntes.....	143
5.4.6.3. Mallat.....	146
5.4.6.4. Subjeccions.....	147
5.5. Unions entre elements estructurals	150
5.5.1. Unió tauler-quartó longitudinal	150
5.5.1.1. Descripció.....	151
5.5.1.2. Consideracions constructives	152
5.5.2. Unió quartó longitudinal-quartó transversal.....	155
5.5.2.1. Descripció.....	155
5.5.2.2. Consideracions constructives	155
5.5.3. Unió quartó transversal-jàssera	155
5.5.3.1. Descripció.....	156
5.5.3.2. Consideracions constructives	157
5.5.4. Unió jàssera-fonamentació	159
5.6. Conclusions de l'anàlisi estructural.....	160
6. Impacte ambiental.....	162
6.1. Identificació d'impactes	162
6.2. Avaluació d'impactes	163
6.2.1. Fase de construcció.....	166
6.2.1.1. Impacte sobre la geologia.....	166

6.2.1.1.1. Alteracions sobre la geomorfologia.....	166
6.2.1.1.2. Riscs d'erosió dels talussos generats	167
6.2.1.1.3. Pèrdua de sòl.....	168
6.2.1.2. Impacte sobre les aigües.....	168
6.2.1.2.1. Aigües superficials.....	168
6.2.1.2.2. Aigües subterrànies.....	169
6.2.1.3. Impactes sobre les comunitats biològiques	169
6.2.1.3.1. Vegetació	169
6.2.1.3.2. Fauna.....	170
6.2.1.4. Impacte sobre el paisatge.....	171
6.2.1.5. Impactes sobre els nivells sonors (producció de sorolls)	173
6.2.1.6. Impactes sobre la qualitat de l'aire.....	174
6.2.1.7. Impacte socio-econòmics	175
6.2.1.8. Gestió de residus.....	176
6.2.2. Fase d'exploració.....	177
6.2.2.1. Qualitat de les aigües subterrànies i superficials.....	177
6.2.2.2. Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.....	178
6.2.2.3. Soroll emès com a conseqüència del funcionament de la construcció	179
6.2.2.3. Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.....	179
6.2.2.4. Generació de residus.....	180
6.3. Mesures preventives, compensatòries i correctores recomanades.....	180
6.3.1. Mesures preventives	180
6.3.1.1. Fase de construcció.....	181
6.3.1.1.1. Moviment general de terres	181
6.3.1.1.2. Hidrologia	182
6.3.1.1.3. Vegetació	182
6.3.1.1.4. Fauna.....	182
6.3.1.1.5. Paisatge	182
6.3.1.1.6. Soroll.....	183
6.3.1.1.7. Pols.....	183
6.3.1.1.8. Residus.....	183
6.3.1.1.9. Patrimoni cultural.....	183
6.3.1.2. Fase d'exploració.....	183

6.3.1.2.1. Hidrologia	183
6.3.1.2.2. Vegetació i fauna	183
6.3.1.2.3. Soroll.....	183
6.3.1.2.4. Residus.....	184
6.3.1.2.5. Olors.....	184
6.3.2. Mesures correctores.....	184
6.3.2.1. Geologia	184
6.3.2.2. Integració paisatgística	184
6.3.2.3. Sorolls.....	184
6.3.2.4. Olors	184
6.4. Programa de vigilància ambiental	185
6.4.1. Objecte del programa.....	185
6.4.2. Desenvolupament del programa	185
6.4.2.1. Fases i durada del programa	185
6.4.2.2. Equip de treball.....	185
6.4.2.3. Tramitació d'informes	185
6.4.3. Primera fase: Pla de seguiment i control durant l'execució de les obres ...	185
6.4.3.1. Consideracions generals	185
6.4.3.2. Seguiment de mesures protectores o preventives.....	186
6.4.3.2.1. Control del moviment general de terres.....	186
6.4.3.2.2. Control de les àrees de moviment de maquinària	186
6.4.3.2.3. Control d'operacions sorolloses.....	186
6.4.3.2.4. Control de la qualitat de l'aire	186
6.4.3.2.5. Control dels residus	186
6.4.3.2.6. Control d'ubicació de pèrdues, zones de préstec, abocadors i zones d'aplec temporal	187
6.4.3.2.7. Manteniment de serveis i servituds.....	187
6.4.3.2.8. Seguiment de mesures correctores.....	187
6.4.3.3. Informes.....	188
6.4.3.3.1. Informes ordinaris	188
6.4.3.3.1. Informes extraordinaris	188
6.4.4. Segona Fase: Pla de seguiment i control durant l'explotació de les instal·lacions.....	189
6.4. Conclusions de l'Estudi d'impacte Ambiental	189

8. Planificació del projecte	191
9. Conclusions	193
10. Referències	197
10.1 Compliment de les normes vigents	197
10.2 Bibliografia.....	198

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1: Localització del present projecte	4
Il·lustració 2: Pont antic a derruir	5
Il·lustració 3: Voltants l'emplaçament del projecte.	5
Il·lustració 4: Línia d'alimentació pública més propera.	6
Il·lustració 5: Emplaçament per la maquinaria de subministrament de l'energia renovable.	6
Il·lustració 6: Biga d'acer convencional.	7
Il·lustració 7: Bigas de fusta.	8
Il·lustració 8: Biga de formigó	10
Il·lustració 9: Exemple de passarel·la 1.	12
Il·lustració 10: Exemple de passarel·la 2.	12
Il·lustració 11: Exemple de passarel·la 3.	13
Il·lustració 12: Exemple de passarel·la 3	13
Il·lustració 13: Unió amb soldadura.	14
Il·lustració 14: Unió amb cargols de rosca mètrica.	15
Il·lustració 15: Unió amb cargols	16
Il·lustració 16: Unió encolada.	17
Il·lustració 17: Unió amb penjador.	18
Il·lustració 18: Unió amb esquadra.	19
Il·lustració 19: Unió amb claus.	20
Il·lustració 20: Unió per encaix.	21
Il·lustració 21: Retall del Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.	23
Il·lustració 22: Retall de la informació del codi s60.	24
Il·lustració 23: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període retorn de 10 anys.	30
Il·lustració 24: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període retorn de 100 anys.	30
Il·lustració 25: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període retorn de 500 anys.	31
Il·lustració 26: Retall indicatiu del codi que correspon al tipus de sòl.	35
Il·lustració 27: Codis de la cartografia geològica de l'ICC.	36
Il·lustració 28: Mapa de pendents de Catalunya (Agència, 2001).	37
Il·lustració 29: Retall del Mapa d'usos del sòl de Catalunya.	38
Il·lustració 30: Secció acotada de pas lliure sota el pont.	44
Il·lustració 31: Mapa d'isotaques per l'obtenció de la velocitat bàsica fonamental del vent $v_{b,0}$	54
Il·lustració 32: Mapa de perillositat sísmica.	66
Il·lustració 33: Vista en alçat de la secció proposada.	72
Il·lustració 34: Vista en perfil de la secció proposada.	72
Il·lustració 35: Distribució de les tensions normals en la secció de la biga. Vista de la biga lateral.	74

Il·lustració 36: Distribució de les tensions tangencials en la secció de la biga. Vista de la biga lateral.	75
Il·lustració 37: Dimensions rellevants per als vianants.	78
Il·lustració 38: Aplicació de les accions a Solidworks.	114
Il·lustració 39: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	115
Il·lustració 40: Aplicació de les accions a Solidworks.	116
Il·lustració 41: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	116
Il·lustració 42: Aplicació de les accions a Solidworks.	117
Il·lustració 43: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	118
Il·lustració 44: Aplicació de les accions a Solidworks.	119
Il·lustració 45: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	119
Il·lustració 46: Aplicació de les accions a Solidworks.	120
Il·lustració 47: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	121
Il·lustració 48: Aplicació de les accions a Solidworks.	122
Il·lustració 49: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	122
Il·lustració 50: Aplicació de les accions a Solidworks.	123
Il·lustració 51: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	124
Il·lustració 52: Aplicació de les accions a Solidworks.	125
Il·lustració 53: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	125
Il·lustració 54: Aplicació de les accions a Solidworks.	126
Il·lustració 55: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura. ...	126
Il·lustració 56: Resultat d'esforç a flexió cas 1 d'E.L.U.	127
Il·lustració 57: Zoom de la zona més sol·licitada.	128
Il·lustració 58: Resultat d'esforç a flexió cas 2 d'E.L.U.	128
Il·lustració 59: Zoom de la zona més sol·licitada.	129
Il·lustració 60: Resultat d'esforç a flexió cas 3 d'E.L.U.	129
Il·lustració 61: Zoom de la zona més sol·licitada.	130
Il·lustració 62: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 1 d'E.L.U.	131
Il·lustració 63: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 1 d'E.L.U en unitats N/m^2	131
Il·lustració 64: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 1 d'E.L.U.	132
Il·lustració 65: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 1 d'E.L.U en unitats N/m^2	132
Il·lustració 66: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 2 d'E.L.U.	133
Il·lustració 67: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 2 d'E.L.U en unitats N/m^2	133
Il·lustració 68: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 2 d'E.L.U.	134
Il·lustració 69: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 2 d'E.L.U en unitats N/m^2	134
Il·lustració 70: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 3 d'E.L.U.	135
Il·lustració 71: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 3 d'E.L.U en unitats N/m^2	135
Il·lustració 72: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 3 d'E.L.U.	136

Il·lustració 73: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 3 d'E.L.U en unitats N/m^2	136
Il·lustració 74: Resultat simulació cas 1 d'E.L.S.	137
Il·lustració 75: Resultat simulació cas 2 d'E.L.S.	138
Il·lustració 76: Resultat simulació cas 3 d'E.L.S.	138
Il·lustració 77: Resultat simulació cas 4 d'E.L.S.	139
Il·lustració 78: Resultat simulació cas 5 d'E.L.S.	139
Il·lustració 79: Resultat simulació cas 6 d'E.L.S.	140
Il·lustració 80: Vista frontal del model de la passarel·la.....	141
Il·lustració 81: Vista isomètrica del model de la passarel·la.....	141
Il·lustració 82: Vista isomètrica del model de la passarel·la cap per vall.	142
Il·lustració 83: Assignació del nou material.....	143
Il·lustració 84: Retall de l'editor de juntes.	144
Il·lustració 85: Vista frontal del model de la passarel·la amb juntes.	144
Il·lustració 86: Vista isometrica del model de la passarel·la amb juntes.	145
Il·lustració 87: Alçat del model de la passarel·la amb juntes.....	146
Il·lustració 88: Vista frontal del mallar del model de la passarel·la amb juntes.	146
Il·lustració 89: Vista isomètrica del mallat del model de la passarel·la.....	147
Il·lustració 90: Vista isomètrica del mallat del model de la passarel·la ampliat i cap per vall.	147
Il·lustració 91: Retall de l'editor de subjeccions.	148
Il·lustració 92: Vista isomètrica del model de la passarel·la amb els suports en les juntes d'un extrem.....	148
Il·lustració 93: Retall de l'editor de subjeccions.	149
Il·lustració 94: Vista isomètrica del model de la passarel·la amb els suports en les juntes de l'altre extrem.....	150
Il·lustració 95: Unió tarima - quartó longitudinal.	151
Il·lustració 96: Caragol seleccionat.	151
Il·lustració 97: Identificació de mesures del caragol.....	152
Il·lustració 98: Disposició del caragol.....	153
Il·lustració 99: Retall CTE-DB-SE-M.....	153
Il·lustració 100: Unió quartó longitudinal - quartó transversal.	155
Il·lustració 101: Unió quartó transversal - jàssera.....	156
Il·lustració 102: Penjador de biga seleccionat.	156
Il·lustració 103: Dibuix explicatiu de les forces suportades.	157
Il·lustració 104: Conjunt caragol mascle femella.....	158
Il·lustració 105: Volandera.....	159
Il·lustració 106: Clau de fusta emprat.	159
Il·lustració 107: Junta elastomèrica de neoprè.	160
Il·lustració 108: Captura de la representació de la construcció final.	194
Il·lustració 109: Captura de la representació de la construcció final.	195
Il·lustració 110: Captura de la representació de la construcció final.	195
Il·lustració 111: Captura de la representació de la construcció final.	196
Il·lustració 112: Captura de la representació de la construcció final.	196

Índex de taules

Taula 1: Característiques d'una biga de fusta massissa vs laminada encolada.....	9
Taula 2: Característiques físiques de la riera.....	22
Taula 3: Classificació de la profunditat dels sòls.	24
Taula 4: Classificació i descripció de les classes de drenatge.....	25
Taula 5: Classe de textura bàsica per a la descripció de sèries i unitats cartogràfiques.	25
Taula 6: Classificació dels continguts d'elements grossos.....	26
Taula 7: Descripció de la reacció (pH) del sòl.	26
Taula 8: Classificació del contingut de matèria orgànica als horitzons superficials.	27
Taula 9: Classificació del contingut de carbonat càlcic equivalent.	27
Taula 10: Classificació del contingut de guix.	28
Taula 11: Valors de la precipitació diària establerts.....	31
Taula 12: Precipitació diària minorada per un determinat temps de retorn.....	33
Taula 13: Taula per l'obtenció del llinard d'escorrentiu.	34
Taula 14: Correlació de definició per al mètode de l'SCS realitzat per ACA.....	38
Taula 15: Obtenció de llinard d'escorrentia inicial.	39
Taula 16: Coeficients d'escorrentiu obtinguts per a cada període de retorn.	40
Taula 17: Intensitat mitjana de precipitació segons el temps de retorn.	42
Taula 18: Cabal segons el temps de retorn.	44
Taula 19: Coeficient de rugositat de Manning (n).....	45
Taula 20: Comparativa cabal del riu amb la capacitat de desguàs de la secció construïda.	46
Taula 21: Característiques d'una biga de fusta massissa vs laminada encolada.....	48
Taula 22: Propietats de la fusta utilitzada.....	49
Taula 23: Valors del factor K_{mod}	51
Taula 24: Variables k_r , z_0 i z_{min} , segons el tipus d'entorn.	56
Taula 25: Coeficient d'ocultament "η".....	60
Taula 26: Historial nevades Pineda de Mar amb un temps de retorn de 50 anys.....	63
Taula 27: Sobrecarrega de neu sobre un terreny horitzontal en les capitals de província i ciutats autònomes.	64
Taula 28: Factors de simultaneïtat (Ψ).	68
Taula 29: Coeficients de seguretat (γ_F) per les accions en comprovacions resistents (E.L.U, STR).	69
Taula 30: Dimensions del tauler candidat.	78
Taula 31: Tractament de les accions.....	81
Taula 32: Dimensions del quartó longitudinal candidat.....	86
Taula 33: Tractament de les accions.....	89
Taula 34: Dimensions del quartó transversal candidat.....	95
Taula 35: Tractament de les accions.....	98
Taula 36: Dimensions de la jàssera candidata.....	104
Taula 37: Taula resum de les accions amb els possibles coef. de seguretat i factor de simultaneïtat que afecten a la passarel·la.	113

Taula 38: Possible combinació de les accions.....	114
Taula 39: Possible combinació de les accions.....	115
Taula 40: Possible combinació de les accions.....	117
Taula 41: Possible combinació de les accions.....	118
Taula 42: Possible combinació de les accions.....	120
Taula 43: Possible combinació de les accions.....	121
Taula 44: Possible combinació de les accions.....	123
Taula 45: Possible combinació de les accions.....	124
Taula 46: Possible combinació de les accions.....	126
Taula 47: Retall CTE-DB-SE-M.	153
Taula 48: Resistència característica del caragol emprat.	154
Taula 49: Retall de la taula que mostra les característiques del penjador seleccionat.	157
Taula 50: Valors característics de les forces capaces de suportar el penjador emprat.	158
Taula 51: Valoració dels impactes sobre la geomorfologia.	166
Taula 52: Valoració dels riscos d'erosió dels talussos generats.	167
Taula 53: Valoració de l'impacte en pèrdues de sòl.....	168
Taula 54: Valoració de l'impacte en aigües superficials.....	169
Taula 55: Valoració de l'impacte en la vegetació.	170
Taula 56: Valoració de l'impacte en la fauna.....	171
Taula 57: Valoració de l'impacte sobre el paisatge.....	172
Taula 58: Soroll emès per les màquines treballant a una distància de 15m.	173
Taula 59: Valoració de l'impacte sonor.	174
Taula 60: Valoració de l'impacte sobre la qualitat de l'aire.....	175
Taula 61: Valoració de l'impacte social.	176
Taula 62: Valoració de l'impacte econòmic.....	176
Taula 63: Valoració de l'impacte en la gestió de residus.....	177
Taula 64: Valoració de l'impacte en la qualitat de les aigües subterrànies i superficials.	177
Taula 65: Valoració de l'impacte sobre la qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.....	179
Taula 66: Valoració de l'impacte sobre el soroll emès.....	179
Taula 67: Entrega de documentació.	191
Taula 68: Diagrama de Gantt per l'execució de les diferents tasques del projecte.	191

Glossari de termes

A	Àrea de desguàs (m ²)
a _b	Acceleració bàsica (m/s ²)
a _c	Acceleració sísmica horitzontal de càlcul (m/s ²)
ACA	Agència Catalana de l'Aigua
A _{ef}	Àrea de la secció eficaç (m ²)
A _{QL}	Àrea de la secció eficaç del quartó longitudinal (m ²)
A _{ref}	Àrea en planta del tauler (m ²)
A _{ref,z}	Àrea en planta del tauler (m ²)
A _T	Àrea de la secció eficaç del tauler (m ²)
A _{tot}	Àrea bruta (m ²)
b	Amplada de la secció (m)
b _K	Amplada de la secció del tauler més la distància entre taulers (m)
b _{QL}	Amplada de la secció del quartó longitudinal (m)
b _{QT}	Amplada de la secció del quartó transversal (m)
b _T	Amplada de la secció del tauler (m)
b _j	Amplada de la secció de la jàssera (m)
C	Coefficient d'escorrentiu de la conca (adimensional)
c _{dir}	Factor direccional del vent (adimensional)
c _e	Coefficient d'exposició en funció de l'altura "z" (adimensional)
c _f	Coefficient de força (adimensional)
c _{f,x}	Coefficient de força horitzontal (adimensional)
c _{f,z}	Coefficient de força en la direcció vertical "z" (adimensional)
CM	Càrrega morta (N/m)
CM _{QT}	Càrrega morta total que afecta al quarto transversal (N/m)
CM1 _{QL}	Càrrega morta procedent del tauler, que pateix el quartó longitudinal (N/m)
CM1 _{QT}	Càrrega morta procedent del tauler, que pateix el quartó transversal (N/m)
CM1 _j	Càrrega morta procedent dels taulers, que pateix la jàssera (N/m)

XVI

$CM2_{QT}$	Càrrega morta procedent de quartons longitudinals, que pateix el quartó transversal (N/m)
$CM2_j$	Càrrega morta procedent dels quartons longitudinals, que pateix la jàssera (N/m)
$CM3_j$	Càrrega morta procedent dels quartons transversals, que pateix la jàssera (N/m)
c_o	Factor topogràfic (adimensional)
c_{prob}	Factor de probabilitat (adimensional)
c_r	Factor de rugositat (adimensional)
c_{season}	Factor estacional del vent. (adimensional)
DB-SE-M	<i>Documento Basico de Seguridad Estructural de la Madera</i>
E	Mòdul d'elasticitat (KN/mm ²)
E.L.S	Estat límit de servei
E.L.U	Estat límit últim
$E_{0,mig}$	Mòdul d'elasticitat paral·lel mig (KN/mm ²)
$f_{c,0,k}$	Compressió paral·lela (N/mm ²)
$f_{c,90,k}$	Compressió perpendicular (N/mm ²)
$f_{m,d}$	Resistència de càlcul de la fusta a flexió majorat (N/m ²)
$f_{m,k}$	Flexió (N/mm ²)
$f_{t,0,k}$	Tracció paral·lela (N/mm ²)
$f_{t,90,k}$	Tracció perpendicular (N/mm ²)
$f_{v,d}$	Resistència de càlcul de la fusta a tallant (N · m ²)
$f_{v,k}$	Tallant (N/mm ²)
F_W	Càrrega del vent (N)
$F_{W,z}$	Empenta vent vertical (N)
g	Acceleració de la gravetat (m/s ²)
G	Accions permanents de valor constant (N)
G*	Accions permanents de valor no constant (N)
$G_{K,j}$	Valor característic de cada acció permanent (N)
$G_{K,j}^*$	Valor característic de cada acció permanent de valor no constant (N)
h	Cantell de la secció (m)
h_{ef}	Altura de la secció de la biga eficaç (m)
h_{eq}	Altura equivalent (m)

h_j	Altura de la secció de la jàssera (m)
h_p	Altura ocultada per l'element exposat (m)
h_{QL}	Altura de la secció del quartó longitudinal (m)
h_{QT}	Altura de la secció del quartó transversal (m)
h_T	Altura de la secció del tauler (m)
I	Inèrcia de la secció escollida (m^4)
I	Intensitat mitjana de precipitació de disseny en un l'interval (mm/h)
IAP-11	<i>Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes</i>
ICGC	Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya
J	Pendent mitja del curs (m/m)
K	Coefficient d'uniformitat (adimensional)
K_{Def}	Coefficient de deformació definitiu (adimensional)
K_i	Factor de turbulència (adimensional)
K_{mod}	Coefficient modificador
K_t	Factor de terreny (adimensional)
L	Longitud (km)
L_{QLS}	Longitud del tram de quartó longitudinal sol·licitat (m)
L_{QTS}	Tram sol·licitat dels quartons transversals (m)
L_S	Longitud del tram sol·licitat (m)
L_{TS}	Longitud del tram de tauler sol·licitat (m)
L_{ef}	Longitud eficaç (m)
L_j	Longitud de la jàssera sol·licitada (m)
$M_{horitz.jb}$	Moment càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent ($(N \cdot m)/m$)
$M_{horitz.js}$	Moment càrrega horitzontal del vent en la jàssera sotavent ($(N \cdot m)/m$)
M_{Barana}	Moment generat per l'acció de la barana ($(N \cdot m)/m$)
$M_{Barana.j}$	Moment generat per l'acció de la barana ($KN \cdot m$)
M_T	Moment generat per l'acció de la sobrecàrrega d'ús longitudinal ($(N \cdot m)/m$)
M_d	Moment flector màxim amb càrrega majorada ($N \cdot m$)
n	Factor de rugositat (adimensional)

XVIII

NCSP-07	Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes
Neu	La càrrega de neu (N/m)
N_{QL}	Nombre de quartons longitudinals (adimensional)
Neu_{QL}	La càrrega de neu que pateix el quartó longitudinal (N/m)
Neu_{QT}	La càrrega de neu que pateix el quartó transversal (N/m)
Neu_T	La càrrega de neu que pateix el tauler (N/m)
Pd	Precipitació diària (mm/dia)
PP	Pes propi (N/m)
PP_{QL}	Pes propi quartó longitudinal (N/m)
PP_{QT}	Pes propi quartó transversal (N/m)
PP_T	Pes propi tauler (N/m)
PP_j	Pes propi de la jàssera (N/m)
$q_{E.L.S}$	Càrrega E.L.S. a verificar (N/m)
$q_{E.L.U}$	Càrrega E.L.U. a verificar (N/m)
Q	Accions variables (N)
Q	Cabal (m^3/s)
q	Carregà (N)
q_{fk}	Càrrega vertical uniformement distribuïda (N)
Q_{fk}	Força horitzontal longitudinal (N)
Q_K	La sobrecarrega uniforme de neu característica (N/m)
$Q_{K,1}$	Valor característic de l'acció variable dominant (N)
Q_{SC}	Cabal en la secció construïda (m^3/s)
Rh	Radi hidràulic. (m)
S	Superfície (km^2)
S_{at}	Coefficient d'ampliació del terreny (adimensional)
S_h	Distància horitzontal entre les superfícies d'ambdós elements (m)
S_K	Factor de sobrecarrega (N)
S_r	Espaiament relatiu (adimensional)
SU	Sobrecàrrega d'ús (N/m)
$SU_{horit .T}$	Sobrecarrega uniforme horitzontal (N/m)

SU_K	Sobrecarrega uniforme característica (N/m)
SU_{QL}	Sobrecarrega que el quartó longitudinal (N/m)
SU_T	Sobrecarrega que pateix el tauler (N/m)
T	Temps (anys)
USDA	Departament d'agricultura dels estats unit
v_b	Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de 50 anys (m/s)
$v_b(T)$	Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys (m/s)
$v_{b,0}$	Velocitat bàsica fonamental del vent (m/s)
V_d	Esforç tallant màxim amb carrega majorada (N)
$V_{horit .jb}$	Càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent (N/m)
$V_{hori .js}$	Càrrega horitzontal del vent en la jàssera sotavent (N/m)
$V_{long.}$	Càrrega del vent longitudinal (N/m)
V_m	Velocitat mitjana del vent (m/s)
$V_{vertic.QL}$	Càrrega vent vertical quartó longitudinal (N/m)
$V_{vertic.QT}$	Càrrega vent vertical quartó transversal (N/m)
$V_{vertic.T}$	Càrrega vent vertical tauler (N/m)
$V_{vertic.js}$	Càrrega vent vertical (N/m)
X_d	Qualsevol resistència de càlcul (N/mm ²)
X_K	Resistència característica (N/mm ²)
z	Alçada del punt d'aplicació d'empenta del vent (m)
z_{min}	Altura mínima (m)
z_0	Longitud de la rugositat (m)
λ	Relació de solidesa (adimensional)
Ψ	Factor de simultaneïtat (adimensional)
ρ_A	Densitat de l'aire (Kg/m ³)
ρ_F	Densitat de la fusta (Kg/m ³)
ρ_k	Densitat característica (Kg/m ³)
$\gamma_{G'}$	Coefficients parcials (adimensional)
γ_m	Coefficient de seguretat parcial de la fusta (adimensional)
$\gamma_{0,i} Q_{K,1}$	Valor de combinació de les accions variables concomitants (N)

XX

γ_Q	Coefficients parcials (adimensional)
γ_I	Factor d'importància (adimensional)
γ_{II}	Factor modificador (adimensional)
ζ_{Final}	Fletxa final diferida (m)
$\zeta_{inicial}$	Fletxa inicial (m)
ζ_{Rel}	Fletxa límit (m)
σ	Tensions normals (N/m^2)
$\sigma_{m,d}$	Tensions normals màximes amb carrega majorada (N/m^2)
$\tau_{m,d}$	Tensions tangencials màximes amb carrega majorada ($N \cdot m^2$)

1. Objectius.

Com a objectiu general el present projecte vetlla en tot moment per la preservació de l'entorn, evita consums energètics innecessaris, pretén minimitzar la contaminació i promou les tecnologies més eficients per avançar cap a un model urbanístic de consum d'energia que sigui sostenible i contribueixi a l'objectiu europeu de baixar la petjada de l'emissió del carboni a l'atmosfera d'acord amb els objectius del Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012-2020.

1.1. Propòsit.

L'ajuntament del municipi de Pineda de Mar en un futur desenvoluparà una nova zona urbanitzable en el Barri les creus. Aquesta nova zona urbanitzable es troba delimitada per la riera Pineda, per tant, un accés serà necessari per realitzar la comunicació entre el nou sector urbanitzable i una zona verda. La solució a implementar és la construcció d'un pont per vianants per salvar així la barrera natural que suposa la riera.

1.2. Finalitat.

En la nova zona urbanitzable es preveu de manera molt aproximada la construcció de 150 habitatges. Caldria doncs, construir un accés per vianants a condicionat amb la il·luminació adequada des d'aquesta nova zona urbanitzada, a la zona verda, salvant l'encreuament de la riera Pineda mitjançant un pont per vianants segur, que permeti el seu ús a gent amb cadira de rodes, construït amb ciment i fusta, amb una amplada suficient per a l'ús de dues persones a l'hora.

És per això que amb l'entrega d'aquest projecte a l'Excel·lentíssim Ajuntament de Pineda de Mar es proposi la construcció d'un nou pont.

1.3. Objecte.

Actualment, la comunicació de la zona verda amb la nova zona urbanitzable es realitza per un pont mig derruït, sense baranes ni il·luminació, d'una amplada menor a un metre a 200m de la nova construcció. El pont actual suposa una greu perill per als usuaris però especialment resulta un impediment per la gent amb cadira de rodes.

És necessari recalcar que aproximadament a 500m es situa el col·legi *Horitzó* especialitzat en gent discapacitada, llavors si algun alumne del col·legi que disposes com a únic element de transport una cadira de rodes i al mateix temps visques en la nova zona urbanitzables el camí que tindria que realitzar superaria el kilòmetre de recorregut, fet inviable.

1.4. Abast.

El present projecte té com a finalitat desenvolupar el disseny i dimensionament de tots aquells aspectes necessaris que comportin la construcció de la passarel·la de Pineda de Mar a nivell d'enginyer mecànic.

L'investigació de la tecnologia requerida no anirà més enllà de l'actualment ja existent. Sempre que sigui viable es seguiran normatives i s'utilitzaran programes informàtics per tal d'optimitzar la feina a realitzar.

Els estudis més rellevants i essencials que es portarà a terme és l'estudi hidrològic, el càlcul estructural i estudi d'impactes

Determinar el cabal d'un riu de manera exacte és molt complicat. Avui dia existeixen una amplia varietat de metodologies que permeten modelitzar el comportament d'un riu i amb aquets obtindre una gran quantitat d'informació. Llavors l'estudi hidrològic del riu pot ser tot el complexa que es desitgi, no obstant, en el present projecte dels càlculs hidrològics només s'espera una única conclusió, saber si el cabal màxim que és pot donar en el riu pot ser desgasat per la secció sota la passarel·la. Per tant, es realitzaran tots els càlculs necessaris en aquest àmbit per tal d'arribar a tenir la certesa de que mai el cabal del riu superarà la capacitat de desguàs de la secció sota la passarel·la i provocar el possible desbordament i consegüentment la fatal destrucció de la passarel·la.

El càlcul estructural és una part fonamental en el present projecte. Existeixen un munt de possibilitats, des de càlculs fets a mà, fins softwares que porten incloses les normatives a seguir. Sigui de la manera que sigui, si els resultats són correctes, el que interessa és que l'estructura dissenyada passi amb satisfacció les verificacions descrites en les corresponents normatives. Per aquest motiu, es limita a dimensionar una estructura, a partir d'elements i material disponibles en el mercat i es realitzaran els plànols per a que la constructora interpreti adequadament les especificacions tècniques dissenyades. El càlcul de la fonamentació de les sabates de la passarel·la l'haurà de realitzar un arquitecte a partir d'un estudi geològic del terreny, efectuant un segon projecte complementari a aquest.

Per tal de que l'afectació de la construcció de la passarel·la sigui la menor possible es crea un estudi d'impactes. Aquest estudi considerarà els impactes en fase de construcció i en fase de servei. Es limitarà a nombrar els impactes i a considerar possibles solucions, per a que siguin aplicades per part dels constructors, ja que les solucions als impactes que es poden aplicar a nivell de disseny es presentaran ja corregides.

L'optimització de l'ús de materials i determinades decisions de la construcció també es podrien portar a nivells d'estudi molt extensos, així i tot, el nivell d'optimització en el present projecte serà el requerit per projectes d'aquesta tipologia. Es portarà a terme l'optimització de l'ús dels materials de manera més minuciosa, ja que, és un dels aspectes primordials en tot el projecte el fet de reduir costos, en canvi, altres aspectes de menor importància es farà ús del criteri propi i l'experiència fins ara assolida. Aquestes

consideracions a nivell d'optimització es consideren suficients i òptimes entre volum de feina i aprofitament.

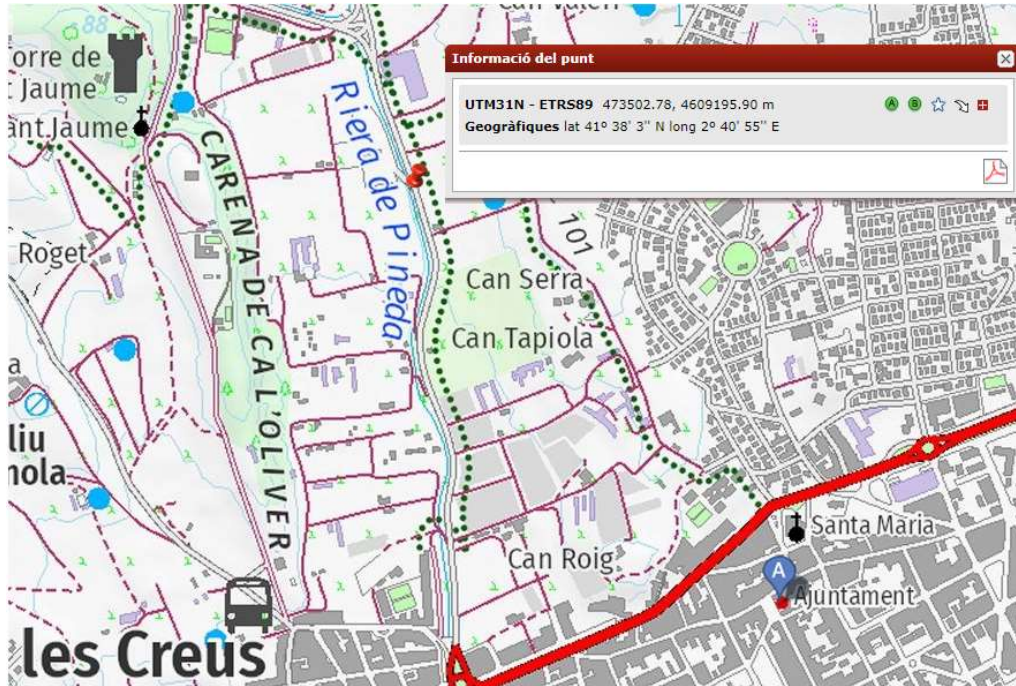
Per concloure, el que es pretén és fer un projecte totalment útil. Aquest projecte es limita a mostrar el disseny, verificació i planificació de la construcció d'una passarel·la per vianant. S'efectuaran els càlculs estructurals necessaris amb el dimensionament de les respectives unions. Es verificarà el cabal del riu mitjançant càlculs hidrològics. Es realitzarà la planificació de construcció. També es calcularan els costos. No obstant, no es realitzaran càlculs de fonamentació de l'estructura ni càlculs geològics, aquesta tasca correspondrà a una empresa especialitzada d'estudis geològics.

1.5. Línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.

Amb els coneixements obtinguts en el transcurs dels diferents cursos realitzats del grau d'enginyeria mecànica a la universitat Tecnocampus es consideren més que suficients per a executar les tasques anteriorment esmentades. Cal comentar que una gran quantitat dels càlculs elaborats en aquest projecte no tenen una relació directa amb la majoria d'assignatures efectuades, encara i així, Tecnocampus forma als enginyers per tal de desenvolupar una actitud amb criteri enginyeril. El present projecte s'engloba dins de les línies del grup de recerca de Fabricació Intel·ligent i Innovació Industrial (FI4.0).

2. Antecedents i necessitats d'informació

L'emplaçament del present projecte se situa en Pineda de Mar, un petit poble del Maresme. On en la seva riera principal, Riera de Pineda es construirà la nova passarel·la a instal·lar l'enllumenat, concretament a les coordenades geogràfiques 41° 38' 55". A continuació, es mostra la localització en un mapa geogràfic.



Il·lustració 1: Localització del present projecte

Font: Gencat.

L'actual passarel·la es troba en unes condicions lamentables, no presenta cap element de seguretat per als usuaris, únicament conserva una de les baranes. Tampoc disposa de l'amplada reglamentària ni il·luminació adequada. La construcció té aproximadament una antiguitat de 30 anys i no existeix cap projecte ni estudi que assegurï el compliment de normatives. Per aquest motiu, aquesta passarel·la suposa un perill per als vianants i és sol·licita que sigui destruït l'abans possible. La nova construcció assegurarà l'accés comentat de manera totalment segura i sense perills. S'observa a la Il·lustració 2 l'actual passarel·la.



Il·lustració 2: Pont antic a demuir

Font: Pròpia

Els voltants de la passarel·la es troba ple de canyes de bambú i vegetació en general. Per realitzar les operacions pertinents serà necessari fer una neteja forestal a uns 5 metres a la rodona. La massa forestal pot suposar un perill d'incendi en el procés d'instal·lació dels diversos elements. Qualsevol espurna generada en algun procés constructiu pot generar un incendi. Els voltants de l'emplaçament del projecte s'observen a continuació.



Il·lustració 3: Voltants l'emplaçament del projecte.

Font: Pròpia

A 100 metres aproximadament es troba la xarxa d'electricitat pública. Factor molt important a considerar a l'hora de construir la passarel·la . El fet que és situí tan a prop és un avantatge, ja que a l'hora de construir l'estructura i instal·lar l'instal·lació requerida

és necessari una font d'electricitat per fer anar les màquines i els dispositius necessaris. A continuació es mostra l'emplaçament de la línia d'alimentació elèctrica més propera.



Il·lustració 4: Línia d'alimentació pública més propera.

Font: Pròpia

Just al costat de la passarel·la es troba un descampat totalment desocupat, ple d'herbes i arbustos que pertany a terreny públic. Pot ser de gran interès saber l'existència d'aquesta zona per situar part del material i la maquinària necessària per desenvolupar l'activitat de construcció de la passarel·la. Es mostra a la Il·lustració 5.



Il·lustració 5: Emplaçament per la maquinària de subministrament de l'energia renovable.

Font: Pròpia

3. Marc conceptual

3.1 Material

En la història dels materials de construcció es pot observar com els enginyers i arquitectes han anat experimentant amb diferents materials amb la finalitat d'obtenir un material que sigui òptim per la realització de les obres, entre ells han sorgit l'acer, la fusta i el formigó.

3.1.1 Acer

L'acer emprat en estructures s'anomena acer estructural compost generalment pels elements d'acer i carboni a més d'altres que li proporcionen resistències concretes a diferents entorns amb el propòsit de ser utilitzat en edificis, ponts entre d'altres. A continuació es mostra una biga d'acer convencional.



Il·lustració 6: Biga d'acer convencional.

Font: Pt.tubewellscreens.

El fet que s'utilitzi en el camp de l'enginyeria són les seves bones propietats mecàniques, oferint capacitat de transmetre i resistència enfront de esforços mecànics sense trencar-se ni patir grans deformacions

Les propietats mecàniques característiques i perfils es troben normalitzats per les institucions especialitzades per la norma UNE EN 10025 amb una determinada nomenclatura

Per una banda, s'indica començant amb la lletra S el valor mínim garantit del límit elàstic, on el valor s'indicaria en la posició de les "x" en la següent nomenclatura:

Sxxx (N/mm²)

D'altra banda, el grau de soldabilitat i sensibilitat a la ruptura es denomina amb la següent nomenclatura en sentit creixent.

JR, J0, J2 i K2

Per acabar, alguns perfils normalitzats es denominen de la següent manera:

- IPN
- UPN
- 2UPN
- IPE
- HEB
- UPE

Valoració:

Avantatges:

1. Mesures normalitzades
2. Material rígid
3. Molt resistent
4. Bones propietats mecàniques a tracció i compressió
5. Dúctil

Desavantatges:

1. L'obtenció és complexa i contaminant
2. Impacte visual urbà.

3.1.2 Fusta

La fusta és el material estructural més conegut i utilitzat de tot el món. Prové dels arbres generalment cultivats per aquesta finalitat, on posteriorment, els arbres són talats i treballats per conformar les dimensions desitjades de la fusta. En el cas de la il·lustració que es troba a continuació és mostra la fusta en forma de biga.



Il·lustració 7: Bigas de fusta.

Font: Fustes Garolera.

Els elements constructius de fusta poden ser massissos o laminats encolats. Cadascun presenta avantatges per sobre de l'altre, no obstant, si es troba un equilibri adequat, les dues variants de biga poden ser útils. A la Taula 1 es mostra una comparació.

	Massissa	Laminada encolada
Varietat de cantells	Cantells grans limitats	Molt ampli
Resistència	Gran	Mitjana -Gran
Cost	Elevat	Econòmic

Taula 1: Característiques d'una biga de fusta massissa vs laminada encolada.

Font: Pròpia.

El *Documento Basico de Seguridad Estructural de la Madera* (DB-SE-M) normalitza 5 classes diferents d'ús per a la fusta emprada en una estructura. Aquesta classificació ve donada segons el grau d'humitat que pot assolir l'entorn de l'estructura al llarg de la seva vida útil, i per tant, la probabilitat de què els elements estructurals pateixin atacs ocasionats per agents biòtics.

-Classe de servei 1: Fusta l'interior, dins d'una edificació, i per tant, protegits de la humitat ambiental i dels salts tèrmics per la pròpia evolvent de l'edifici. Humitat inferior al 20%. Per exemple, bigues, puntals, etc...

-Classe de servei 2: Fusta afectada per uns certs canvis d'humitat. Fustes que es troben a l'exterior, però que al mateix temps estan protegides de les accions directes de l'aigua de la pluja. Humitat ocasionalment superior al 20%. Per exemple, un porxo.

-Classe de servei 3: Fusta es troba completament a l'exterior i pot ser mullada directament per l'aigua de la pluja, però que no està en contacte amb el terra.

Classe de servei 3.1: Element estructural al exterior però per sobre del terra i protegit per mesures constructives i o de disseny. Humitat ocasionalment superior al 20%. Per exemple, un voladís.

Classe de servei 3.2: Element estructural a l'exterior però per sobre del terra i no protegit per mesures constructives i o de disseny. Humitat freqüentment superior al 20%. Per exemple, qualsevol biga que es trobi a acció directa de la pluja.

-Classe de servei 4: Element estructural a l'exterior sense cap mena de protecció i en contacte amb el terra. Humitat supera permanentment el 20%. Per exemple, pilars en contacte directe amb el terra o construccions apropo d'aigua dolça.

-Classe de servei 5: Element estructural el qual es troba permanentment en contacte amb aigua salada. Humitat sempre major al 20%. Per exemple, construccions en aigües salades.

Valoració:

Avantatges:

1. Sostenible
2. Aspecte rural
3. Molt resistent
4. Bones propietats mecàniques
5. Orgànic

Desavantatges:

1. Limitada resistència a tracció
2. Poca rigidesa en comparació del formigó i l'acer
3. Mesures no normalitzades

3.1.3 Formigó

El formigó és un material creat a partir de la barreja de sorra, aigua, grava, ciment i o cal, que al secar adquireix unes propietats mecàniques molt interessants.

L'ús del formigó com a material estructural a pujat exponencialment al llarg de la història a causa de les millores de les seves propietats estructurals. A continuació es mostren bigues conformades amb formigó.



Il·lustració 8: Biga de formigó

Font: Materialesconstruccioncartagena.

El formigó bé normalitzat pels documents oficials EHE i distingeix 4 tipus diferents de formigó amb 4 nomenclatures:

- Formigó en massa (HM): que no presenta armadures.
- Formigó armat (HA): Presenta armadures passives d'acer, que requereix que el formigó sequi per començar a treballar.
- Formigó pretensat (HP): Presenta armadures actives, armadures que abans de secar el formigó ja es troben treballant.
- Formigó alta resistència (HAR): És aquell formigó el qual presenta una resistència superior a 50N/mm^2 .

La nomenclatura segons EHE continua amb la següent configuració:

(a)/(b)/(c)/(d)

On:

- a = És la resistència a compressió a 28 dies del secatge.
- b = Consistència.
- c = Magnitud màxima, en mm, de la grava que compon el formigó.
- d = Segons humitat de l'entorn.

Valoració general:

Avantatges:

1. Mesures en bigues normalitzades
2. Material rígid
3. Molt resistent
4. Bones propietats mecàniques

Desavantatges:

1. Limitada resistència a tracció
2. L'obtenció és complexa i contaminant
3. Impacte visual urbà.

3.2 Configuració dels elements estructurals

Al llarg de la història molts enginyers i arquitectes han dissenyat infinites configuracions d'elements estructurals per constituir passarel·les i ponts. Així i tot, es requereix el compliment d'uns objectius per tal de trobar una configuració ideal. A continuació s'exposen alguns exemples per tal d'agafar idees.

- Passarel·la a nivell, de fusta estructural amb entramat intern.



Il·lustració 9: Exemple de passarel·la 1.

Font: ar.pinterest.

- Passarel·la a nivell de fusta estructural amb tirants i arc.



Il·lustració 10: Exemple de passarel·la 2.

Font: Ruubay.

- Passarel·la a nivell de fusta amb estructura lateral.



Il·lustració 11: Exemple de passarel·la 3.

Font: Arquitecturaenacero.

- Passarel·la elevada constituïda de formigó.



Il·lustració 12: Exemple de passarel·la 3

Font: victorypes.blogs.upv.

3.3 Tipus d'unions

Depenent del material dels elements a unir, la forma, les circumstància i la quantitat de càrrega es pot escollir un tipus d'unió o un altre. A continuació es presenten algunes de les més utilitzades

- **Unió amb soldadura**

Les unions soldades únicament es poden efectuar entre alguns metalls. Existeixen moltes variants de soldadures, soldadura per arc, per gas, per làser, en fred, entre d'altres, cada tipologia presenta un avantatge sobre l'altre.



Il·lustració 13: Unió amb soldadura.

Font: Patec.

Valoració general:

Avantatges:

1. Molt resistent
2. Bones propietats mecàniques
3. Bona adaptació a superfícies irregulars

Desavantatges:

1. Pot afectar a la resistència del material a causa de les altes temperatures.
2. Mà d'obra especialitzada
3. Únicament viable entre alguns metalls
4. Consum d'energia elèctrica alt
5. Generalment es requereix de l'addició d'un gas inert.
6. Irreversible.

- **Unió cargols rosca mètrica**

Generalment les unions amb cargols de rosca mètrica solen anar pretensats amb una femella. Aquests cargols treballen molt bé a tracció, és per això que el disseny d'aquestes fixacions es realitzen pretensant el cargol el suficient com per que el cargol treballi a tracció i no a cisallament en l'espàrrec.

El pretensat dels cargols es realitzaran amb una clau dinamomètrica i o goniòmetre.

Aquestes unions es poden emprar per unir diferents materials, metall amb metall, fusta amb metall i altres.



Il·lustració 14: Unió amb cargols de rosca mètrica.

Font: Coaatgr.

Valoració general:

Avantatges:

1. Molt resistent a tracció.
2. Bones propietats mecàniques.
3. Unió reversible.
4. Mesures normalitzades.
5. Gran varietat de mesures.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Pretensat amb clau dinamomètrica i o goniòmetre.
3. Necessitat de fabricar en acer inoxidable per aplicacions en exterior.

- Unió amb cargols autoroscants

L'ús d'aquest tipus d'unió és més limitat que el cargol mètric. Es pot utilitzar generalment en unions on la rosca del cargol rosqui en fusta. Per tant, les unions viables amb aquesta fixació poden ser entre fusta i metall, entre fusta i fusta, entre d'altres, sempre considerant com un d'ells la fusta.



Il·lustració 15: Unió amb cargols

Font: Madera 21.

Valoració general:

Avantatges:

1. Resistència a tracció òptima.
2. Propietats mecàniques òptimes.
3. Mesures normalitzades.
4. Gran varietat de mesures.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Necessitat de fabricar en acer inoxidable per aplicacions en exterior.
4. Generalment requereix realitzar una perforació d'un diàmetre adequat.

- **Unió encolada**

Aquest tipus d'unió és molt habitual i destaca per la seva discreció, no és visible a simple vista. Únicament és viable en entre fusta i es requereix d'un fuster per poder efectuar-la.



Il·lustració 16: Unió encolada.

Font: Maderea.

Valoració general:

Avantatges:

1. Resistència òptima.
2. Propietats mecàniques òptimes.
3. Discret.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Mà d'obra especialitzada
4. Addició de cola.
5. Únicament viable entre fusta.

- **Unió amb penjador**

Aquesta tipologia d'unions es sol utilitzar en entramats estructurals, sobretot en habitatges amb bigues de fusta. Disposen d'una gran capacitat de càrrega direcció vertical i sentit cara inferior de la biga. La majoria de vegades s'utilitza en unions entre bigues de fusta i fusta, però també es pot veure en unions entre bigues de fusta i ferro o formigó. Requereixen elements de fixació externs com claus o cargols. Les mesures d'aquests els determina el fabricant.



Il·lustració 17: Unió amb penjador.

Font: Simpson.

Valoració general:

Avantatges:

1. Resistència molt bona.
2. Propietats mecàniques òptimes.
3. Capacitat de suportar grans càrregues verticals.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Necessitat de fabricar en acer inoxidable per aplicacions en exterior.

- **Unió amb esquadra**

Les unions amb esquadres es solen emprar també en entramats estructurals de fusta. Solen ser de metall i s'aplica on la forma dels elements estructurals o permeti. És indispensable la fixació de l'esquadra amb cargols o claus, i les dimensions d'aquests s'estipulen pel fabricant. La unió més habitual és entre bigues de fusta.



Il·lustració 18: Unió amb esquadra.

Font: Leroy Merlin.

Valoració general:

Avantatges:

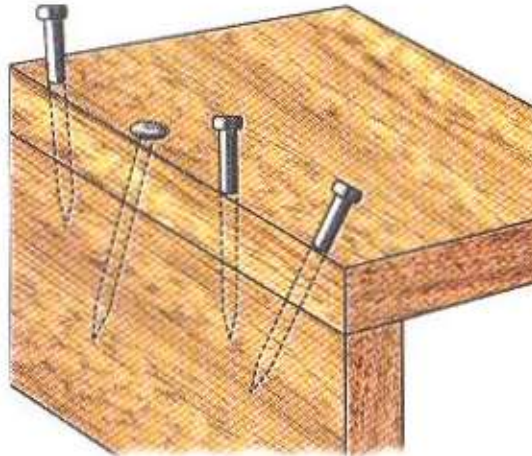
1. Resistència òptima.
2. Propietats mecàniques òptimes.
3. Capacitat de suportar grans càrregues horitzontals perpendiculars al pla paral·lel de les ales.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Necessitat de fabricar en acer inoxidable per aplicacions en exterior.

- Unió amb claus

Per realitzar una unió resistent amb aquest mètode cal més d'un clau. Cal destacar que per treballs a tracció és inviable. Existeixen tècniques de clavament de clau que afavoreixen la unió. Únicament es pot utilitzar entre elements estructurals de fusta.



Il·lustració 19: Unió amb claus.

Font: Manualidades-bricolagee.

Valoració general:

Avantatges:

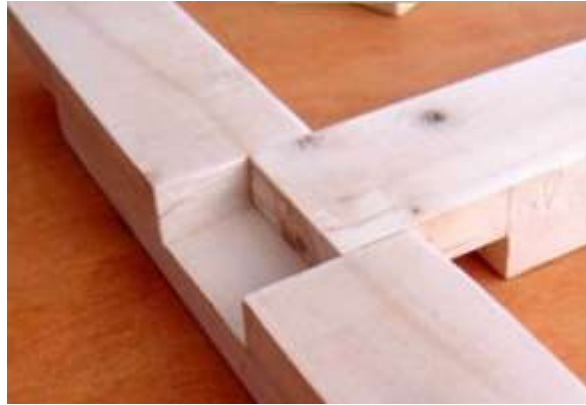
1. Preu econòmic.
2. Propietats mecàniques òptimes.
3. Capacitat de suportar càrregues horitzontals perpendiculars al clau.

Desavantatges:

1. Mala adaptació a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Necessitat de fabricar en acer inoxidable per aplicacions en exterior.
4. Resistència baixa amb només un clau.
5. Únicament viable entre fusta.

- **Unió per encaix**

No es requereix de cap element ni producte per realitzar aquest tipus d'unió, únicament és necessari realitzar una forma amb enginy en els elements estructurals perquè s'acoblin perfectament. Aquesta unió es subjecta per la forma dels elements estructurals i el propi pes.



Il·lustració 20: Unió per encaix.

Font:Decoraciónviva.

Valoració general:

Avantatges:

1. Preu econòmic.
2. Propietats mecàniques òptimes depenent del disseny.
3. Capacitat de suportar càrregues horitzontals i perpendiculars depenent del tipus d'encaix.

Desavantatges:

1. Joc en males adaptacions i a superfícies irregulars.
2. Irreversible.
3. Joc amb canvis bruscos de temperatura per les dilatacions.

4. Anàlisi hidrològic

En aquest estudi es pretén estudiar quines són les condicions actuals d'inundabilitat del pont existent i el futur pont. Per tant serà necessari determinar els cabals que es puguin produir en la riera de Pineda.

Els càlculs hidrològics que es realitzaran provindran de l' Agència Catalana de l'Aigua (ACA) el qual estableix un sistema efectiu per a Catalunya fent ús del Mètode Racional, del mètode SCS entre d'altres dins d'unes característiques determinades de la conca i zona d'estudi. Les limitacions són:

- La superfície de la conca no pot superar els 1000 km².
- La conca ha de ser predominantment rural.
- El temps de concentració (t) no ha de ser inferior a 0,25 hores ni superior a 24 hores.

Tal com recomana l' Agència Catalana de l'Aigua (ACA), l'estudi hidrològic s'ha de realitzar per a tres períodes de retorn diferents. Període de retorn de 10, 100 i 500 anys.

Un cop determinats els cabals de la riera, es calcularà la capacitat de desguàs de la secció construïda, per tal de comparar-lo amb el cabal del riu del període de retorn més desfavorable. Si el cabal del riu és inferior a la capacitat de desguàs de la construcció, el projecte serà fiable, en cas contrari, en un cas extrem el pont podrà ser derruït a causa de la força de l'aigua.

4.1. Dades físiques de la riera

Les dades físiques de la riera que es mostren en la següent taula, han sigut obtingudes d'un document generat pel *Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona*.

Nom de la riera	Desguassa a:	S (km ²)	L (km)	Inclinació (%)
Rra. de Pineda	Pineda de Mar	16,89	10,91	6,09

Taula 2: Característiques físiques de la riera.

Font: Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.

4.2. Anàlisi del sòl de la conca

Un factor molt important per tal de determinar el comportament d'un riu es saber el tipus de sòl que el forma. Aquest anàlisi, permetrà saber una gran quantitat d'informació del

sòl. Per exemple, la saturació del sòl, es a dir, en quin moment el sòl perdrà la capacitat d'absorbir l'aigua i, per tant, començarà a fluir l'aigua per la superfície de la conca.

Per tal de elaborar l'anàlisi del sòl cal consultar el *Mapa de sòls de Catalunya, Soil Taxonomy, 1 : 250 000* de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). El procés comença cercant l'àrea en què es trobarà el futur pont de vianants en el mapa esmentat.

A continuació, en la Il·lustració 21, es mostra un retall del mapa, en el que es pot observar que la riera Pineda es troba emmarcada per una àrea definida amb el codi *s60*.



Il·lustració 21: Retall del Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

Si es busca el codi de l'àrea seleccionada en el mapa s'obté el tipus de sòl de la conca. En la següent il·lustració, es troba el retall de la informació referent al codi. Per tant, es mostra tota la informació rellevant que defineix el tipus de sòl de la conca de la riera Pineda.

D) Sòls desenvolupats a les àrees que presenten un règim d'humitat xèric

Aquests sòls ocupen les serres exteriors del Pirineu, el Pirineu litoral i la major part del Sistema Mediterrani i de la Conca Central de la Depressió de l'Ebre. Aquestes zones es caracteritzen perquè els sòls, en condicions naturals, no poden proporcionar tota l'aigua que les plantes necessiten per al seu òptim desenvolupament, especialment durant el període de màxim creixement.

En aquest règim d'humitat no percolant, els productes més solubles rarament són rentats i transportats lluny del front d'humectació. D'altra banda, la temperatura mitjana anual dels sòls, en aquestes zones, a una profunditat de 50 cm, és superior a 8°C i en molts casos, superior a 15° (règims de temperatura mésic i tèrmic, respectivament).

Altres factors formadors importants en la determinació de les característiques i distribució dels sòls que s'han cartografiat en aquestes zones són les propietats dels materials originals i la posició geomorfològica on s'han desenvolupat. En aquest sentit cal destacar la presència d'alguns afloraments de roques volcàniques en la depressió de la Selva.

Els principals processos formadors identificats han estat: l'acumulació de matèria orgànica en algunes àrees que presenten un ús més aviat forestal, la translocació en dissolució de carbonats que ocasiona la calcificació d'alguns horitzons subsuperficials (horitzons càlcics) i que arriba, en posicions més estables, a la cimentació d'aquests horitzons (horitzons petrocàlcics), la translocació en dissolució de guix que ocasiona la gipsificació d'alguns horitzons subsuperficials (horitzons gípsics) i una certa gleificació que pot produir diferents hidromorfies en els fons de vall i terrasses a causa de processos redox (subgrups oxiaquics). A més, també s'han reconegut alguns processos de translocació en suspensió d'argila que s'acaba dipositant finament en porus i cares dels agregats formant horitzons argílics.

A més, el poc rentat que té lloc en aquests sòls fa que la major part dels productes solubles de la meteorització dels materials originals romanguin en el sistema. Aquest fet comporta que, en zones que presenten un drenatge deficient, els sòls puguin desenvolupar, de forma natural, una certa salinitat i, en funció de les característiques dels materials originals i de la composició d'aquestes sals, fins i tot una certa sodicitat. Aquests processos poden també ser induïts i, en molts casos, amplificats per algunes activitats antròpiques, principalment el reg.

Il·lustració 22: Retall de la informació del codi s60.

Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

A més a més, el document prèviament comentat també aporta una sèrie de taules que especifica de manera molt més tècnica la informació del terreny de la conca segons les paraules emprades en la definició de la Il·lustració 22. Aquestes taules es troben a continuació:

I. Classificació de la profunditat dels sòls

Classe	Profunditat efectiva (cm)
Molt soms o molt poc profunds	< 20
Soms o poc profunds	20 - 40
Moderadament profunds	40 - 80
Profunds	80 - 120
Molt profunds	> 120

Font: DARP, 1995

Taula 3: Classificació de la profunditat dels sòls.

Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

La definició de la Il·lustració 22 comenta que la profunditat del sòl pot variar de profunds a molt profunds. Llavors, si s'analitza la Taula 3, es pot arribar a la conclusió que la profunditat del sòl de la conca on es realitzarà la construcció del pont serà de com a mínim 80 cm.

II. Classificació i descripció de les classes de drenatge

Classe	Descripció
Drenatge molt ràpid	L'aigua s'elimina molt ràpidament del sòl
Drenatge ràpid	L'aigua s'elimina del sòl ràpidament
Ben drenat	L'aigua s'elimina amb facilitat. Generalment sense taques d'oxidació-reducció als primers 100 cm o fins a un 2% entre 60 i 100 cm
Moderadament ben drenat	L'aigua s'elimina amb certa lentitud. Del 2 al 20% de clapejat Fe-Mn d'oxidació-reducció entre 60 i 100 cm
Imperfectament drenat	L'aigua s'elimina del sòl amb lentitud. Taques d'oxidació-reducció entre la base de l'Ap i als 60 cm superficials
Escassament drenat	L'aigua s'elimina amb gran lentitud, romanent el sòl saturat durant un temps llarg. Taques d'oxidació-reducció amb croma menor de 2 abans dels 60 cm
Molt escassament drenat	L'aigua s'elimina tan lentament que el nivell freàtic sense oxigen es troba en superfície durant llargs períodes de temps

Font: CatSIS, 1993

Taula 4: Classificació i descripció de les classes de drenatge.**Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.**

A la taula anterior es mostren classificades els diferents tipus de drenatge del sòl. Segons la definició del sòl trobat, es parla d'un sòl ben drenat. Si el sòl es ben drenat l'aigua s'eliminarà amb facilitat, generalment sense taques d'oxidació-reducció als primers 100cm o fins a un 2% entre els 60 i 100cm.

III. Classe de textura bàsica per a la descripció de sèries i unitats cartogràfiques

Classe textural bàsica	Textura USDA
Textura grossa	Arenosa, arenofranca, francoarenosa
Textura mitjana	Franca, francollimosa, llimosa, francoargilosa, francoargil-loarenosa, francoargil-lollimosa
Textura fina	Argil-loarenosa, argil-lollimosa, argilosa

Font: adaptat d'USDA, 1975

Taula 5: Classe de textura bàsica per a la descripció de sèries i unitats cartogràfiques.**Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.**

El sòl existent es caracteritza per presentar una textura grossa. Això vol dir que segons la classificació emprada, procedent del departament d'agricultura dels estats unit (USDA) que es mostra en la Taula 5, la textura del sòl pot ser arenosa, arenofranca i francoarenosa.

IV. Classificació del contingut d'elements grossos

Classe	Contingut d'elements grossos (%)
Molt pocs	< 1
Pocs	1 - 5
Alguns	5 - 15
Molts	15 - 35
Abundants	35 - 70
Molt abundants	> 70

Font: adaptat de SINEDARES

Taula 6: Classificació dels continguts d'elements grossos.**Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.**

No es defineix una quantitat concreta de contingut d'elements grossos. El contingut d'elements grossos podrà variar.

V. Descripció de la reacció (pH) del sòl

Valors de pH a l'aigua (1:2,5)	Descripció
< 4,5	Extremament àcid
4,6 - 5,0	Molt fortament àcid
5,1 - 5,5	Fortament àcid
5,6 - 6,0	Mitjanament àcid
6,1 - 6,5	Lleugerament àcid
6,6 - 7,3	Neutre
7,4 - 7,8	Lleugerament bàsic
7,9 - 8,4	Mitjanament bàsic
8,5 - 9,0	Lleugerament alcalí
9,1 - 10,0	Alcalí
> 10,0	Fortament alcalí

Font: USDA, 1971

Taula 7: Descripció de la reacció (pH) del sòl.**Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.**

Pel que fa el PH del sòl, la definició esmenta que presenta un PH fortament àcid fins a neutre, amb la qual cosa, si s'observa la il·lustració 11, el PH del sòl podrà oscil·lar entre valors de màxim 7,3 i mínim 5,1.

VI. Classificació del contingut de matèria orgànica als horitzons superficials

Classe	Matèria orgànica (%)
Inapreciable	< 0,2
Molt baix	0,2 - 1,0
Baix	1,0 - 2,0
Mitjà	2,0 - 5,0
Abundant	5,0 - 10,0
Molt abundant	> 10,0

Font: adaptat de SINEDARES

Taula 8: Classificació del contingut de matèria orgànica als horitzons superficials.

Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

La Il·lustració 22 comenta que existeix una acumulació de matèria orgànica en algunes àrees determinades, les quals presenten un ús més aviat forestal, però no especifica una quantitat. Un anàlisi visual *insitu* del lloc on es troba el sòl d'estudi a sigut necessari per determinar que el contingut de matèria orgànica pot oscil·lar entre mitjà i abundant, es a dir, d'un 2% fins a un 10%.

VII. Classificació del contingut de carbonat càlcic equivalent

Classe	Carbonat càlcic equivalent (%)
Nul	< 0,2
Molt baix	0,2 - 5
Baix	5 - 10
Mitjà	10 - 20
Moderadament alt	20 - 30
Alt	30 - 40
Molt alt	> 40

Font: DARP, 1995

Taula 9: Classificació del contingut de carbonat càlcic equivalent.

Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.

El contingut de carbonat càlcic del sòl estudiat es considera molt baix. La il·lustració anterior, especifica que la classificació de molt baix fa referència a un contingut de carbonat càlcic equivalent a uns valors que poden anar des d'un 0,2% fins a un 5%.

VIII. Classificació del contingut de guix

Classe	Guix (%)
Nul	< 0,2
Molt baix	0,2 - 2
Baix	2 - 15
Mitjà	15 - 30
Alt	30 - 60
Molt alt	> 60

Font: DARP, 1995

Taula 10: Classificació del contingut de guix.**Font: Mapa de Sòls de Catalunya, Soil Taxonomy.**

El retall del text del document Mapa de Sòls de Catalunya que es mostra en Il·lustració 22 no mostra en cap moment un especial interès en el contingut de guix en el sòl, només comenta que en alguns horitzons superficials es pot donar una mica de gipsificació. Per aquest motiu no es donarà importància a aquesta característica, ja que no influirà negativament en la construcció del pont.

4.3. Càlcul dels cabals de màxima avinguda

El càlcul dels cabals de màxima avinguda es realitzen mitjançant la fórmula racional obtinguda del document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (3.4). Cal recordar que s'utilitza un model que reflecteix, a més de l'àrea de la conca, la intensitat de les precipitacions que es poden donar. S'estableix que no existeix una variació d'infiltració del riu, per tant:

$$\text{Fórmula Racional: } Q = K \cdot \frac{I \cdot C \cdot S}{3.6} \quad (1)$$

On:

- Q (m^3/s) = Cabal punta corresponent a un període de retorn donat.
- C (adimensional) = Coeficient d'escorrentiu de la conca, representa la fracció de la pluja que vessa de forma directa.
- S (km^2) = Àrea de la conca.
- I (mm/h) = Intensitat mitjana de precipitació de disseny en l'interval de duració t (h) (temps de concentració) pel període de retorn donat.
- K (adimensional) = Coeficient d'uniformitat.

4.3.1. Coeficient d'escorrentiu (C)

Quan la precipitació arriba a la superfície del terreny, s'infiltra fins que les capes superiors del mateix es saturen. Posteriorment, es comencen a omplir les depressions del terreny i, al mateix temps, l'aigua comença a circular per la superfície.

Es pot emprar el mètode de l'ús Soil Conservation Service modificat per J.R. Tèmez, si s'estableix que es treballarà amb un capacitat d'infiltració de la conca uniforme. Aquest mètode permet obtenir la part de la precipitació que no s'infiltra. La següent fórmula s'obté del document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (3.5).

$$C = \frac{(P'_d - P'_0) \cdot (P'_d + 23 \cdot P'_0)}{(P'_d + 11 \cdot P'_0)^2} \quad (2)$$

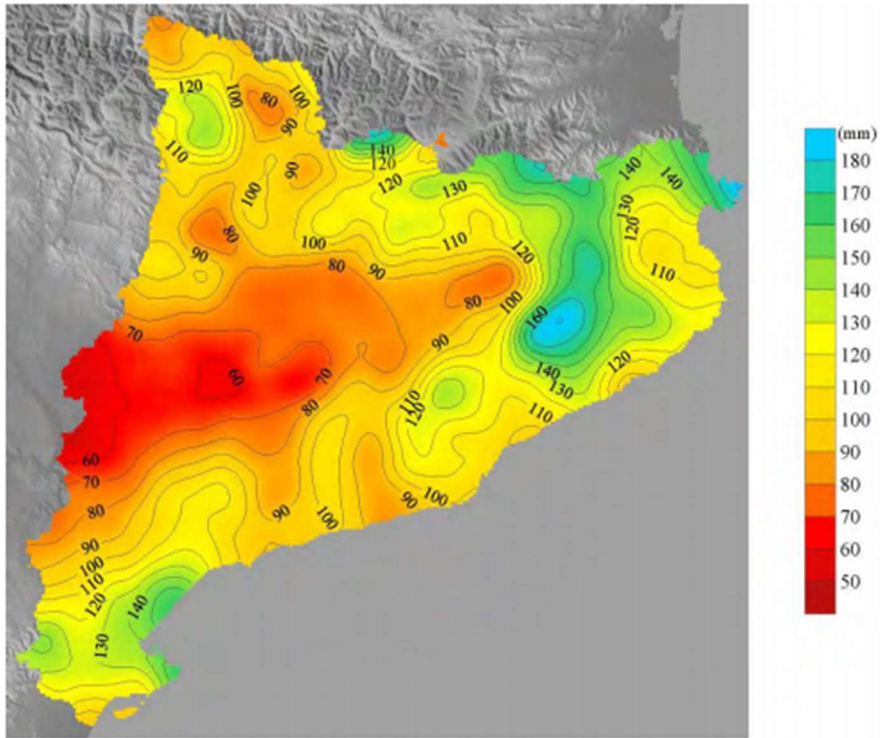
On:

- C (adimensional) = Coeficient d'escorrentiu de la conca, representa la fracció de la pluja que vessa de forma directa.
- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària.
- P'_0 (mm) = Llindar d'escorrentiu, representa la quantitat de precipitació necessària perquè es doni el fenomen d'escorrentiu. Aquesta variable ve determinada pel pendent del terreny, les característiques hidrològiques i el tipus de sol.

4.3.2. Volum de precipitació diari (P_d)

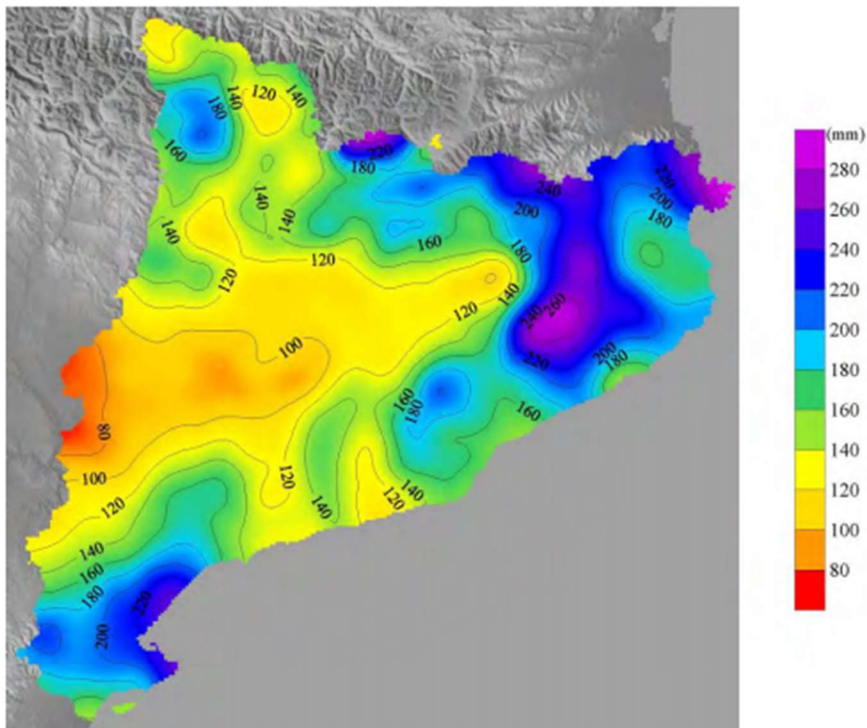
Les dades pluviomètriques s'han obtingut dels mapes isohietes disponibles per tots els usuaris que subministra l' Agència Catalana de l'Aigua (ACA) en un pla d'emergència especial per inundacions (INUNCAT).

A continuació es mostren els diferents mapes isohietes per als períodes de retorn corresponent.



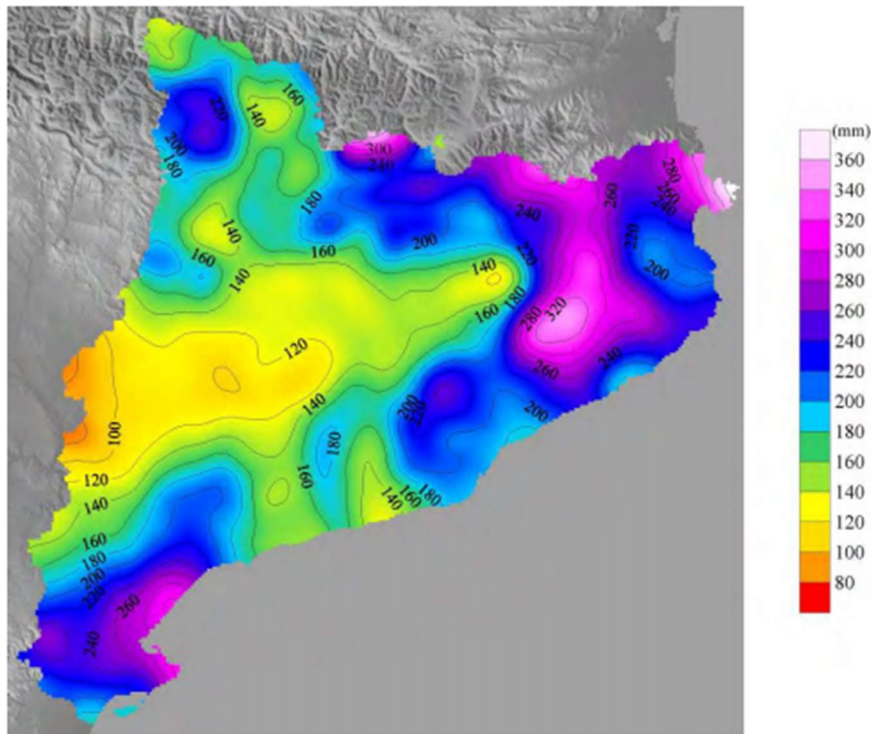
Il·lustració 23: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període retorn de 10 anys.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).



Il·lustració 24: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període retorn de 100 anys.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).



Il·lustració 25: Mapa isohietes, estimació dels valors esperats de precipitació màxim diària per a un període de retorn de 500 anys.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Els valors de la precipitació diària aproximats utilitzats en aquest projecte segons la localització de pont, obtinguts dels mapes isohietes anteriors es troben recollits en la taula següent.

T (anys)	Pd (mm/dia)
10	110
100	190
500	220

Taula 11: Valors de la precipitació diària establerts.

Font: Pròpia.

On:

- T (anys) = Període de retorn.
- Pd (mm/dia) = Precipitació diària, per un determinat temps de retorn.

L'anàlisi hidràulic es realitza, pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys. Per aquests períodes s'estableix un P_d de 110, 190 i 220 (mm/dia) respectivament.

Als valors de la Taula 11 s'han de multiplicar per un coeficient de simultaneïtat adimensional que minora els valors de la precipitació diària (P_d) tal com s'indica en el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (2.8).

$$P'_d = K_A \cdot P_d \quad (3)$$

On:

- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària minorada per un determinat temps de retorn.
- P_d (mm/dia) = Precipitació diària, per un determinat temps de retorn.
- K_A (adimensional) = Coeficient de simultaneïtat, minora la precipitació diària P_d .

El coeficient de simultaneïtat K_A segons el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (2.7), es calcula amb les següents expressions:

$$K_A = 1 \quad \text{si } S \leq 1\text{km}^2 \quad (4)$$

$$K_A = 1 - \frac{\log S}{15} \quad \text{si } S > 1\text{km}^2 \quad (5)$$

Tal com s'indica en la Taula 2 del present document, la superfície de la conca (S) equival a $16,89\text{km}^2$, amb la qual cosa el càlcul del coeficient de simultaneïtat (K_A) es realitza amb l'expressió que indica l'eq. numero (5) del present document.

$$K_A = 1 - \frac{\log S}{15} = 1 - \frac{\log 15,89 \text{ km}^2}{15} = 0,92 \quad (6)$$

On:

- S (km^2) = Superfície de la conca.
- K_A (adimensional) = Coeficient de simultaneïtat, minora la precipitació diària P_d .

Ara ja es disposa de tots els valors per realitzar el càlcul de la precipitació diària minorada (P'_d) amb l'expressió que s'indica en l'eq. (3) del present document.

$$P'_{d10} = K_A \cdot P_{d10} = 0,92 \cdot 110 = 101,2 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \quad (7)$$

$$P'_{d100} = K_A \cdot P_{d100} = 0,92 \cdot 190 = 174,8 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \quad (8)$$

$$P'_{d500} = K_A \cdot P_{d500} = 0,92 \cdot 220 = 202,4 \frac{mm}{dia} \quad (9)$$

On:

- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària minorada per un determinat temps de retorn.
- P_d (mm/dia) = Precipitació diària, per un determinat temps de retorn.
- K_A (adimensional) = Coeficient de simultaneïtat, minora la precipitació diària P_d .

T (anys)	10	100	500
P'_d (mm/dia)	101,2	174,8	202,4

Taula 12: Precipitació diària minorada per un determinat temps de retorn.

Font: Pròpia.

4.3.3. Llindar d'escorrentiu (P_o)

Per determinar el coeficient d'escorrentiu (C) es necessita determinar el llindar d'escorrentiu (P_o). Aquest paràmetre ve determinat pel tipus i la utilitat del sòl. Alguns paràmetres de la conca del riu no són trivials. No obstant, certes fonts fiables d'informació ajuden en aquesta tasca.

A continuació, en la següent taula, extreta del document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat A1.4, pàgina 79, taula A1.2, s'obté el llindar d'escorrentiu pel mètode SCS coneixent l'entorn de la conca.

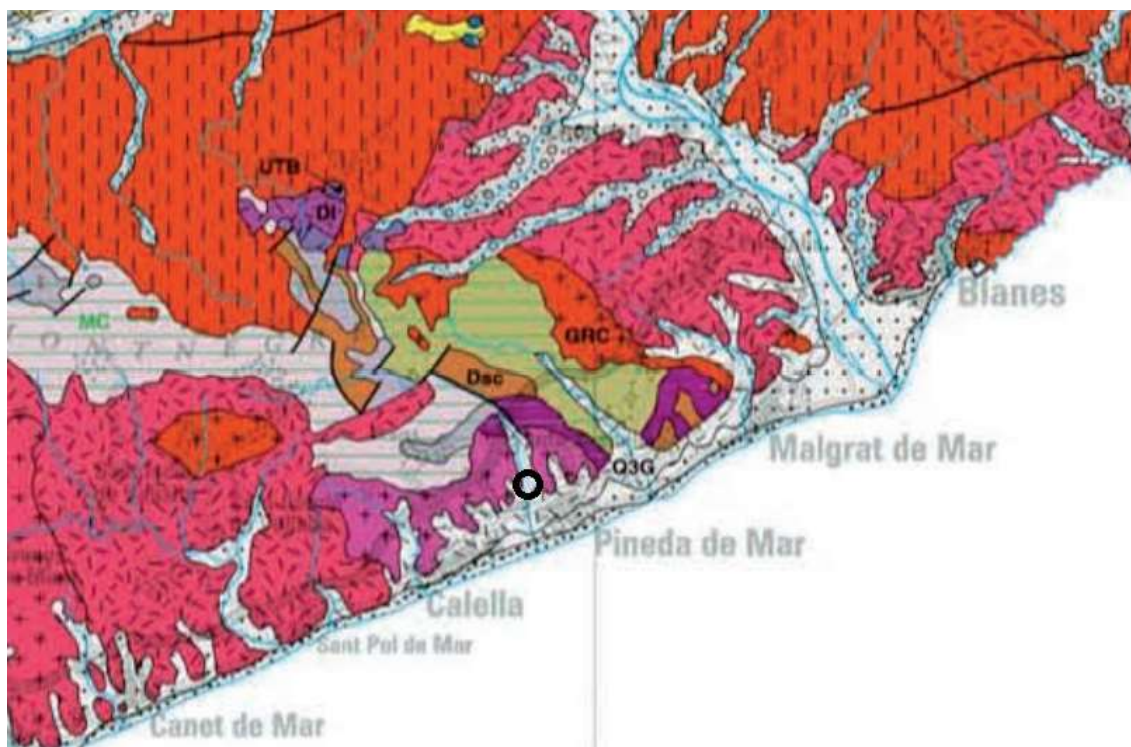
Usos del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Caract. hidrol.	P _c (mm)			
				A	B	C	D
Guaret		≥ 3	R	15	8	6	4
		≥ 3	N	17	11	8	6
		< 3	R/N	20	14	11	8
Conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6
		≥ 3	N	25	16	11	8
		< 3	R/N	28	19	14	11
Cereals d'hivern		≥ 3	R	29	17	10	8
		≥ 3	N	32	19	12	10
		< 3	R/N	34	21	14	12
Rotació conreus pobres		≥ 3	R	26	15	9	6
		≥ 3	N	28	17	11	8
		< 3	R/N	30	19	13	10
Rotació conreus densos		≥ 3	R	37	20	12	9
		≥ 3	N	42	23	14	11
		< 3	R/N	47	25	16	13
Praderies		≥ 3	pobra	24	14	8	6
			mitjana	53	23	14	9
			bona	69	33	18	13
		< 3	m. bona	81	41	22	15
			pobra	58	25	12	7
			mitjana	81	35	17	10
			bona	122	54	22	14
m. bona	244	101	25	16			
Plantacions regulars d'aprofitament forestal		≥ 3	pobra	62	28	15	10
			mitjana	80	34	19	14
			bona	101	42	22	15
		< 3	pobra	75	34	19	14
			mitjana	97	42	22	15
bona	150	80	25	16			
Masses forestals (boscos, muntanya baixa, garriga, etc.)			m. clara	40	17	8	5
			clara	60	24	14	10
			mitjana	75	34	22	16
			espessa	89	47	31	23
			m. esp.	122	65	43	33

(N = conreu segons les corbes de nivell; R = conreus segons la línia de màxim pendent)

Taula 13: Taula per l'obtenció del llindar d'escorrentiu.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Segons el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A1.3 Grup del sòl, pàgina 77, els tipus de sòl s'escolliran segons el codi que es presenti en la zona s'execució del projecte del document Mapa geològic de Catalunya 1:250.000, institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICC). A continuació es mostra el mapa on s'observa un cercle de color negre indicant la localització del projecte. Com s'apreciara el sòl correspon al codi Q3G.



Il·lustració 26: Retall indicatiu del codi que correspon al tipus de sòl.

Font: Mapa geològic de Catalunya 1:250.000, institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICC).

Tal com s'explica en el document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat A1.3 Grup del sòl, pàgina 77, segons la taula present en el document esmentat en que es trobi el codi, Q3G, el sòl correspondrà a un tipus o un altre. En la taula A1.3 es recullen els codis que corresponen a sòls de tipus A, en la taula A1.4, els que corresponen a sòls de tipus B, en la taula A1.5, els que corresponen a sòls de tipus C i en la taula A1.6 els que corresponen a sòls de tipus D.

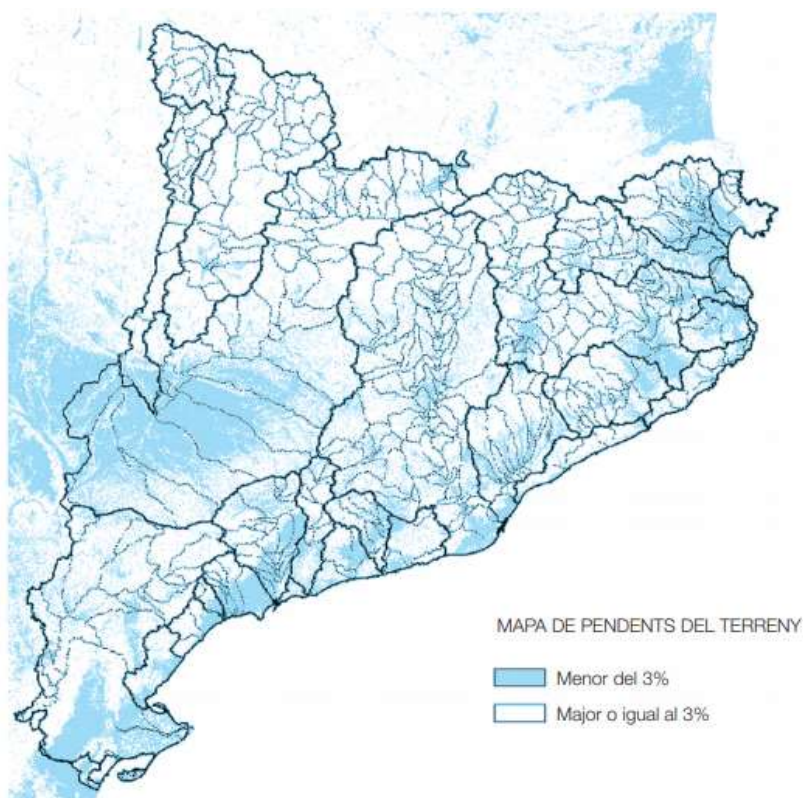
La següent llista és en la que es troba el codi Q3G, segons el document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat A1.8 Model digital de la conca, pàgina 81, taula A1.4. Amb la qual cosa seguint les instruccions de l'anterior paràgraf el sòl correspon a un tipus B.

Codi paper	Codi digital	Descripció
C1A	C1A	Bretxes carbonàtiques
C2C	C3C	Calcàries micrítiques amb lignits
C3C	C5B	Calcàries bioclàstiques amb rudites i orbitolines
C6C	O6C	Calcàries amb ortitolina
C6E	O6E	Gresos
Dp	DP	Pelites i gresos amb nivells de lidites al sostre
J1	J1	Bretxes, dolomies, calcàries, margues i calcarenites, localment evaporites a la base
J2	J2	Calcàries, dolomies i margues fosques i blaves
K1-2C	K12B	Calcàries bioclàstiques amb prealvedolina i dolomies
K1C	K1C	Calcàries amb prealvedolina
K2D	K2D	Calcàries amb rudites
K3E	K3E	Gresos arcòsics i conglomerats
K5-P1A	K51	Conglomerats, argiles i gresos vermells
K5-P1B	K51A	Calcàries lacustres i nivells de lignits
N1D	N1	Guixos
N2-3A	N13A	Lutites vermelles, gresos i conglomerats
N2-3B	N13B	Arcoses, lutites i conglomerats
N1H	N1E	Bretxes, conglomerats i gresos
N1F	N1F	Lutites, gresos i conglomerats
N1E	N1G	Arcoses i conglomerats
N2A	N2A	Gresos silícics i bioclàstiques
N2F	N2B	Bretxes
N2E	N2C	Conglomerats
N2D	N2D	Conglomerats, gresos i lutites
N2C	N2E	Lutites i gresos
N2B	N2F	Arcoses i lutites
N3A	N3A	Sediments marins: lutites, margues, gresos, conglomerats i bretxes
N3E	N3C	Conglomerats, gresos i lutites
N3C	N3D	Gresos
P	P	Conglomerats, gresos, lutites i tosquas àcides
P1-6A	P16A	Guixos
P1-6C	P16C	Gresos, lutites roges i conglomerats
P1-6D	P16D	Lutites roges, bretxes i conglomerats
P1-6E	P16E	Lutites i gresos i conglomerats i gresos vermells
P1-6F	P16F	Grup Pontils no diferenciat, localment inclou la Fm. Mediona
P2-3	P23	Margues i guixos amb intercalacions calcàries
P5E	P5D	Guixos
P6-7A	P67A	Conglomerats
P6-7B	P67B	Gresos i lutites
P6-7C	P67C	Bretxes
P6C	P6C	Gresos i margues grises
P6F	P6E	Conglomerats i gresos
P7B	P7B	Gresos, margues, calcàries esculloses
P7C	P7BA	Nivells de bretxes locals
P7E	P7D	Gresos amb glauconita
P7F	P7E	Gresos, conglomerats, margues i nivells de lignits
P7G	P7F	Sals sòdiques i potàssiques
P7H	P7G	Guixos
P8K	P8F	Conglomerats massius
P8J	P8G	Conglomerats, gresos i lutites
P8I	P8H	Gresos i lutites
P8A	P8J	Arcoses
P8L	P8S	Guixos
Q2F	Q2F	Conglomerats, gresos i lutites
Q2G	Q2G	Blocs i argiles
Q3B	Q3C	Lutites amb matèria orgànica i torba
Q3E	Q3E	Llims i còdols
Q3G	Q3G	Graves, gresos i lutites
T1	T1	Conglomerats de quars, gresos i lutites roges
T23	T23	Dolomies, calcàries i margues

Il·lustració 27: Codis de la cartografia geològica de l'ICC.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Per determinar el llinar d'escorrentiu (P_o) també és necessari determinar el pendent de la zona. El següent mapa extret del document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A1.8 Model digital de la conca, pàgina 83, figura A1.1, es pot observar el pendent de tota Catalunya dependent de la zona.



Il·lustració 28: Mapa de pendents de Catalunya (Agència, 2001).

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

El mapa anterior es mostrà un dibuix que representa el territori Català. En aquest mapa es diferencia zones blanques, les quals el sòl presenta un pendent major o igual al 3%. D'altra banda les zones blaves indiquen que el pendent és menor de 3%.

La zona d'estudi se situa a la comarca del maresme, en aquesta zona del mapa el color és blanc, i per tant el pendent de la zona d'estudi serà igual o major al 3%.

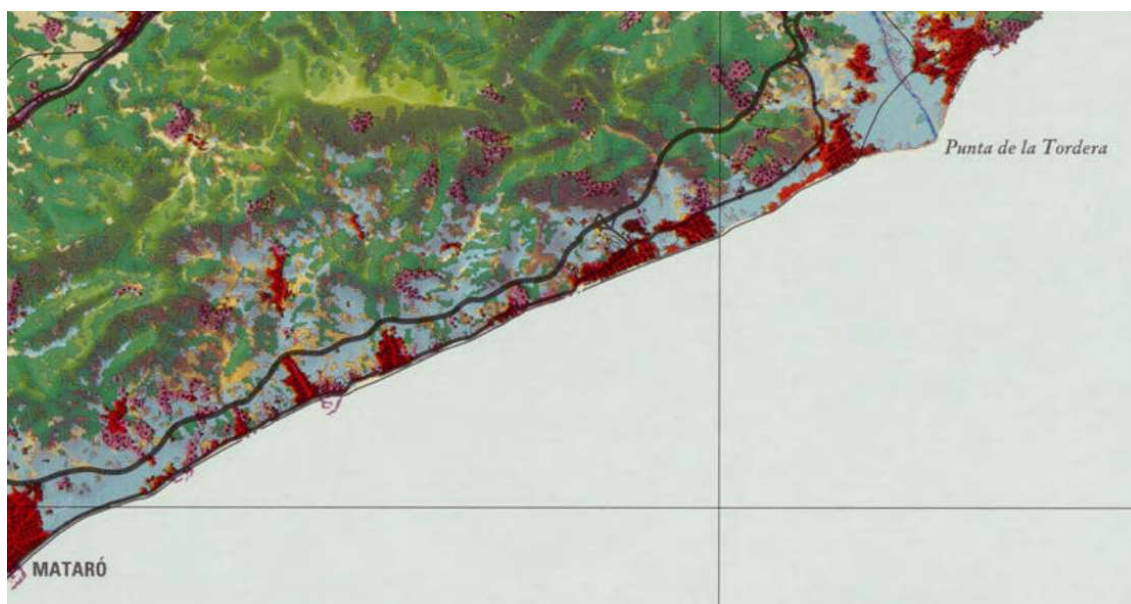
En la taula que es mostra a continuació extreta del document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A1.8 Model digital de la conca, pàgina 83, taula A1.7 es troba classificat els diferents usos que es dona al sòl en la zona d'estudi segons el Mapa d'usos del sòl de Catalunya 1:250.000 de l'ICC.

Categoria	Usos del sòl ICC	Usos del sòl del mètode de l'SCS
1	Fora de Catalunya	-
2	Aigua continental	Zona impermeable
3	Aigua marina	Zona impermeable
4	Acumulacions de neu	Zona impermeable*
5	Infraestructures viàries	Zona impermeable
6	Urbanitzacions	Zona impermeable
7	Nuclis urbans	Zona impermeable
8	Zones industrials i comercials	Zona impermeable
9	Conreus herbacis de secà	Cereals d'hivern
10	Conreus herbacis de regadiu	Rotació de conreus densos
11	Fruiters de secà	Plantacions regulars d'aprofitament forestal pobre
12	Fruiters de regadiu	Plantacions regulars d'aprofitament forestal mitjà
13	Vinyet	Plantacions regulars d'aprofitament forestal pobre
14	Prats supraforestals	Praderia pobre
15	Arbustos i prats	Massa forestal mitjana
16	Bosc d'escleròfiles	Massa forestal espessa
17	Bosc de caducifòlies	Massa forestal espessa
18	Bosc d'aciculifòlies	Massa forestal espessa
19	Vegetació de zones humides	Roca permeable
20	Sòl amb vegetació escassa o nul·la	Guaret
21	Zones cremades	Guaret
22	Zones de sorra i platges	Guaret

Taula 14: Correlació de definició per al mètode de l'SCS realitzat per ACA.

Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

A partir del retall que es mostra a continuació del Mapa d'usos del sòl de Catalunya 1:250.000 de l'ICC es valoren les diferents possibilitats d'ús de sòl de la conca i amb una visita *insitu* es determina que la zona d'estudi entra en la definició d'*Arbustos i prats* i un cert percentatge de *Sorrals*. Aquesta decisió es deu al fet que la zona d'estudi de la conca presenta una zona central formada per sediments considerada sorra i al voltant herbes i arbustos.



Il·lustració 29: Retall del Mapa d'usos del sòl de Catalunya.

Font: Mapa d'usos del sòl de Catalunya 1:250.000 de l'ICC.

Si es fa ús de la Taula 14 la definició d'*Arbustos i prats* fa correlació amb *Massa forestal mitjana*, i la definició de *Sorrals* fa correlació amb *Guaret*.

És necessari comentar que el percentatge de cada grup de sòl que es defineix en la Taula 15 és aproximat.

Un altra característica és establir si el conreu de la zona d'estudi es defineix segons les corbes de nivell (N) o segons la línia de màxim pendent (R), la solució més intel·ligent per aquesta decisió és escollir l'opció més desfavorable. Se sap que un llinard d'escorrentiu (P_o) alt significa una gran capacitat de desguàs del sòl, i que per un llinard d'escorrentiu (P_o) baix la capacitat de desguàs del sòl serà baix. Si la capacitat de desguàs del sòl es baixa, l'aigua començarà a fluir més ràpidament per la conca, per tant, es considera que l'opció "R" és la més desfavorable.

Ara ja es disposa de tots els elements per definir un llinard d'escorrentiu global. Com més gran sigui el llinard d'escorrentiu, més capacitat d'infiltració presentarà.

	Percentatge de superfície (%)	Sòl tipus B (mm)	Po (mm)
Masses forestals. Mitjana	80%	34	27,2
Guaret	20%	8	1,6
		Po total (inicial):	28,8

Taula 15: Obtenció de llinard d'escorrentia inicial.

Font: Pròpia.

El valor obtingut de la taula anterior com a llinard d'escorriment inicial no és del tot correcte. És necessari multiplicar el llinard d'escorrentiu obtingut pel mètode SCS amb una constant regional. Això es deu a la necessitat de reflectir la humitat característica de cada regió i al mateix temps s'inclou una majoració per evitar sobrevaloracions del cabal de referència pel fet d'algunes simplificacions en el tractament estadístic de mètodes meteorològics. A Catalunya s'adopta el valor de constant regional de 1.3, així s'indica en el document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 86.

Per tant, si s'obté un llinard d'escorrentiu (P_o) inicial de 33 mm i s'aplica la constant regional de 1.3, s'obté un llinard d'escorrentiu corregit (P_o') de 42,9 mm.

$$P_o' = P_o \cdot 1,3 = 28,8\text{mm} \cdot 1,3 = 37,44\text{mm} \quad (10)$$

On:

- P'_o (mm) = Llindar d'escorrentiu corregit.
- P_o (mm) = Llindar d'escorrentiu.

Tenint en compte els diversos Pd per als períodes de retorn considerats en la Taula 12, del present document i aplicant l'equació (2) del present document s'obtenen els diferents coeficients d'escorrentiu per a cada període de retorn:

$$C_{10} = \frac{(P'_{d10} - P'_o) \cdot (P'_{d10} + 23 \cdot P'_o)}{(P'_{d10} + 11 \cdot P'_o)^2} =$$

$$(11)$$

$$= \frac{\left(\frac{101,2mm}{dia} - 37,44mm\right) \cdot \left(\frac{101,2mm}{dia} + 23 \cdot 37,44mm\right)}{\left(\frac{101,2mm}{dia} + 11 \cdot 37,44mm\right)^2} = 0,23$$

$$C_{100} = \frac{(P'_{d100} - P'_o) \cdot (P'_{d100} + 23 \cdot P'_o)}{(P'_{d100} + 11 \cdot P'_o)^2} =$$

$$(12)$$

$$= \frac{\left(\frac{174,8m}{dia} - 37,44mm\right) \cdot \left(\frac{174,8mm}{dia} + 23 \cdot 37,44mm\right)}{\left(\frac{174,8mm}{dia} + 11 \cdot 37,44mm\right)^2} = 0,41$$

$$C_{500} = \frac{(P'_{d500} - P'_o) \cdot (P'_{d500} + 23 \cdot P'_o)}{(P'_{d500} + 11 \cdot P'_o)^2} =$$

$$(13)$$

$$= \frac{\left(\frac{202,4mm}{dia} - 37,44mm\right) \cdot \left(\frac{202,4mm}{dia} + 23 \cdot 37,44m\right)}{\left(\frac{202,4mm}{dia} + 11 \cdot 37,44mm\right)^2} = 0,46$$

On:

- C (adimensional) = Coeficient d'escorrentiu de la conca, representa la fracció de la pluja que vessa de forma directa.
- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària.
- P'_o (mm) = Llindar d'escorrentiu.

T (anys)	10	100	500
C	0,23	0,41	0,46

Taula 16: Coeficients d'escorrentiu obtinguts per a cada període de retorn.

Font: Pròpia.

4.3.4. Intensitat mitjana de precipitació (I)

La intensitat mitjana de precipitació segons el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 86, ve definida per la següent fórmula.

$$I = \frac{P'_d}{24} \cdot (11)^{\frac{(28^{0.1} - t_c^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)}} \quad (14)$$

On:

- I (mm/h) = Intensitat mitjana de precipitació de disseny.
- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària minoritzada.
- t_c (h) = Temps de concentració.

El concepte de temps de concentració ve a ser el temps que necessita el riu en assolir el cabal d'equilibri des que s'inicia la precipitació.

Segons el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (2.3), s'obté la següent equació, formulada per J.R.Témez:

$$t_c = 0.3 * \left[\frac{L}{J^{0.25}} \right]^{0.76} \quad (15)$$

On:

- t_c (h) = Temps de concentració.
- L (Km) = Llargada del curs més llarg.
- J (m/m) = Pendent mitja del curs

Amb les dades presents en la Taula 2, s'obté un temps de concentració de 3,14 hores.

$$t_c = 0.3 * \left[\frac{L}{J^{0.25}} \right]^{0.76} = 0.3 * \left[\frac{10,91km}{0,0609^{0.25}} \right]^{0.76} = 3,14h \quad (16)$$

On:

- t_c (h) = Temps de concentració.
- L (Km) = Llargada del curs més llarg.
- J (m/m) = Pendent mitja del curs.

Aplicant els valors de la precipitació diària minoritzada (P'_d) de la Taula 12 i el valor del temps de concentració (t_c) a l'eq.(14) s'obté les intensitats mitjanes de precipitació (I) següents segons el temps de retorn (T):

$$I_{10} = \frac{P'_{d10}}{24} \cdot (11)^{\frac{(28^{0.1} - t_c^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)}} = \quad (17)$$

$$= \frac{101,2 \text{ mm/dia}}{24} \cdot (11) \frac{(28^{0,1} - 3,14h^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)} = 22,24 \text{ mm/h}$$

$$I_{100} = \frac{P'_{d100}}{24} \cdot (11) \frac{(28^{0,1} - t_c^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)} =$$

(18)

$$= \frac{174,8 \text{ mm/dia}}{24} \cdot (11) \frac{(28^{0,1} - 3,14h^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)} = 38,41 \text{ mm/h}$$

$$I_{500} = \frac{P'_{d500}}{24} \cdot (11) \frac{(28^{0,1} - t_c^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)} =$$

(19)

$$= \frac{202,4 \text{ mm/dia}}{24} \cdot (11) \frac{(28^{0,1} - 3,14h^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)} = 44,48 \text{ mm/h}$$

On:

- I (mm/h) = Intensitat mitjana de precipitació de disseny.
- P'_d (mm/dia) = Precipitació diària minoritzada.
- t_c (h) = Temps de concentració.

T (anys)	10	100	500
I (mm/h)	22,24	38,41	44,48

Taula 17: Intensitat mitjana de precipitació segons el temps de retorn.

Font: Pròpia.

4.3.5. Coeficient d'uniformitat (K)

Una última variable que serà necessària aplicar a la fórmula del cabal és el coeficient d'uniformitat. Això és a causa que si no s'aplica aquesta variable es realitza la hipòtesi de que la intensitat de pluja es constant, i aquest fet no és correcte, ja que en situacions reals s'ha demostrat que existeixen petits intervals de temps on varia la intensitat de pluja

i augmenta els cabals de punta. Per tant, aquest coeficient reduirà l'error. Segons el document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat A2.2 Resum del mètode racional, pàgina 85, eq. (3.3) el coeficient d'uniformitat s'expressa de la següent manera:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad (20)$$

On:

- K (adimensional) = Coeficient d'uniformitat.
- t_c (h) = Temps de concentració.

El temps de concentració obtingut en càlculs anteriors és de 3,14h, que si s'aplica en la fórmula anterior s'obté un coeficient d'uniformitat de 1,23.

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{3,14h^{1,25}}{3,14h^{1,25} + 14} = 1,23 \quad (21)$$

Finalment, aplicant els valors de la Taula 17, de la Taula 16, de la Taula 2 i el valor obtingut de l'eq. (21), a la fórmula del cabal, eq. (1), s'obtenen els següents cabals en m^3/s :

$$Q_{10} = K \cdot \frac{I_{10} \cdot C_{10} \cdot S}{3.6} = 1,23 \cdot \frac{22,24mm/h \cdot 0,23 \cdot 16,89m^2}{3.6} = 29,52 m^3/s \quad (22)$$

$$Q_{100} = K \cdot \frac{I_{100} \cdot C_{100} \cdot S}{3.6} = 1,23 \cdot \frac{38,41mm/h \cdot 0,41 \cdot 16,89m^2}{3.6} = 90,88 m^3/s \quad (23)$$

$$Q_{500} = K \cdot \frac{I_{500} \cdot C_{500} \cdot S}{3.6} = 1,23 \cdot \frac{44,48mm/h \cdot 0,46 \cdot 16,89m^2}{3.6} = 118,07 m^3/s \quad (24)$$

On:

- Q (m^3/s) = Cabal punta corresponent a un període de retorn donat.
- C (adimensional) = Coeficient d'escorrentiu de la conca, representa la fracció de la pluja que vessa de forma directa.
- S (km^2) = Àrea de la conca.
- I (mm/h) = Intensitat mitjana de precipitació de disseny en l'interval de duració t (h) (temps de concentració) pel període de retorn donat.
- K (adimensional) = Coeficient d'uniformitat.

T (anys)	10	100	500
Q (m³/s)	29,52	90,88	118,07

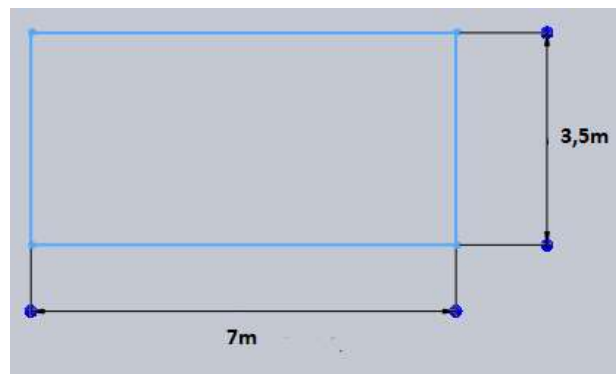
Taula 18: Cabal segons el temps de retorn.

Font: Pròpia.

4.4. Capacitat de desguàs de la zona de la conca construïda

Per trobar la velocitat de desguàs de la secció de la zona construïda de la riera de Pineda de Mar es farà ús de la fórmula de *Manning*. Aquesta fórmula permetrà saber la màxima quantitat d'aigua que pot transcorre per sota del pont.

Pel càlcul de la secció resultant darrere la construcció de l'obra el present projecte s'ha considerat una secció tal com es mostra en la següent il·lustració.



Il·lustració 30: Secció acotada de pas lliure sota el pont

Font: Pròpia.

Eq. Manning segons el document *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)*, apartat 4.9.3 Equació del momentum, pàgina 50:

$$S_f = \frac{Q_{sc} \cdot |Q_{sc}| \cdot n^2}{A^2 \cdot R^{\frac{4}{3}}} \quad (25)$$

On:

- Q_{sc} (m³/s) = Cabal en la secció construïda.
- n (adimensional) = Factor de rugositat.
- A (m²) = Àrea de desguàs.
- R (m) = Radi hidràulic.
- S_f (m/m) = Pendent de la línia d'energia.

La dada d'interès en l'eq. anterior és en cabal en la secció construïda (Q_{sc}), per tant si s'aïlla l'eq. (25) esdevé:

$$Q_{SC} = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S_f^{1/2} \quad (26)$$

On:

- Q_{SC} (m^3/s) = Cabal en la secció construïda.
- n (adimensional) = Factor de rugositat.
- A (m^2) = Àrea de desguàs.
- R (m) = Radi hidràulic.
- S_f (m/m) = Pendent de la línia d'energia.

El factor de rugositat s'escull en funció del material pel qual transcorrerà l'aigua. En aquest cas l'aigua transcorrerà pel sòl del riu on existeixen restes d'herba. Segons la taula 6.2 del document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat 6.2.2.3 Definició de les seccions, el coeficient de rugositat esdevé $n = 0,035$. S'adjunta la taula esmentada.

Llit	Coefficient de rugositat de Manning n
Herba i prats	0,035
Camps de conreu i horts	0,040
Arbres espaiats (fruiters, parcs urbans)	0,050 – 0,060
Bosc de ribera i canyar	0,080
Zona urbana (segons l'obstrucció al flux)	> 0,100

Taula 19: Coeficient de rugositat de Manning (n).

Font: Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

La superfície de desguàs es considerarà rectangular. Per tant el càlcul de l'àrea serà.

$$A = \text{Base} \cdot \text{altura} = 7\text{m} \cdot 3,5\text{m} = 24,5 \text{ m}^2 \quad (27)$$

El radi hidràulic es calcula de la següent manera segons la geometria del canal. Així s'indica en el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat Notació.

$$R = \frac{A}{\text{perímetre mullat}} = \frac{A}{\text{base} + 2 \cdot \text{altura}} = \frac{24,5 \text{ m}^2}{7\text{m} + 2 \cdot 3,5\text{m}} = 1,75 \text{ m} \quad (28)$$

Segons el document Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), apartat 5.5 Mètode de l'ona cinemàtica, pàgina 58, el pendent de la línia d'energia (S_f) és equivalent al pendent del llit del riu (S_0), que en el present document es defineix com $J = 0,0609$ segons la Taula 2 d'aquest document.

Per tant, la capacitat teòrica de desguàs de la secció del riu construïda és de:

$$Q_{SC} = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} =$$

$$= \frac{1}{0,035} \cdot 24,5m^2 \cdot 1,75^{2/3} \cdot 0,0609^{1/2} = 250,86 m^3/s. \quad (29)$$

On:

- Q_{SC} (m^3/s) = Cabal en la secció construïda.
- n (adimensional) = Factor de rugositat.
- A (m^2) = Àrea de desguàs.
- R (m) = Radi hidràulic.
- J (m/m) = Pendent mitja del curs.

4.5. Conclusió de l'anàlisi hidrològic

La finalitat de l'anàlisi hidrològic de la riera Pineda de Mar és assegurar que en cap moment el pont per vianants, objecte d'aquest projecte, no serà enderrocat per la força de les precipitacions baixants. Una manera clarivent de realitzar aquesta comprovació és calculant el cabal del riu i la capacitat de desguàs de la secció construïda.

El càlcul del cabal del riu s'ha realitzat en funció de tres períodes de retorn diferents, 10, 100 i 500 anys. Els valors corresponents es visualitzen a la Taula 18. Per realitzar la comparativa de manera adequada serà necessari comparar el valor més desfavorable, en aquest cas el valor obtingut amb el període de retorn de 500 anys, Q igual a $118,07m^3/s$.

Cabal riu	Cabal de desguàs de la secció construïda
Q (m^3/s):	Q_{SC} (m^3/s):
118,07	250,86

Taula 20: Comparativa cabal del riu amb la capacitat de desguàs de la secció construïda.

Font: Pròpia.

En la taula anterior taula s'observa que el cabal que podria arribar a assolir el riu és molt inferior al cabal de desguàs de la secció construïda. Per tant, s'assegura que el pont mai podrà ser derruït per una riuada

5. Anàlisi estructural

Una estructura ha de ser dissenyada i dimensionada per a que, amb una probabilitat raonable, tingui la capacitat de suportar totes les accions que pugin sol·licitar-la en el transcurs de la seva vida útil. Per aquest motiu, abans de construir qualsevol estructura es necessari la realització de càlculs que assegurin que una vida útil determinada. Les consideracions d'aquests càlculs poden ser molt ambigües segons l'enginyer, per aquest motiu s'han estipulat una sèrie de normatives i metodologies per tal d'unificar criteris a l'hora de realitzar els càlculs estructurals amb una determinada finalitat. La guia IAP-11 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera) reuneix gran part de la informació necessària per a construir l'estructura del present projecte, un pont per vianants. Aquesta guia es construeix sobre la base de la llei FOM/2842/2011, del 29 de setembre.

Les accions que es poden donar sobre la construcció poden comprometre l'estructura. Es per aquest motiu que, seguin la guia esmentada anteriorment, les comprovacions es realitzaran considerant les següents accions:

- Accions permanents. Agrupa totes aquelles accions que sol·liciten l'estructura de manera constant en magnitud i posició. Un exemple podria ser el pes propi de l'estructura.
- Accions variables. Agrupa aquelles accions que sol·liciten l'estructura de manera variable en magnitud i posició. Un exemple pot ser el pes dels vianants a sobre del pont.
- Accions accidentals. Són aquelles accions les quals succeeixen rarament. Per exemple, una acció sísmica a zona de la construcció.

Algunes de les comprovacions que es realitzaran serà, en estat límit últim "E.L.U" i en estat límit de servei "E.L.S".

5.1. Materials estructurals

5.1.1. Fusta

5.1.1.1 Característiques generals necessàries

El *Documento Basico de Seguridad Estructural de la Madera* (DB-SE-M) defineix 5 classes diferents d'ús per a la fusta emprada en una estructura. Aquesta classificació ve donada segons el grau d'humitat que pot assolir l'entorn de l'estructura al llarg de la seva vida útil, i per tant, la probabilitat que els elements estructurals pateixin atacs ocasionats per agents biòtics.

-Classe de servei 1: Fusta a l'interior, dins d'una edificació, i per tant, protegits de la humitat ambiental i dels salts tèrmics per la mateixa envoltant de l'edifici. Humitat inferior al 20%. Per exemple, bigues, puntals, etc...

-Classe de servei 2: Fusta afectada per uns certs canvis d'humitat. Fustes que es troben al exterior que al mateix temps estan protegides de les accions directes de l'aigua de la pluja. Humitat ocasionalment superior al 20%. Per exemple, un porxo.

-Classe de servei 3: Fusta es troba completament l'exterior i pot ser mullada directament per l'aigua de la pluja, però que no està en contacte amb el terra.

Classe de servei 3.1: Element estructural a l'exterior però per sobre del terra i protegit per mesures constructives i o de disseny. Humitat ocasionalment superior al 20%. Per exemple, un voladís.

Classe de servei 3.2: Element estructural a l'exterior però per sobre del terra i no protegit per mesures constructives i o de disseny. Humitat freqüentment superior al 20%. Per exemple, qualsevol biga que es trobi a acció directa de la pluja.

-Classe de servei 4: Element estructural al exterior sense cap mena de protecció i en contacte amb el terra. Humitat supera permanentment el 20%. Per exemple, pilars en contacte directe amb el terra o construccions apropo d'aigua dolça.

-Classe de servei 5: Element estructural el qual es troba permanentment en contacte amb aigua salada. Humitat sempre major al 20%. Per exemple, construccions en aigües salades.

El tipus de classe d'ús que defineix la fusta que s'utilitza en aquest projecte segons l'emplaçament dels elements constructius és de tipus 4. Cal considerar doncs que els elements constructius de fusta presentin un tractament en Autoclau. Aquest tractament proporcionarà a la fusta la protecció adequada equivalent a una classe de servei 4.

Els elements constructius de fusta poden ser massissos o laminats encolats. Cadascun presenta avantatges per sobre de l'altre, no obstant, si es troba un equilibri adequat, les dues variants de biga poden ser útils. A la taula següent es mostra una comparació.

	Massissa	Laminada encolada
Varietat de cantells	Cantells grans limitats	Molt ampli
Resistència	Gran	Mitjana -Gran
Cost	Elevat	Econòmic

Taula 21: Característiques d'una biga de fusta massissa vs laminada encolada.

Font: Taula E3 DB-SE-M.

5.1.1.2. Hipòtesis de tipus de fusta

Un cop determinat les característiques generals aproximades, és clau la cerca d'un proveïdor dels elements. L'empresa MAUSA disposa d'un catàleg *online* molt ampli i, per tant ofereix un gran ventall de possibilitats. A l'annex del projecte s'adjunta el catàleg.

Una fusta laminada encolada homogènia d'abet, d'una resistència de GL 24 h amb tractament autoclau és el tipus de fusta seleccionat.

5.1.1.2.1. Especificacions tècniques de la fusta seleccionada

Els valors que es mostren a continuació procedeixen del DB-SE-M.

- Propietats

Propietats			Classe resistent GL24h
Resistència característica (N/mm ²)	Flexió	$f_{m,k}$	24
	Compressió paral·lela	$f_{c,0,k}$	24
	Compressió perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,7
	Tracció paral·lela	$f_{t,0,k}$	16,5
	Tracció perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4
	Tallant	$f_{v,k}$	2,7
Rigidesa (KN/mm ²)	Mòdul d'elasticitat paral·lel mig	$E_{0,mig}$	11,6
	Mòdul d'elasticitat perpendicular mig	$E_{90,mig}$	0,39
	Mòdul transversal mig	$G_{g,mig}$	0,72
Densitat (Kg/m ³)	Densitat característica	ρ_k	380

Taula 22: Propietats de la fusta utilitzada.

Font: Taula E3 DB-SE-M.

Descripció dels elements emprats en la anterior:

- $f_{m,k}$ (N/mm²) = Resistència a flexió característica.
- $f_{c,0,k}$ (N/mm²) = Resistència de compressió a 0° (paral·lela en la direcció de les fibres de la fusta).
- $f_{c,90,k}$ (N/mm²) = Resistència de compressió a 90° (perpendicular en la direcció de les fibres de la fusta).

- $f_{t,0,k}$ (N/mm²) = Resistència de tracció a 0° (paral·lela en la direcció de les fibres de la fusta).
- $f_{t,90,k}$ (N/mm²) = Resistència de tracció a 90° (perpendicular en la direcció de les fibres de la fusta).
- $f_{v,k}$ (N/mm²) = Resistència a tallant característica.
- $E_{0,mig}$ (KN/mm²) = Mòdul elasticitat per calcular la fletxa. A 0° paral·lel a les fibres de la fusta, ja que les tensions que provoca la flexió són paral·leles. S'utilitza el valor mitjà a causa de que el càlcul de la fletxa s'efectua en valors mitjos i en valors de servei.
- $E_{90,mig}$ (KN/mm²) = Mòdul elasticitat a 90°, perpendicular a les fibres de la fusta.
- $G_{g,mig}$ (KN/mm²) = Mòdul tallant.
- ρ_k (Kg/m³) = Densitat característica de la fusta.

- Coeficient de seguretat parcial de la fusta (γ_m)

En el DB-SE-M, exposa que el coeficient parcial de seguretat per a fusta laminada encolada ha de ser:

$$\gamma_m = 1,25 \quad (30)$$

- Coeficient modificador (K_{mod})

El coeficient modificador determina la vulnerabilitat de la fusta enfront de la humitat i al temps de duració de la càrrega.

En l'apartat que es descriu el coef. modificador del DB-SE-M divideix les classes de servei en 3 noves categories, a diferència de les 5 classes de servei que descriu al principi.

- Classe de servei 1: Humitat inferior al 12%.
- Classe de servei 2: Humitat inferior al 20%.
- Classe de servei 3: Humitat superior al 20%.

Es considera que l'emplaçament podrà generar una classe de servei de caràcter 3, el més desfavorable.

Observant la Taula 2.4 del document DB-SE-M es genera la següent taula del present document.

Material	Classe de servei	Classe de duració de la càrrega				
		Permanent (Pes propi)	Llarga (Instal·lacions)	Mitja (Sobrecàrrega d'ús)	Curta (Neu/Vent)	Instantània (Sismicitat)
Fusta laminada encolada	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Taula 23: Valors del factor K_{mod} .

Font: DB-SE-M.

El cas on la combinació d'accions inclogui accions de diferent duració de la càrrega, es prendrà com a factor de modificació l'acció que de menor duració de càrrega.

En aquest projecte es consideren totes les accions esmentades en la taula anterior, amb la qual cosa, s'aplica el factor de modificació associat a la càrrega de menor duració. En aquest cas:

$$K_{mod} = 0,90 \quad (31)$$

- Resistència de càlcul

Expressió general per totes les propietats resistents de la fusta:

$$X_d = K_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_m} \quad (32)$$

On:

- X_d (N/mm²) = Qualsevol resistència de càlcul.
- X_k (N/mm²) = Resistència característica.
- K_{mod} (adimensional) = Coeficient modificador.
- γ_m (adimensional) = Coeficient de seguretat parcial de la fusta.

Resistència de càlcul de la fusta a flexió:

$$f_{m,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,90 \cdot \frac{24 \frac{N}{mm^2}}{1,25} = 17,28 \text{ N/mm}^2 \quad (33)$$

On:

- $f_{m,d}$ (N/m^2) = Resistència de càlcul de la fusta a flexió majorat.
- K_{mod} (adimensional) = Coeficient modificador.
- γ_m (adimensional) = Coeficient de seguretat parcial de la fusta.
- $f_{m,k}$ (N/mm^2) = Resistència a flexió característica.

Resistència de càlcul de la fusta a tallant:

$$f_{v,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,90 \cdot \frac{2,7 \frac{N}{mm^2}}{1,25} = 1,944 \text{ N/mm}^2 \quad (34)$$

On:

- $f_{v,d}$ (N/m^2) = Resistència de càlcul de la fusta a tallant.
- K_{mod} (adimensional) = Coeficient modificador.
- γ_m (adimensional) = Coeficient de seguretat parcial de la fusta.
- $f_{v,k}$ (N/mm^2) = Resistència a tallant característica.

5.2. Accions que patirà la passarel·la

5.2.1 Accions permanents de valor constant (G)

5.2.1.1 Pes propi (PP)

L'acció del pes propi correspon a la càrrega que ha de suportar el propi element estructural generat pel seu pes.

El valor d'aquesta acció s'obté multiplicant les dimensions de l'element per la densitat del material que constitueix l'element. Per aquest motiu, el valor de l'acció del pes propi es calcularà en el moment de dimensionar la peça, ja que pot variar, com s'ha comentat abans, segons les dimensions i el material.

El document *IAP-II* estipula que en el moment en què els valors resultants de les mesures obtingudes a partir dels plànols del projecte sobrepassin el 5% del valor inicialment previstos, caldrà adaptar els càlculs al pes projectat en els plànols.

5.2.1.2 Carrega morta (CM)

La causa d'aquesta acció prove del pes de tots aquells elements que graviten a sobre de l'element estructural a verificar. Aquests poden ser, paviments, senyalitzacions vials, fanals, altres elements estructurals, entre d'altres.

En el present projecte la passarel·la no disposarà ni pavimentació, ni tuberies, ni altres serveis que no tinguin una funció estructural i queda totalment prohibit la incorporació

d'aquests. En cas contrari, requerirà un nou estudi i la contemplació d'una sèrie de factors que s'estipulen en el document *IAP-11*, apartat 3.1.2 *Cargas muertas*, pàgina 18.

El valor de la càrrega morta es calcularà en el moment de dimensionar un element estructural, ja que pot variar segons la disposició d'aquest.

5.2.2. Accions permanents de valor no constant (G^*)

En el present projecte no es consideraran càrregues d'aquest tipus.

5.2.3. Accions variables (Q)

5.2.3.1. Sobrecàrrega d'ús (SU)

Un cop el pont comenci a ser útil de cara a la població es veurà sotmès a sobrecàrregues ocasionades pels vianants. Per tant, és necessari considerar una sèrie de càrregues simultànies que patirà el pont per determinar els efectes estàtics a causa de la sobrecàrrega d'ús. Per això el document "*IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera*" generat per BOE determina les següents consideracions:

- Una càrrega vertical uniformement distribuïda " q_{fk} " de valor igual a 5 KN/m².
- Una força horitzontal longitudinal " Q_{flk} " de valor igual al 10% del total de la càrrega vertical uniformement distribuïda, actuant en l'eix del tauler al nivell de la superfície del paviment.

Aclariments del document respecte aquest àmbit:

- Ambdues càrregues es consideren com una acció única. El seu valor constitueix el valor característic de la sobrecàrrega d'ús quan es combina amb la resta d'accions (vent, neu, etc.).
- La força horitzontal Q_{flk} serà en general suficient per assegurar l'estabilitat horitzontal longitudinal de la passarel·la, no així l'estabilitat horitzontal transversal que s'haurà d'assegurar mitjançant les accions corresponents.

5.2.3.2. Barana

El document *IAP-11* determina que per representar l'efecte d'ús d'una barana en una passarel·la per vianants, s'ha de considerar una força horitzontal perpendicular a l'element superior de la barana d'1,5 KN/m.

Aquesta força horitzontal es considera que actuarà simultàniament amb l'acció de sobrecàrrega d'ús explicada en l'apartat anterior.

5.2.3.3. Vent (V)

El vent és un fenomen climatològic present en el medi exterior. Aquest fenomen pot produir forces a sobre d'estructures, amb la qual cosa, és un factor que s'ha de tenir en conta a l'hora de dimensionar una passarel·la.

El document “IAP-11 Instrucció sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” generat per BOE, exposa un mètode efectiu per tal de considerar i calcular aquest factor en funció de les característiques de l'emplaçament i les dimensions de l'estructura.

5.2.3.3.1. Velocitat bàsica del vent

És necessari conèixer l'aerologia de la zona. Una variable fonamental en aquest camp és la velocitat bàsica fonamental del vent ($v_{b,0}$). Aquesta variable representa la velocitat mitjana al llarg d'un període de 10 minuts, amb un període de retorn de 50 anys, a una altura de 10 m per sobre del sòl. Aquesta mesura és independent a la direcció del vent, de l'estació de l'any i del tipus de zona. La vida útil estipulada de la passarel·la és de 100 anys, per tant, cal obtenir aquest valor per un període de retorn de 100 anys.

A continuació, es mostra un mapa obtingut, del document prèviament esmentat, que proporciona la velocitat bàsica fonamental del vent.

A continuació, es mostra un mapa obtingut, del document prèviament esmentat, que proporciona la velocitat bàsica fonamental del vent.



Il·lustració 31: Mapa d'isotaques per l'obtenció de la velocitat bàsica fonamental del vent $v_{b,0}$.

Font: IAP-11.

La localització on s'executa el projecte se situa en la zona “C”, amb la qual cosa, la velocitat bàsica fonamental del vent per un període de retorn de 50 anys correspon a 29 m/s.

Amb ajuda del valor de la velocitat bàsica fonamental del vent i la següent expressió s'obté la velocitat bàsica del vent (v_b), també per un període de retorn de 50 anys.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 29\text{m/s} = 29\text{m/s} \quad (35)$$

On:

- v_b (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de 50 anys.
- c_{dir} (adimensional) = Factor direccional del vent. A falta d'estudis més precisos es pot considerar 1.
- c_{season} (adimensional) = Factor estacional del vent. A falta d'estudis més precisos es pot considerar 1.
- $v_{b,0}$ (m/s) = Velocitat bàsica fonamental del vent (valor segons Il·lustració 31).

Per obtenir la velocitat bàsica del vent per un període de retorn diferent de 50 anys s'utilitza la següent expressió:

$$v_b(T) = v_b \cdot c_{prob} \quad (36)$$

On:

- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- v_b (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de 50 anys.
- c_{prob} (adimensional) = Factor de probabilitat. Segons el document *IAP-II*, per situacions persistents, a falta d'estudis específics, per un període de retorn de 100 anys aquest valor es considerarà 1,04

Considerant les dades obtingues, la velocitat bàsica del vent per un període de 100 anys és:

$$v_b(100\text{anys}) = 29\text{m/s} \cdot 1,04 = 30,16 \text{ m/s} \quad (37)$$

5.2.3.3.2. Velocitat mitjana del vent (v_m)

La velocitat mitjana del vent (v_m) és una variable més, necessària per determinar les condicions aerològiques de la zona. Depèn directament de l'altura sobre el terreny, de la rugositat del terreny, la topografia i la velocitat bàsica del vent. L'expressió que defineix la velocitat mitjana del vent és la següent:

$$v_m = c_r \cdot c_o \cdot v_b \quad (38)$$

On:

- v_b (m/s) = Velocitat bàsica del vent per un període retorn T.
- c_o (adimensional) = Factor topogràfic, habitualment igual a 1. En el cas que la zona d'estudi es trobi en una vall entre muntanyes on es pugui generar una canalització del vent el valor de c_o serà igual a 1,1.
- c_r (adimensional) = Factor de rugositat obtingut de la següent fórmula:

$$c_r = k_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{per } z \geq z_{min} \quad (39)$$

$$c_r = c_r \cdot (z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min} \quad (40)$$

On:

- z (m) = Alçada del punt d'aplicació d'empenta del vent, respecte al terreny o des del nivell mínim de l'aigua sota el pont.
- K_r (adimensional) = Factor de terreny (valor segons Taula 24).
- z_0 (m) = Longitud de la rugositat (valor segons Taula 24).
- z_{min} (m) = Altura mínima (valor segons Taula 24).

Per identificar els valors de les variables k_r , z_0 i z_{min} és necessari conèixer el tipus d'entorn. Primer de tot, s'ha d'identificar *insitu* els voltants de la futura localització de la passarel·la i classificar-lo segons les diferents tipologies que es mostren a continuació:

- Tipus 0: mar o zones costaneres exposades al mar obert.
- Tipus I: llacs o àrees planes i horitzontals amb vegetació menyspreable i sense obstacles.
- Tipus II: zona rural amb vegetació baixa i obstacles aïllats, (arbres, construccions petites, etc.), amb separació d'almenys 20 vegades l'altura dels obstacles,
- Tipus III: zona suburbana, forestal o industrial amb construccions i obstacles aïllats amb una separació màxima de 20 vegades l'altura dels obstacles.
- Tipus IV: zona urbana en la qual almenys el 15% de la superfície es troba edificada i l'altura mitjana dels edificis no sobrepassi els 15m.

L'entorn que defineix l'emplaçament del projecte és el de tipus II.

TIPO DE ENTORNO	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
0	0,156	0,003	1
I	0,170	0,01	1
II	0,190	0,05	2
III	0,216	0,30	5
IV	0,235	1,00	10

Taula 24: Variables k_r , z_0 i z_{min} , segons el tipus d'entorn.

Font: IAP-11.

Llavors, segons la taula anterior:

$$K_r = 0,190 \quad (41)$$

$$z_0 = 0,05m \quad (42)$$

$$z_{min} = 2m \quad (43)$$

S'estableix un valor prudencial de 5m per a l'alçada del pont respecte al nivell mínim d'aigua del riu. Per tant:

$$z = 5m \quad (44)$$

Com:

$$z \geq z_{min} \quad (45)$$

$$5m \geq 2m \quad (46)$$

S'empra l'expressió:

$$c_r = K_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{5m}{0,05m}\right) = 0,87 \quad (47)$$

On:

- z (m) = Alçada del punt d'aplicació d'empenta del vent, respecte al terreny o des del nivell mínim de l'aigua sota el pont.
- K_r (adimensional) = Factor de terreny (valor segons Taula 24).
- z_0 (m) = Longitud de la rugositat (valor segons Taula 24).
- z_{min} (m) = Altura mínima (valor segons Taula 24).

Per tant, la velocitat mitjana del vent és:

$$v_m = c_r \cdot c_o \cdot v_b = 0,87 \cdot 1 \cdot 30,16m/s = 26,24m/s \quad (48)$$

On:

- v_b (m/s) = Velocitat bàsica del vent per un període retorn T.

- c_o (adimensional) = Factor topogràfic, habitualment igual a 1. En el cas que la zona d'estudi es trobi en una vall entre muntanyes on es pugui generar una canalització del vent el valor de c_o serà igual a 1,1.
- c_r (adimensional) = Factor de rugositat

5.2.3.3.3. Direcció del vent

Per considerar adequadament l'acció del vent sobre la construcció del projecte s'ha de tenir present que el document *IAP-II* estableix dues direccions principals.

- Perpendicular a l'eix del tauler: Direcció transversal (eix X). Aquesta component podrà anar associada amb una component en direcció vertical (eix Z).
- Paral·lela a l'eix del tauler: Direcció longitudinal (eix Y).

5.2.3.3.4. Empenta del vent

La força generada per l'empenta del vent es determinarà en el dimensionament de cadascun dels elements estructurals afectats, ja que ve determinat directament per les dimensions d'aquest. A més s'ha de tenir en compte els següents aspectes:

- Les característiques aerodinàmiques de l'element estructural es pot veure afectat per altres accions, com pot ser la neu, la sobrecàrrega d'ús entre altres.
- L'ús d'elements auxiliars de la passarel·la que no es considerin essencialment constructius queden terminalment prohibits la seva instal·lació en la passarel·la, ja que poden afegir una superfície addicional que augmenti la força d'empenta del vent.

La força que generada l'empenta del vent sobre qualsevol element es calcularà amb la següent fórmula:

$$F_W = \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_f \cdot A_{ref} \quad (49)$$

On:

- F_W (N) = Càrrega del vent.
- A_{ref} (m^2) = Àrea en planta del tauler.
- ρ_A (Kg/m^3) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- c_f (adimensional) = Coeficient de força.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició en funció de l'altura "z". L'obtenció d'aquest valor es realitza mitjançant la següent fórmula:

$$c_e = K_r^2 \cdot \left[c_o^2 \cdot \ln^2 \left(\frac{z}{z_0} \right) + 7 \cdot K_i \cdot c_o \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right] =$$

$$= 0,19^2 \cdot \left[1^2 \cdot \ln^2 \left(\frac{5m}{0,05m} \right) + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \ln \left(\frac{5m}{0,05m} \right) \right] = 1,93 \quad (50)$$

On:

- K_r (adimensional) = Factor del terreny, segons la Taula 24 del present document és igual a 0,19m.
- c_0 (adimensional) = Factor topogràfic, que segons el document IAP-11, apartat 4.2.2 *Velocidad media del viento*, pàgina 32 es igual a 1.
- z (m) = Alçada del punt d'aplicació d'empenta del vent, respecte al terreny o des del nivell mínim de l'aigua sota el pont. Es considera un valor general i prudent de 5m.
- z_0 (m) = Longitud de la rugositat, segons la Taula 24 del present document és igual a 0,05m.
- K_i (adimensional) = Factor de turbulència que segons el document IAP-11, apartat 4.2.3 *Empuje del viento*, pagina 33 és igual a 1.

5.2.3.3.5. Fenomen d'ocultament

En algunes estructures pot aparèixer l'efecte d' ocultament. Aquest efecte es dona quan un element estructural no es troba exposat directament a l'acció del vent, és a dir, que queda ocult per la projecció d'un altre element estructural situat immediatament a exposició completa de l'acció del vent.

Si es dona el cas que succeeix aquest fenomen el coeficient de força de l'element considerat es multiplicarà pel coeficient d' ocultament “ η ” que s'obtindrà de la Taula 25 amb ajuda de les variables de relació de solidesa “ λ ” i l'espaiament relatiu “ S_r ”.

La següent expressió defineix la relació de solidesa.

$$\lambda = A_n/A_{tot} \quad (51)$$

On:

- λ (adimensional) = Relació de solidesa
- A_n (m²) = Àrea sòlida neta, descomptant possibles forats, de l'element exposat directament a l'acció del vent.
- A_{tot} (m²) = Àrea bruta, sense descomptant forats, que l'element exposat directament a l'acció del vent delimita amb el contorn extern.

La següent expressió defineix l'espaiament relatiu.

$$S_r = S_h/h_p \quad (52)$$

On:

- S_r (adimensional) = Espaiament relatiu entre l'element exposat directament a l'acció del vent i l'element ocult.
- S_h (m) = Distància horitzontal entre les superfícies d'ambdós elements, projectats sobre un pla no perpendicular a la direcció del vent.

- h_p (m) = Altura ocultada per l'element exposat directament a l'acció del vent.

ESPACIAMIENTO RELATIVO s_r	RELACIÓN DE SOLIDEZ λ					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\geq 0,6$
0,5	0,75	0,40	0,31	0,22	0,13	0,06
1	1,00	0,82	0,64	0,46	0,28	0,10
2	1,00	0,84	0,68	0,52	0,36	0,20
3	1,00	0,86	0,72	0,59	0,45	0,31
4	1,00	0,89	0,78	0,68	0,57	0,46
5	1,00	1,00	0,92	0,85	0,77	0,69
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Taula 25: Coeficient d' ocultament “ η ”.

Font: IAP-11.

5.2.3.3.6. Empenta horitzontal

El document *IAP-11* entén la força d'empenta horitzontal com aquella força que es genera a causa de l'acció del vent en direcció transversal (eix X).

L'explicació i les equacions d'aquest apartat son únicament valides pel càlcul de l'empenta horitzontal en taulers sòlids o d'ànima plena. En cas contrari, cal revisar el document esmentat en el paràgraf anterior.

Per al càlcul de l'empenta transversal s'utilitzarà l'equació (49), on l'àrea de referència “ A_{ref} ” és el resultat del producte entre la longitud del tram de la passarel·la per l'altura equivalent “ h_{eq} ”.

El coeficient de força “ c_f ” en la direcció de l'eix “X” es calcula mitjançant la següent equació:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 \cdot \left(\frac{B}{h_{eq}} \right) \quad (53)$$

On:

- $c_{f,x}$ (adimensional) = Coeficient de força.
- B (m) = Amplada total de la jàssera.
- h_{eq} (m) = Altura equivalent. A més de l'altura del mateix tauler també es considerarà l'altura de qualsevol element no estructural que sigui no permeable a les accions del vent

com per exemple, la presència de sobrecàrrega d'ús amb persones. En qualsevol cas es considera l'altura més desfavorable.

El valor de coeficient de força “ c_f ” sempre quedarà limitat en l'interval següent.

$$1,3 \leq c_{f,x} \leq 2,4 \quad (54)$$

5.2.3.3.7. Empenta vertical

El document *IAP-11* defineix l'empenta vertical com la força resultant de l'acció del vent en direcció vertical (eix Z). Es calcula amb la següent expressió:

$$F_{w,z} = \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot A_{ref,z} \quad (55)$$

On:

- $F_{w,z}$ (N) = Empenta vent vertical.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició en funció de l'altura “z”.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- $c_{f,z}$ (adimensional) = Coeficient de força en la direcció vertical “z”, que segons el document IAP-11, apartat 4.2.5.1.2 *Empuje vertical*, és igual a 0,9.
- $A_{ref,z}$ (m²) = Àrea en planta del tauler.

5.2.3.3.8. Empenta longitudinal

Segons el document *IAP-11* l'efecte d'acció del vent longitudinal s'aplica en direcció paral·lel a l'eix del pont (eix Y), és a dir, paral·lel als elements de desenvolupament longitudinals, com per exemple la barana.

Per elements sòlids no permeables al vent, es considerarà que l'empenta longitudinal del vent equival al 25% de l'empenta transversal (eix X) generat per l'acció del vent transversal.

5.2.3.3.9. Moment de bolcada

L'acció combinada de l'empenta transversal i vertical d'una manera determinada pot causar un moment de bolcada sobre els elements estructurals.

Per considerar aquesta opció en taulers, és necessari aplicar l'empenta transversal a un 60% de l'altura de la variable horitzontal considerada en l'àrea exposada en l'acció del vent.

La zona d'aplicació de l'empenta vertical es situa a una distància de la vora de la cara exposada directament a l'acció del vent d'un quart de l'amplada de la secció de la passarel·la.

5.2.3.3.10. Efectes aeroelàstics

Les normatives definides en el document *IAP-II* exposen que no serà necessari comprovar els efectes aeroelàstics en ponts i passarel·les que compleixin simultàniament les tres condicions següents.

- Llum inferior a 200m en ponts i 100m en passarel·les.
- Llum efectiva (màxima distància entre punts de moment flector nul sota l'acció del pes propi) menor que 30 vegades.
- Amplada del tauler superior a 1/10 de la distància entre punts de moment transversals nul sota l'acció del vent transversal.

Encara que algunes d'aquestes característiques no es compleixin, la documentació esmenta que tampoc serà necessari tenir en conta els efectes aeroelàstics si el pont o passarel·la presenta:

- Llum inferior de 80m.
- Freqüència fonamental de flexió vertical major de 2 Hz.

Per tant, en aquest projecte, no es tindrà en consideració els efectes aeroelàstics en el càlcul estructural.

5.2.3.4. Neu

La neu és un factor climatològic que cal considerar en el càlcul estructural d'un pont, ja que una quantitat determinada de neu a sobre d'una estructura pot suposar un pes significatiu.

Se sap que aquest pont es localitzarà en el municipi de Pineda de Mar. Aquest poble presenta clars indicis que no sofreix grans nevades per dos principals factors:

- És situa a peu de costa, concretament al mar Mediterrani.
- La seva altura sobre el nivell del mar no sobrepassa els 10m, sense contar terreny forestal.

Així i tot, si s'analitza l'historial climatològic de Pineda de Mar, es pot observar que aquest municipi ha sigut afectat, de manera molt puntual, per algunes nevades importants. I com s'estima una vida útil del pont d'almenys 50 anys a continuació es genera un llistat de nevades importants per un temps de retorn de 50 anys:

Mes	Any
Març	1975
Febrer	1983
Gener	1985
Març	1993
Novembre	1999
Desembre	2001

Taula 26: Historial nevades Pineda de Mar amb un temps de retorn de 50 anys.

Font: Pròpia.

Encara que siguin cassos molt aïllats s'ha de tenir en consideració.

Com bé s'ha comentat amb anterioritat, la neu exerceix una determinada força a causa del seu propi pes. Aquest factor variable es tradueix en una sobrecàrrega en qualsevol estructura. El document *"IAP-11 Instrucció sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera"* generat per BOE ha ideat un mètode per tenir en consideració aquest fenomen, i extreure'n un factor que més tard serà utilitzat.

El mètode es desenvolupa en els dos apartats que es troben a continuació, consisteix a obtenir d'una taula que es troba en el mateix document, un factor de sobrecàrrega en terrenys horitzontals (S_K), segons la localització desitjada. Per acabar, amb una fórmula a partir del factor de sobrecàrrega horitzontal, s'obtindrà el factor de sobrecàrrega en taulers.

Sobrecàrrega de neu en un terreny horitzontal (S_K)

En la taula següent, proporcionada pel document prèviament comentat, es troba recollit els diferents factors de sobrecàrrega e S_K modelitzats per les capitals de província i ciutats autònomes.

CAPITAL	ALTITUD [m]	s_s [kN/m ²]	CAPITAL	ALTITUD [m]	s_s [kN/m ²]	CAPITAL	ALTITUD [m]	s_s [kN/m ²]
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almeria	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián	0	0,3
Ávila	1130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Ourense	130	0,4	Valencia	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria	520	0,7
Cuenca	1010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Taula 27: Sobrecarrega de neu sobre un terreny horitzontal en les capitals de província i ciutats autònomes.

Font: IAP-11.

Pineda de mar es un municipi que forma part de la província de Barcelona, amb la qual cosa el factor de sobrecarrega en terreny horitzontal equivaldrà a 0,4 KN/m².

$$S_K = 0,4 \frac{KN}{m^2} \quad (56)$$

Per obtenir el valor de sobrecàrrega de neu en taulers es fa ús de la següent expressió:

$$Q_K = 0,8 \cdot S_K = 0,8 \cdot 0,4 \frac{KN}{m^2} = 0,32 \frac{KN}{m^2} \quad (57)$$

On:

- $S_K (N)$ = Factor de sobrecarrega.
- $Q_K (N)$ = Sobrecàrrega de neu.

5.2.4. Accions accidentals (A)

5.2.4.1. Impactes

Pel fet que la passarel·la a dissenyar és per vianants i queda completament prohibit l'ús de vehicles per sobre d'aquest, no és necessari considerar l'acció d'un possible impacta.

5.2.4.2. Acció sísmica

Per realitzar una consideració la més encertada possible sobre l'acció sísmica, la norma IAP-11 deriva aquest estudi a la *Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)*.

Segons el procediment explicat en la norma NCSP-07, abans de res, cal realitzar un parell de comprovacions que determinaran si és necessari considerar les accions sísmiques.

Per una banda, no serà necessari la consideració de les accions sísmiques quan l'acceleració sísmica horitzontal bàsica de l'emplaçament "a_b" afirmi la següent expressió:

$$a_b < 0,04 \cdot g \quad (58)$$

On:

- g (m/s²)= Acceleració de la gravetat.
- a_b (m/s²)= Acceleració bàsica .

Com es pot observar en la següent il·lustració del present document o en el llistat de municipis amb les corresponents característiques sísmiques del document NCSP-07, apartat Anejo 1, pàgina 92, Pineda de Mar presenta una acceleració sísmica bàsica "a_b" igual a 0,04·g.



Il·lustració 32: Mapa de perillositat sísmica.

Font: NCSP-07, apartat 3.5.1.1. Componentes horizontales, pàgina 18.

El valor obtingut de l'acceleració sísmica bàsica no compleix la condició de l'equació (58).

D'altra banda, tampoc serà necessària la consideració de les accions sísmiques en les situacions en què l'acceleració sísmica horitzontal de càlcul “ a_c ” afirmi la següent expressió:

$$a_c < 0,04 \cdot g \quad (59)$$

On:

- g (m/s^2) = Acceleració de la gravetat.
- a_c (m/s^2) = Acceleració sísmica horitzontal de càlcul

El document NCSP-07, apartat 3.4. *Aceleración sísmica horitzontal de càlculo*, pàgina 17, defineix la següent expressió per trobar l'acceleració sísmica horitzontal de càlcul “ a_c ”.

$$a_c = S_{at} \cdot \gamma_I \cdot \gamma_{II} \cdot a_b \quad (60)$$

On:

- a_c (m/s^2) = Acceleració sísmica horitzontal de càlcul.
- a_b (m/s^2) = Acceleració bàsica .
- S_{at} (adimensional) = Coeficient d'ampliació del terreny.
- γ_I (adimensional) = Factor d'importància, en funció de la importància del pont.
- γ_{II} (adimensional) = Factor modificador, per considerar un període de retorn diferent de 500 anys.

El document IAP-11, apartat 5.2 *Acción Sísmica*, pàgina 58, classifica tres categories de factor d'importància.

- Pont d'importància moderada.
- Pont d'importància normal.
- Pont d'importància especial.

La passarel·la del present projecte es troba en la categoria d'importància moderada, ja que no és una estructura crítica per la comunicació, per tant, li correspon un factor d'importància " γ_I " igual a 0.

Llavors, si la variable " γ_I " amb valor igual a 0 s'aplica a l'equació (60), l'acceleració sísmica horitzontal de càlcul " a_c " esdevé 0. Amb la qual cosa, la condició (59) es compleix i per tant no és necessari considerar les accions sísmiques a la passarel·la d'aquest projecte.

5.3. Tractament del valor de les accions

Un cop coneguts els valors característics de les accions s'han de tractar per tal de tenir una sèrie de consideracions que permeten obtenir una modelització del sistema més encertada. Aquestes consideracions s'obtenen del DB-SE-M.

5.3.1 Valor representatiu de les accions

5.3.1.1. Valor representatiu de les accions permanents

Per a les accions permanents, es pren com a valor representatiu el valor característic de l'acció (G_K).

5.3.1.2. Valors representatius de les accions variables

Per a les accions variables, s'utilitza el valor característic de l'acció (Q_K) multiplicat pel factor de simultaneïtat (Ψ) per aconseguir el valor representatiu. El factor de simultaneïtat ve donat per:

-Valor de combinació $\Psi_0 Q_K$: Valor d'una acció variable quan actuï amb alguna altre acció variable. D'aquesta manera és te en conta la petita possibilitat que actuïn simultàniament les accions variables i es doni el cas més desfavorable.

Aquest valor s'utilitza en les verificacions d'E.L.U. en situacions persistents o transitòries i en verificacions d'E.L.S. irreversibles.

-Valor freqüent $\Psi_1 Q_K$: Valor d'una acció variable que s'apliqui al llarg d'un període de temps de petita duració respecte la vida útil de la passarel·la. Fa referència a un període de retorn d'una setmana. D'aquesta manera és té en conta la mitjana possibilitat que actuïn simultàniament les accions variables i es doni el cas més desfavorable.

Aquest valor s'utilitza en les verificacions d'E.L.U. en situacions accidentals i en verificacions d'E.L.S. reversibles.

-Valor casi permanent $\Psi_2 Q_K$: Valor d'una acció variable que succeeixi al llarg d'una gran part de la vida útil del pont. D'aquesta manera és té en conta la gran possibilitat de que actuïn simultàniament les accions variables i es doni el cas més desfavorable.

Aquest valor també s'utilitza en les verificacions d'E.L.U. en situacions accidentals i en verificacions d'E.L.S. reversibles, a més a més, de l'avaluació dels efectes diferits.

A continuació es mostra una taula extreta del mateix document comentat, IAP-11.

ACCIÓN		ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Sobrecarga de uso	gr 1, Cargas verticales	Vehículos pesados	0,75	0,75	0
		Sobrecarga uniforme	0,4	0,4	0 / 0,2 ⁽¹⁾
		Carga en aceras	0,4	0,4	0
	gr 2, Fuerzas horizontales	0	0	0	
	gr 3, Peatones	0	0	0	
	gr 4, Aglomeraciones	0	0	0	
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0	
Viento	F_{wk}	En situación persistente	0,6	0,2	0
		En construcción	0,8	0	0
		En pasarelas	0,3	0,2	0
Acción térmica	T_k	0,6	0,6	0,5	
Nieve	$Q_{Snt,k}$	0,8	0	0	
Acción del agua	W_k	Empuje hidrostático	1,0	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	Q_c	1,0	0	1,0	

Taula 28: Factors de simultaneïtat (Ψ).

Font: Document IAP-11, apartat 6.1.2 Valores representativos de las acciones variables, TABLA 6.1-a, pagina 62.

5.3.2. Valor de càlcul de les accions

Per tenir en consideració la incertesa de la estimació i la modelització de l'efecte de les accions, es multiplica el valor representatiu de les accions per un coeficient de seguretat (γ_F).

Els coeficients de seguretat que s'apliquen poden tenir diferents valors segons la situació del projecte, si es persistent, transitòria, accidental o sísmica. També varia segons l'estat

límit de verificació (E.L.U. o E.L.S.). En les taules que es troben a continuació s'observen els diferents coeficients de seguretat a aplicar.

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,35
	Carga muerta	1,0	1,35
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P_1	1,0	1,0 / 1,2 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,35
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,35
	Empuje del terreno	1,0	1,5
	Asientos	0	1,2 / 1,35 ⁽³⁾
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

Taula 29: Coeficients de seguretat (γ_F) per les accions en comprovacions resistents (E.L.U, STR).

Font: Document IAP-11, apartat 6.2.1.1 Comprobaciones resistentes (STR), TABLA 6.2-b, pàgina 64.

5.3.3. Combinacions d'accions

La passarel·la que es dissenya pot experimentar una sèrie de combinacions d'accions que sol·licitin l'estructura. Per aquest motiu es creen unes hipòtesis de càrrega crítiques per l'estructura.

5.3.3.1. Combinacions per comprovacions en E.L.U.

El document IAP-11 descriu 3 possibles situacions en la qual es poden donar una combinació diferent d'accions. Únicament s'estudia les combinacions en situacions persistents o transitòries. Les combinacions en situacions accidentals i sísmiques no són necessàries considerar-les en aquest projecte, ja que no es dona cap acció d'aquests tipus.

5.3.3.1.1. En situacions persistents o transitòries

Les combinacions de les accions per verificacions a E.L.U. en situacions persistents o transitòries s'efectuaran segons la següent expressió.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (61)$$

On:

- $G_{K,j}$ (N) = Valor característic de cada acció permanent.
- $G_{K,j}^*$ (N) = Valor característic de cada acció permanent de valor no constant
- $Q_{K,1}$ (N) = Valor característic de l'acció variable dominant.
- γ_G, γ_Q (N) = Coeficients parcials
- $\gamma_{0,i} Q_{K,1}$ (N) = Valor de combinació de les accions variables concomitants amb l'acció variable dominant.

Serà necessari realitzar tantes hipòtesis de combinacions d'accions com sigui necessari. En cada hipòtesi es considerarà una de les accions variables com dominant i les altres com concomitants.

Segons el document IAP-11 és necessari tenir en compte les següents objeccions.

- Si en una hipòtesi es considera el vent transversal que actua sobre un tauler, es considerarà simultàniament la component vertical i el moment de bolcada corresponent.
- Si en una hipòtesi es considera el vent longitudinal que actua sobre un tauler no es considerarà l'actuació simultània del vent transversal ni de l'empenta vertical.
- Quan es consideri la sobrecàrrega d'ús com a acció predominant, es considerarà l'acció del vent corresponent.
- Quan es consideri l'acció del vent com a acció predominant, no es tindrà en conta l'actuació de la sobrecàrrega d'ús.
- No es considerarà l'acció simultània de la càrrega de neu i la sobrecàrrega d'ús excepte quan la localització del pont sigui en alta muntanya.

5.3.3.2. Combinacions per comprovacions en E.L.S.

El document IAP-11 adopta tres tipus de combinacions segons la freqüència. Serà necessari aplicar les objeccions de l'apartat anterior.

5.3.3.2.1. Combinació característica (poc probable o rara)

La manera de procedir en aquesta combinació es idèntica a la que s'efectua en les combinacions en E.L.U. Aquesta combinacions, generalment s'utilitza en verificacions en E.L.S. irreversibles.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (62)$$

5.3.3.2.2. Combinació freqüent

La combinació freqüent es sol emprar en verificacions d'E.L.S. reversibles.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (63)$$

5.3.3.2.3. Combinació casi-permanent

La combinació casi permanent normalment s'utilitza en estudis E.L.S. reversibles i per efectes diferits.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (64)$$

5.4. Dimensionament dels elements estructurals

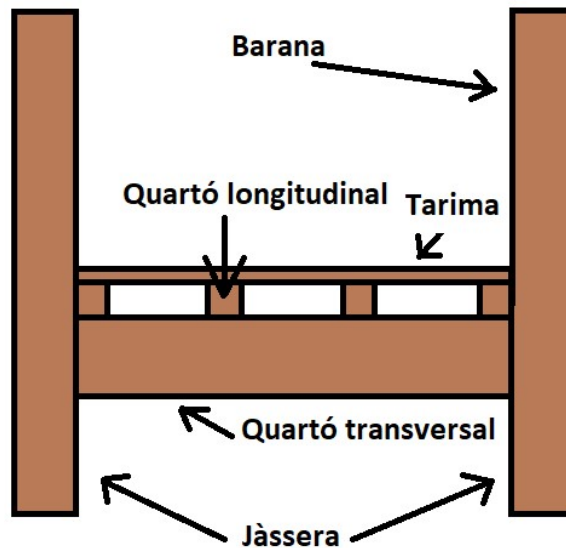
5.4.1. Aspectes a considerar

Aspectes a considerar en el dimensionament que acotaran determinades decisions:

5.4.1.1. Disposició dels elements estructurals

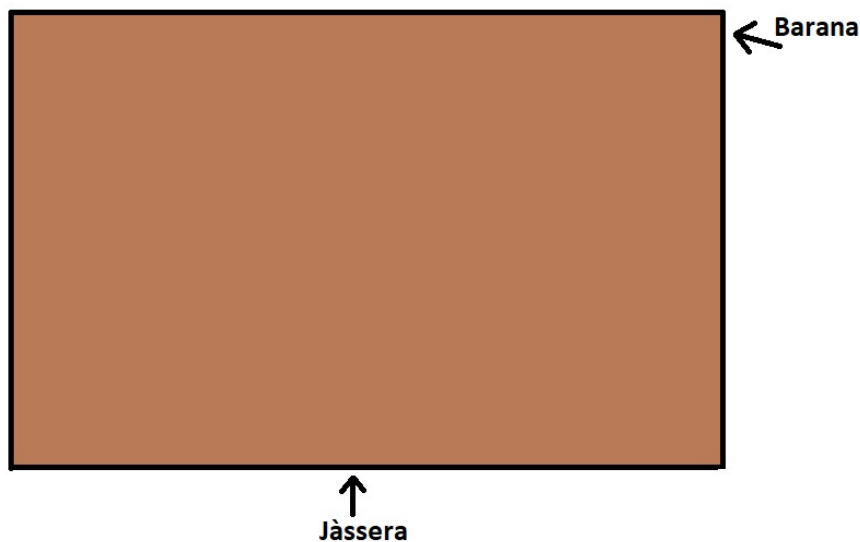
S'ha decidit realitzar un entramat a tres nivells, per així baixar el centre de gravetat i proporcionar més estabilitat a la secció reduint el moment de bolcada. A més a més, l'entramat redueix pes, això és a causa que les bigues a nivells inferiors limiten la fletxa de les bigues col·locades per sobre, que és on normalment no compleix les verificacions en estat límit de servei "E.L.S", per tant, es considera com si és col·loques un suport allà on més ho necessiten les bigues col·locades a més altura.

L'entramat està format per la tarima, els quartons longitudinals i els quartons transversals. La seva disposició es mostra en els següents esbossos.



Il·lustració 33: Vista en alçat de la secció proposada.

Font: Pròpia.



Il·lustració 34: Vista en perfil de la secció proposada.

Font: Pròpia.

La tarima es troba formada per taulers prims i estrets, la seva única finalitat és cobrir la superfície de trepitjat dels vianants, no es busca un cantell gran que proporcioni rigidesa perquè per això estan els quartons longitudinals i transversals, que limiten la fletxa dels taulers de la tarima. A més a més, el pes augmentaria en la part superior de l'entramat i pujaria el centre de gravetat de la secció de la passarel·la.

Els quartons longitudinals són les bigues que recorren la passarel·la d'un extrem a l'altre. Com s'ha comentat en el paràgraf anterior, tenen la finalitat de limitar la fletxa en els taulers de la tarima. Com els taulers de la tarima seran amples interessa que els quartons longitudinals presentin una secció quadrada o, en cas de necessitar més rigidesa,

rectangular amb el cantell lleugerament més alt. No obstant, per limitar la fletxa dels quartons longitudinals es disposa a mode de suports els quartons transversals.

Els quartons transversals han de suportar tota la càrrega de l'entramat més les accions d'ús, per tant, interessa que el cantell de la secció de la biga emprada sigui considerablement més gran que l'amplada.

L'entramat es trobarà subjectat a dues jàsseres principals que anirà des d'un extrem de la passarel·la fins a l'altre i que aquestes hauran de suportar tota la càrrega de la passarel·la. Aprofitant les consideracions de l'apartat 5.4.1.2. Verificació dels elements estructurals del present projecte, on es raona que és millor augmentar el cantell de la secció d'una biga perquè aquesta tingui més rigidesa, i a més a més, tenir la necessitat de posar una barana a la passarel·la, s'ha ideat el disseny de tal manera que les jàsseres tindran tant de cantell en la seva secció que compliran la funció de baranes.

Aquesta decisió evita el disseny d'una barana i total la feina de construcció que comporta. Un altre aspecte beneficiós d'aquest disseny és que si es decideix posar llum, el fet de tenir les jàsseres realitzen un apantallament i no deixarien passar llum fora de la passarel·la i es reduiria l'impacte lumínic. No obstant la força del vent pot causar més càrreges a sobre la passarel·la.

Caldrà realitzar dimensionament corresponent i realitzar les verificacions que indica el document IAP-11 per assegurar la viabilitat d'aquesta configuració dels elements estructurals proposada. El número de taulers, quartons longitudinals i transversals es determinaran segons el compliment de les verificacions.

5.4.1.2. Verificació dels elements estructurals

Les verificacions que es realitzarà són els estats límits últim "E.L.U" i els estats límit de servei "E.L.S", el qual algunes de les seves fórmules, concretament el càlcul de les tensions normals i el de fletxa, són causats pel valor d'inèrcia en el denominador. Al final d'aquest apartat s'observarà per que s'ha de considerar el valor de la inèrcia.

5.4.1.2.1. Verificació E.L.U

- Tensions normals (σ)

A continuació es mostra l'expressió de les tensions normals (σ) per un quadrat o rectangle. S'empra en verificacions d'estat límit últim "E.L.U" (STR). Si les tensions normals en el punt més sol·licitat de la secció no superen les tensions normals admissibles, tot el tauler aguantarà, en cas contrari col·lapsarà. En el cas de seccions quadrades o rectangulars, l'expressió a verificar:

$$f_{m,d} \geq \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{I} \cdot \frac{h_{ef}}{2} \quad (65)$$

On:

- $f_{m,d}$ (N/mm^2) = Resistència de càlcul de la fusta a flexió majorat.
- $\sigma_{m,d}$ (N/mm^2) = Tensions normals màximes amb carrega majorada.
- I (m^4) = Inèrcia de la secció escollida.
- h_{ef} (m) = Altura de la secció de la biga eficaç.
- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.

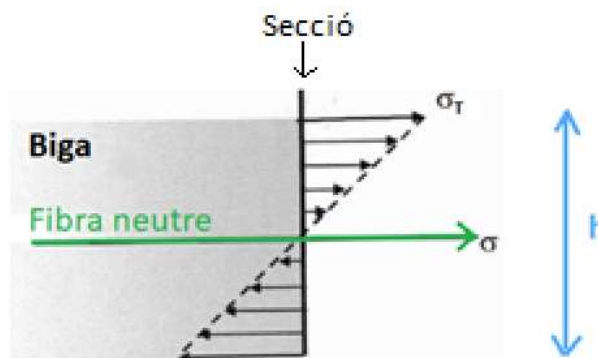
Moment flector màxim comprovat analíticament:

$$M_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_s^2}{8} \quad (66)$$

On:

- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U}$ (N/m) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_s (m) = Longitud del tram sol·licitat.

Les tensions normals màximes, per perfils de biga quadrada o rectangular, és situa en la part més llunyana de la fibra neutre central, tal i com és mostrà en la següent il·lustració:



Il·lustració 35: Distribució de les tensions normals en la secció de la biga. Vista de la biga lateral.

Font: Pròpia.

- Tensions tangencials (τ)

Per les verificacions d'estat límit últim "E.L.U" també es comproven les tensions tangencials (τ). Si les tensions tangencials en el punt més sol·licitat de la secció no superen les tensions tangencials admissibles, tota la biga aguantarà, en cas contrari col·lapsarà. En el cas de seccions quadrades o rectangulars, l'expressió a verificar:

$$f_{v,d} \geq \tau_{m,d} = \frac{V_d}{A_{ef}} \quad (67)$$

On:

- $f_{v,d}$ ($N \cdot m^2$) = Resistència de càlcul de la fusta a tallant.
- $\tau_{m,d}$ (N/mm^2) = Tensions tangencials màximes amb càrrega majorada.
- A_{ef} (m^2) = Àrea de la secció eficaç.
- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb càrrega majorada.

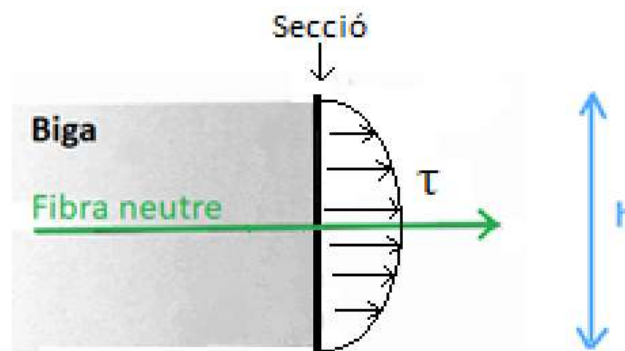
Esforç tallant màxim comprovat analíticament:

$$V_d = \frac{q_{E.L.U.} \cdot L_s}{2} \quad (68)$$

On:

- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb càrrega majorada.
- $q_{E.L.U.}$ (N/m) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_s (m) = Longitud del tram sol·licitat.

Les tensions tangencials màximes, per perfils de biga quadrada o rectangular, és situa en la part central, coincidint amb la fibra neutre central, tal i com és mostrà en la següent il·lustració:



Il·lustració 36: Distribució de les tensions tangencials en la secció de la biga. Vista de la biga lateral.

Font: Pròpia.

5.4.1.2.1. Verificació E.L.S

El document basic de seguretat estructural de la fusta (DB-SE-M) no esmenta res al respecte de quin és el procediment que s'ha de seguir per calcular la deformació en E.L.S. a fletxa, de tal manera que s'ha de seguir el document basic de seguretat estructural genèric (DB-SE) complementat amb l'IAP-11.

Primer de tot és calcula la fletxa límit (ζ_{Rel}), aquell valor que no és pot rebassar en la posta en servei de la passarel·la. El document DB-SE estableix que aquesta variable és calculi amb la següent expressió:

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_S}{300} \quad (69)$$

On:

- ζ_{Rel} (m) = Fletxa límit.
- L_S (m) = Longitud del tram sol·licitat.

En canvi, el document IAP-11 estableix l'expressió:

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_S}{1200} \quad (70)$$

On:

- ζ_{Rel} (m) = Fletxa límit.
- L_S (m) = Longitud del tram sol·licitat.

S'aplica l'opció més restrictiva en aquest cas l'expressió facilitada pel document IAP-11.

El tram de biga sol·licitat no podrà flectar més la fletxa límit (ζ_{Rel}), a partir d'aquest valor és crea inseguretat al vianant i posteriorment a mesura que vagui augmenten es començarien a generar fissures al propi tauler.

La fletxa inicial (ζ_{ini}) que es dona, segons la distribució de càrrega que s'aplica, l'expressió a utilitzar és la següent:

$$\zeta_{inicial} = \frac{5 \cdot q_{E.L.S} \cdot L_S^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (71)$$

On:

- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- L_S (m) = Longitud del tram sol·licitat.
- $q_{E.L.S}$ (N/m) = Càrrega E.L.S. a verificar.
- I (m) = Inèrcia de la secció.
- E (m) = Mòdul elasticitat per calcular la fletxa. A 0° paral·lel a les fibres de la fusta, ja que les tensions que provoca la flexió són paral·leles. S'utilitza el valor mig a causa de que el càlcul de la fletxa s'efectua en valors en valors mitjos i en valors de servei.

Es sap que la fusta no es elàstica, tot el contrari, té una deformació diferida molt important, per tant, és necessari calcular la fletxa final diferida (ζ_{Final}).

$$\zeta_{Final} = \zeta_{ini} \cdot (1 + K_{Def}) \quad (72)$$

On:

- ζ_{Final} (m) = Fletxa final diferida.
- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- K_{Def} (m) = Coeficient de deformació definitiu. El seu valor pot anar des de 0,6 fins a 2, depenent de la classe de servei. En aquest cas s'agafa el valor més desfavorable, el 2.

Cal comparar la fletxa límit amb la fletxa final diferida i afirmar que la fletxa final diferida no supera la deformació a fletxa límit:

$$\zeta_{Rel} \geq \zeta_{Final} \quad (73)$$

Observant les formules de tot aquest apartat, apartat 5.4.1.2. Verificació dels elements estructurals, s'arriba a la conclusió de que el valor de la inèrcia és inversament proporcional al valor de tensions normal i el valor de fletxa, i que si la inèrcia augmenta les tensions normals i la fletxa disminueix. Si s'observa l'expressió de la inèrcia d'una secció quadrada o rectangular es veu que el valor del cantell es troba elevat al cub, amb la qual cosa s'aconseguirà major inèrcia augmentant el cantell que no pas l'amplada de la secció. Per tant, si es desitja més rigidesa en la biga a dissenyar, és preferible augmentar el cantell.

A continuació es mostra l'expressió d'inèrcia.

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (74)$$

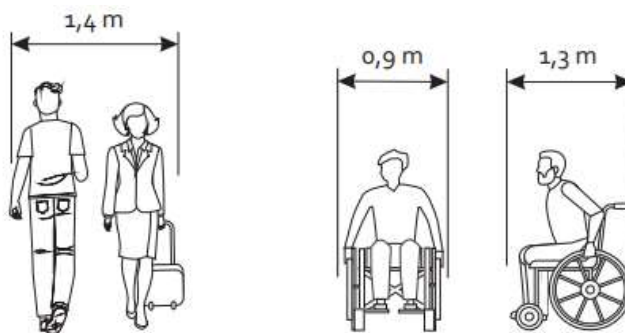
On:

- b (m) = Amplada de la secció
- h (m) = Cantell de la secció

5.4.1.3. Amplada mínima transitable per vianants

Segons el document *Guia pràctica de facilitats per a la circulació de vianants en zones urbanes*, redactat per la Direcció General de Transports i Mobilitat de la Generalitat de Catalunya, l'espai mitjà ocupat per dues persones que caminen un al costat de l'altre és d'1,4m.

En canvi, els requisits d'espai per als vianants amb discapacitats varien considerablement segons les capacitats físiques i els dispositius que utilitzin. Normalment, es considera que els espais dissenyats per als usuaris de cadires de rodes són prou funcionals per a la majoria de les persones. Els usuaris de cadires de rodes necessiten un espai mitjà ocupat de 0,9m d'amplada quan circulen. En el cas que els usuaris de rodes desitgin fer un canvi de sentit l'espai ocupat mitjà és d'1,3m. A continuació, es mostra la Il·lustració 3 extreta del document prèviament comentat on es visualitzen les distàncies esmentades.



Il·lustració 37: Dimensions rellevants per als vianants.

Font: Guia pràctica de facilitats per a la circulació de vianants en zones urbanes, Direcció General de Transports i Mobilitat de la Generalitat de Catalunya.

Pels motius comentats i tenint en compte la possible afluença de pas de vianants de la zona de construcció de la passarel·la, es considera òptim una amplada on puguin circular dues cadires de roda de manera paral·lela, independentment del sentit, i que un d'ells, si ho desitja, pugui fer un canvi de sentit sense molestar al vianant del costat. Perquè això sigui possible és necessari, coma mínim, una distància de 0,9m més 1,3m, sumant un total de 2,2m d'amplada mínima.

Per més comoditat pels vianants, s'estableix una amplada transitable de 2,4m.

5.4.1.4. Separació entre taulers

Per tal de que es dreni l'aigua de la pluja a sobre de la tarima, per reduir el pes de l'entramat i considerar dilatacions s'estableix una distancia prudent entre taulers d'1 cm.

5.4.2. Dimensionament tarima

5.4.2.1. Dimensions tauler candidat

El tauler seleccionat directament de proveïdor presenta les següents dimensions:

Cantell de la secció:	0,06 m
Amplada de la secció:	0,12 m
Longitud tauler:	12 m

Taula 30: Dimensions del tauler candidat.

Font: Pròpia.

5.4.2.2. Accions del tauler

Es sap que les accions que més comprometeran la biga són les que actuen de manera vertical, amb la qual cosa les accions que actuen de manera horitzontal i longitudinal no es tindran en consideració en el dimensionament del tauler, no obstant si es consideraran en la comprovació de l'estructura de la passarel·la sencera.

Les accions que pateix el tauler en funció de la longitud són les següents:

1. Pes propi (PP):

$$PP_T = \rho_F \cdot g \cdot b_T \cdot h_T = 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,12m \cdot 0,06m = 26,84 \frac{N}{m} \quad (75)$$

On:

- PP_T (N/m) = Pes propi tauler.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_T (m) = Amplada de la secció del tauler.
- h_T (m) = Altura de la secció del tauler.

2. Sobrecàrrega d'ús: (SU):

$$SU_T = SU_K \cdot b_K = 5 \frac{KN}{m^2} \cdot (0,12m + 0,01m) = 650 \frac{N}{m} \quad (76)$$

On:

- SU_T (N/m) = La sobrecarrega que pateix el tauler.
- SU_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme característica en funció del area és segons el document IAP-11, apartat 4.1.2.2 *Cargas verticales en zonas de uso peatonal*, pagina 26 és igual a 5KN/m².
- b_K (m) = Amplada de la secció del tauler més la distancia entre taulers.

3. Neu:

$$Neu_T = Q_K \cdot b_K = 0,32 \frac{KN}{m^2} \cdot (0,12m + 0,01m) = 41,6 \frac{N}{m} \quad (77)$$

On:

- Neu_T (N/m) = La càrrega de neu que pateix el tauler.
- Q_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme de neu característica en funció del àrea és segons el present document apartat 5.2.3.4. Neu, és igual a 0,32KN/m².
- b_K (m) = Amplada de la secció més la distancia entre taulers.

4. Vent vertical :

Per determinar la càrrega que pateix el tauler a causa del vent vertical s'empra l'expressió (49) del present document.

$$\begin{aligned}
 V_{vertic.T} &= \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot b_K = \\
 &= \left[\frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(30,16 \frac{m}{s} \right)^2 \right] \cdot 1,93 \cdot 0,9 \cdot (0,12m + 0,01m) = \quad (78) \\
 &= 128,38 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

On:

- $V_{vertic.T}$ (N/m) = Càrrega vent vertical tauler.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- b_K (m) = Amplada de la secció més la distància entre taulers.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició segons l'eq. (50) del present document.-
- $c_{f,z}$ (adimensional) = Coeficient de força en la direcció vertical "z", que segons el document IAP-11, apartat 4.2.5.1.2 *Empuje vertical*, és igual a 0,9.

5.4.2.3. Tractament de les accions del tauler

A continuació es mostra una taula resum del valor de les diferents accions amb els corresponents coeficients de seguretat i factors de simultaneïtat que corresponen.

	Valor (N/m)	Coef. Seguretat (γ_F)		Factor de simultaneïtat (Ψ)		
		E.L.U.	E.L.S	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Accions permanents (G):						
- PP_T	26,84	1,35	1	-	-	-
Accions variables (Q):						
- SU_T	650,00	1,35	1	0,4	0,4	0
- Neu_T	41,60	1,5	1	0,8	0	0
- $V_{vertic.T}$	128,38	1,5	1	0,3	0,2	0

Taula 31: Tractament de les accions.

Font: Pròpia a partir de la Taula 28 i la Taula 29.

5.4.2.4. Possibles combinacions de les accions

Considerant el que s'explica en l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions del present document es creen els següents possibles casos de combinació d'accions.

- Combinacions per comprovacions en E.L.U (STR).

Situació persistent.

1. Cas variable dominant SU_T :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,SU} \cdot SU_T + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.T} = \\
 &= 1,35 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 650 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\
 &= 971,51 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \tag{79}$$

2. Cas variable dominant Neu_T :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_T + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.T} = \\
 &= 1,35 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 41,6 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\
 &= 156,4 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \tag{80}$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.T}$:

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_T + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.T} = \\ &= 1,35 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 0,4 \cdot 650 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\ &= 579,8 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (81)$$

Per verificacions a E.L.U la carrega “ $q_{E.L.U}$ ” equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.U} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 971,51 \frac{N}{m}$$

- Combinacions per comprovacions en E.L.S.

Combinacions característiques

1. Cas variable dominant SU_T :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,SU} \cdot SU_T + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.T} = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1 \cdot 650 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\ &= 715,35 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (82)$$

2. Cas variable dominant Neu_T :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_T + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.T} = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1 \cdot 41,6 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\ &= 106,95 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (83)$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.T}$:

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_T + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.T} = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 650 \frac{N}{m} + 1 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\ &= 415,22 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (84)$$

Combinacions freqüents

4. Cas SU_T :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_1 \cdot SU_T = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 650 \frac{N}{m} = \\ &= 286,84 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (85)$$

5. Cas $V_{vertic.T}$:

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_1 \cdot V_{vertic.T} = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,2 \cdot 128,38 \frac{N}{m} = \\ &= 52,52 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (86)$$

Combinacions quasi permanents

6. Cas PP_T :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_T = \\ &= 1 \cdot 26,84 \frac{N}{m} = \\ &= 26,84 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (87)$$

Per verificacions a E.L.S la carrega “ $q_{E.L.S}$ ” equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.S} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 715,35 \frac{N}{m}$$

5.4.2.5. Verificació E.L.U. de flexió simple

En aquest apartat és verifiquen les tensions normals (σ) del tram del tauler sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant el moment flector màxim de manera analítica:

$$M_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{TS}^2}{8} = \frac{971,51 \frac{N}{m} \cdot (726,67mm)^2}{8} = 64125,64N \cdot mm \quad (88)$$

On:

- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U}$ (N/s^2) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_{TS} (m) = Longitud del tram de tauler sol·licitat.

El valor de la inèrcia segons el tipus de secció és el següent:

$$I = \frac{b_T \cdot h_T^3}{12} = \frac{120mm \cdot (60mm)^3}{12} = 2,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (89)$$

On:

- I (m^4) = Inèrcia de la secció escollida.
- b_T (m) = Amplada de la secció del tauler.
- h_T (m) = Altura de la secció del tauler.

Les tensions normals màximes equivalen per tant a:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{I} \cdot \frac{h_T}{2} = \frac{64125,64N \cdot mm}{2,16 \cdot 10^6 mm^4} \cdot \frac{60mm}{2} = 0,89 \frac{N}{mm^2}$$

On:

- $\sigma_{m,d}$ (N/mm^2) = Tensions normals màximes amb carrega majorada.
- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- I (m^4) = Inèrcia de la secció escollida.
- h_T (m) = Altura de la secció del tauler eficaç.

És realitza la comparació:

$$f_{m,d} = 17,28 \frac{N}{mm^2} \geq 0,89 \frac{N}{mm^2} = \sigma_{m,d} \quad (90)$$

Segons la comparació anterior el tauler seleccionat compleix a tensions normals.

5.4.2.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant

En aquest apartat és verifiquen les tensions tangencials (τ) del tram del tauler sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant l'esforç tallant màxim de manera analítica:

$$V_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{TS}}{2} = \frac{971,51 \frac{N}{m} \cdot 726,67mm}{2} = 352,98N \quad (91)$$

On:

- $V_d (N)$ = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U} (N/s^2)$ = Càrrega E.L.U. a verificar.
- $L_{TS} (m)$ = Longitud del tram de tauler sol·licitat.

Les tensions tangencials màximes equivalen per tant a:

$$\tau_{m,d} = \frac{V_d}{A_T} = \frac{V_d}{b_T \cdot h_T} = \frac{352,98N}{120mm \cdot 60mm} = 0,05 \frac{N}{mm^2} \quad (92)$$

On:

- $\tau_{m,d} (N \cdot m^2)$ = Tensions tangencials màximes amb carrega majorada.
- $V_d (N)$ = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- $A_T (m^2)$ = Area de la secció eficaç del tauler.
- $b_T (m)$ = Amplada de la secció del tauler.
- $h_T (m)$ = Altura de la secció del tauler.

És realitza la comparació:

$$f_{v,d} = 1,944 \frac{N}{mm^2} \geq 0,05 \frac{N}{mm^2} = \tau_{m,d} \quad (93)$$

Segons la comparació anterior, el tauler seleccionat compleix a tensions tangencials.

5.4.2.7. Verificació E.L.S. de deformació

En aquest apartat és verifica la fletxa del tram del tauler sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.S del present document.

Primer de tot és calcula la fletxa límit:

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_{TS}}{1200} = \frac{726,67mm}{1200} = 0,61mm \quad (94)$$

On:

- $\zeta_{Rel} (m)$ = Fletxa límit.
- $L_{TS} (m)$ = Longitud del tram de tauler sol·licitat.

El tauler no pot flectar més de 0,61mm, a partir d'aquest valor és crea inseguretad al vianant i posteriorment a mesura que vagui augmenten es començarien a generar fissures al propi tauler.

La fletxa inicial (ζ_{ini}) que es dona al tauler es la següent:

$$\zeta_{ini} = \frac{5 \cdot q_{E.L.S} \cdot L_{TS}^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 715,35 \frac{N}{m} \cdot (726,67mm)^4}{384 \cdot 11,6 \frac{KN}{mm^2} \cdot 2,16 \cdot 10^6 mm^4} = 0,104mm \quad (95)$$

On:

- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- L_{TS} (m) = Longitud del tram de tauler sol·licitat.
- $q_{E.L.S}$ (N/s²) = Càrrega E.L.S. a verificar.
- I (m) = Inèrcia de la secció.
- E (m) = Mòdul elasticitat per calcular la fletxa. A 0° paral·lel a les fibres de la fusta, ja que les tensions que provoca la flexió són paral·leles. S'utilitza el valor mig a causa de que el càlcul de la fletxa s'efectua en valors en valors mitjos i en valors de servei.

La fletxa final diferida:

$$\zeta_{Final} = \zeta_{ini} \cdot (1 + K_{Def}) = 0,104mm \cdot (1 + 2) = 0,312mm \quad (96)$$

On:

- ζ_{Final} (m) = Fletxa final diferida.
- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- K_{Def} (m) = Coeficient de deformació definitiu. El seu valor pot anar des de 0,6 fins a 2, depenent de la classe de servei. En aquest cas s'agafa el valor més desfavorable, el 2.

Es compara la fletxa límit amb la fletxa final diferida:

$$\zeta_{Rel} = 0,61mm \geq 0,312mm = \zeta_{Final} \quad (97)$$

En la comparació anterior és pot observar que la deformació a fletxa final diferida no supera la deformació a fletxa límit. Per tant, el tauler supera amb èxit les verificacions en E.L.S.

5.4.3. Dimensionament quartó longitudinal

5.4.3.1. Dimensions quartó longitudinal candidat

El quartó longitudinal seleccionat directament de proveïdor presenta les següents dimensions:

Cantell de la secció:	0,1 m
Amplada de la secció:	0,1 m
Longitud quartó longitudinal:	10 m

Taula 32: Dimensions del quartó longitudinal candidat.

Font: Pròpia.

5.4.3.2. Accions del quartó longitudinal

Es sap que les accions que més comprometran la biga són les que actuen de manera vertical, amb la qual cosa les accions que actuen de manera horitzontal i longitudinal no

es tindran en consideració en el dimensionament del quartó longitudinal, no obstant si es consideraran en la comprovació de l'estructura de la passarel·la sencera.

Les accions que pateix el quartó longitudinal en funció de la longitud són les següents:

1. Pes propi (PP):

$$PP_{QL} = \rho_F \cdot g \cdot b_{QL} \cdot h_{QL} = 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,1m \cdot 0,1m = 37,28 \frac{N}{m} \quad (98)$$

On:

- PP_{QL} (N/m) = Pes propi quartó longitudinal.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_{QL} (m) = Amplada de la secció del quartó longitudinal.
- h_{QL} (m) = Altura de la secció del quartó longitudinal.

2. Sobrecàrrega d'ús: (SU):

$$SU_{QL} = SU_K \cdot L_{TS} = 5 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,72667m = 3633,35 \frac{N}{m} \quad (99)$$

On:

- SU_{QL} (N/m) = La sobrecarrega que el quartó longitudinal.
- SU_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme característica en funció del area és segons el document IAP-11, apartat 4.1.2.2 *Cargas verticales en zonas de uso peatonal*, pagina 26 és igual a 5KN/m².
- L_{TS} (m) = Longitud sol·licitat del tauler.

3. Neu:

$$Neu_{QL} = Q_K \cdot L_{TS} = 0,32 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,72667m = 232,53 \frac{N}{m} \quad (100)$$

On:

- Neu_{QL} (N/m) = La càrrega de neu que pateix el quartó longitudinal.
- Q_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme de neu característica en funció del àrea és segons el present document apartat 5.2.3.4. Neu, és igual a 0,32KN/m².
- L_{TS} (m) = Longitud sol·licitat del tauler.

4. Vent vertical :

Per determinar la càrrega que pateix el tauler a causa del vent vertical s'empra l'expressió (49) del present document.

$$\begin{aligned}
 V_{vertic.QL} &= \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot L_{TS} = \\
 &= \left[\frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(30,16 \frac{m}{s} \right)^2 \right] \cdot 1,93 \cdot 0,9 \cdot 0,72667m = \quad (101) \\
 &= 717,60 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

On:

- $V_{vertic.QL}$ (N/m) = Càrrega vent vertical quartó longitudinal.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- L_{TS} (m) = Longitud sol·licitat del tauler.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició segons l'eq. (50) del present document.
- $c_{f,z}$ (adimensional) = Coeficient de força en la direcció vertical "z", que segons el document IAP-11, apartat 4.2.5.1.2 *Empuje vertical*, és igual a 0,9.

5. Càrrega morta (CM):

La càrrega morta total es troba conformada per la càrrega morta procedent del tauler.

Càrrega morta procedent del tauler:

$$\begin{aligned}
 CM1_{QL} &= \frac{b_T \cdot h_T \cdot \rho_F \cdot g \cdot L_{TS}}{b_K} = \\
 &= \frac{0,12m \cdot 0,06m \cdot 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,72667m}{(0,12m + 0,01m)} = \quad (102) \\
 &= 150,03 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

On:

- $CM1_{QL}$ (N/m) = Càrrega morta procedent del tauler, que pateix el quartó longitudinal.
- b_T (m) = Amplada de la secció del tauler.
- h_T (m) = Altura de la secció del tauler.
- b_K (m) = Amplada de la secció més la distància entre taulers.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- L_{TS} (m) = Tram sol·licitat del tauler.

5.4.3.3. Tractament de les accions del quartó longitudinal

A continuació es mostra una taula resum del valor de les diferents accions amb els corresponents coeficients de seguretat i factors de simultaneïtat que corresponen.

	Valor (N/m)	Coef. Seguretat (γ_F)		Factor de simultaneïtat (Ψ)		
		E.L.U.	E.L.S	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Accions permanents (G):						
- PP_{QL}	37,28	1,35	1	-	-	-
- $CM1_{QL}$	150,03	1,35	1	-	-	-
Accions variables (Q):						
- SU_{QL}	3633,35	1,35	1	0,4	0,4	0
- Neu_{QL}	232,53	1,5	1	0,8	0	0
- $V_{vertic.QL}$	717,60	1,5	1	0,3	0,2	0

Taula 33: Tractament de les accions.

Font: Pròpia a partir de la Taula 28 i la Taula 29.

5.4.3.4. Possibles combinacions de les accions

Considerant el que s'explica en l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions del present document es creen els següents possibles cassos de combinació d'accions.

- Combinacions per comprovacions en E.L.U (STR).

Situació persistent.

1. Cas variable dominant SU_{QL} :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,SU} \cdot SU_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QL} = \\
 &= 1,35 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 3633,35 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\
 &= 5480,81 \frac{N}{m} \quad (103)
 \end{aligned}$$

2. Cas variable dominant Neu_{QL} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QL} = \\ &= 1,35 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 232,53 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\ &= 924,58 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (104)$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.QL}$:

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.QL} = \\ &= 1,35 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 0,4 \cdot 3633,35 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\ &= 3291,27 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (105)$$

Per verificacions a E.L.U la carrega “ $q_{E.L.U}$ ” equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.U} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 5480,81 \frac{N}{m}$$

- Combinacions per comprovacions en E.L.S.

Combinacions característiques

1. Cas variable dominant SU_{QL} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,SU} \cdot SU_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QL} = \\ &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1 \cdot 3633,35 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\ &= 4035,94 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (106)$$

2. Cas variable dominant Neu_{QL} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QL} = \\ &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1 \cdot 232,53 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\ &= 635,12 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (107)$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.QL}$:

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.QL} = \\
 &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 3633,35 \frac{N}{m} + 1 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\
 &= 2358,25 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \quad (108)$$

Combinacions freqüents

4. Cas SU_{QL} :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_1 \cdot SU_{QL} = \\
 &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 3633,35 \frac{N}{m} = \\
 &= 1540,65 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \quad (109)$$

5. Cas $V_{vertic.QL}$:

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_1 \cdot V_{vertic.QL} = \\
 &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,2 \cdot 717,60 \frac{N}{m} = \\
 &= 330,83 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \quad (110)$$

Combinacions quasi permanents

6. Cas PP_{QL} i $CM1_{QL}$:

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QL} + \gamma_{F,CM} \cdot CM1_{QL} = \\
 &= 1 \cdot 37,28 \frac{N}{m} + 1 \cdot 150,03 \frac{N}{m} = \\
 &= 187,31 \frac{N}{m}
 \end{aligned} \quad (111)$$

Per verificacions a E.L.S la carrega “ $q_{E.L.S}$ ” equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.S} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 4035,94 \frac{N}{m}$$

5.4.3.5. Verificació E.L.U. de flexió simple

En aquest apartat és verifiquen les tensions normals (σ) del tram del quartó longitudinal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l’apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant el moment flector màxim de manera analítica:

$$M_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{QLS}^2}{8} = \frac{5480,81 \frac{N}{m} \cdot (790,91mm)^2}{8} = 428557,3N \cdot mm \quad (112)$$

On:

- $M_d (N \cdot m)$ = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U} (N/s^2)$ = Càrrega E.L.U. a verificar.
- $L_{QLS} (m)$ = Longitud del tram de quartó longitudinal sol·licitat.

El valor de la inèrcia segons el tipus de secció és el següent:

$$I = \frac{b_{QL} \cdot h_{QL}^3}{12} = \frac{100mm \cdot (100mm)^3}{12} = 8,33 \cdot 10^6 mm^4 \quad (113)$$

On:

- $I (m^4)$ = Inèrcia de la secció escollida.
- $b_{QL} (m)$ = Amplada de la secció del quartó longitudinal.
- $h_{QL} (m)$ = Altura de la secció del quartó longitudinal.

Les tensions normals màximes equivalen per tant a:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{I} \cdot \frac{h_{QL}}{2} = \frac{428557,3N \cdot mm}{8,33 \cdot 10^6 mm^4} \cdot \frac{100mm}{2} = 2,58 \frac{N}{mm^2}$$

On:

- $\sigma_{m,d} (N/mm^2)$ = Tensions normals màximes amb carrega majorada.
- $M_d (N \cdot m)$ = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- $I (m^4)$ = Inèrcia de la secció escollida.
- $h_{QL} (m)$ = Altura de la secció del quartó longitudinal.

És realitza la comparació:

$$f_{m,d} = 17,28 \frac{N}{mm^2} \geq 2,58 \frac{N}{mm^2} = \sigma_{m,d} \quad (114)$$

Segons la comparació anterior, el quartó longitudinal seleccionat compleix a tensions normals.

5.4.3.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant

En aquest apartat és verifiquen les tensions tangencials (τ) del tram del quartó longitudinal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant l'esforç tallant màxim de manera analítica:

$$V_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{QLS}}{2} = \frac{5480,81 \frac{N}{m} \cdot 790,91mm}{2} = 2167,41N \quad (115)$$

On:

- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U}$ (N/m) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_{QLS} (m) = Longitud del tram del quartó longitudinal sol·licitat.

Les tensions tangencials màximes equivalen per tant a:

$$\tau_{m,d} = \frac{V_d}{A_{QL}} = \frac{V_d}{b_{QL} \cdot h_{QL}} = \frac{2167,41N}{100mm \cdot 100mm} = 0,22 \frac{N}{mm^2} \quad (116)$$

On:

- $\tau_{m,d}$ (N/mm²) = Tensions tangencials màximes amb carrega majorada.
- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- A_{QL} (m²) = Area de la secció eficaç del quartó longitudinal.
- b_{QL} (m) = Amplada de la secció del quartó longitudinal.
- h_{QL} (m) = Altura de la secció del quartó longitudinal.

És realitza la comparació:

$$f_{v,d} = 1,944 \frac{N}{mm^2} \geq 0,22 \frac{N}{mm^2} = \tau_{m,d} \quad (117)$$

Segons la comparació anterior, el quartó longitudinal seleccionat compleix a tensions tangencials.

5.4.3.7. Verificació E.L.S. de deformació

En aquest apartat és verifica la fletxa del tram del quartó longitudinal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.S del present document.

Primer de tot és calcula la fletxa límit:

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_{QLS}}{1200} = \frac{790,91mm}{1200} = 0,66mm \quad (118)$$

On:

- ζ_{Rel} (m) = Fletxa límit.
- L_{QLS} (m) = Longitud del tram del quartó longitudinal sol·licitat.

El quartó longitudinal no pot flectar més de 0,66mm, a partir d'aquest valor és crea inseguretat al vianant i posteriorment a mesura que vagui augmenten es començarien a generar fissures al propi tauler.

La fletxa inicial (ζ_{ini}) que es dona al quartó longitudinal es la següent:

$$\zeta_{ini} = \frac{5 \cdot q_{E.L.S} \cdot L_{QLS}^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 4035,94 \frac{N}{m} \cdot (790,91mm)^4}{384 \cdot 11,6 \frac{KN}{mm^2} \cdot 8,33 \cdot 10^6 mm^4} = 0,21mm \quad (119)$$

On:

- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- L_{QLS} (m) = Longitud del tram del quartó longitudinal sol·licitat.
- $q_{E.L.S}$ (N/m) = Càrrega E.L.S. a verificar.
- I (m) = Inèrcia de la secció.
- E (m) = Mòdul elasticitat per calcular la fletxa. A 0° paral·lel a les fibres de la fusta, ja que les tensions que provoca la flexió són paral·leles. S'utilitza el valor mig a causa de que el càlcul de la fletxa s'efectua en valors en valors mitjos i en valors de servei.

La fletxa final diferida:

$$\zeta_{Final} = \zeta_{ini} \cdot (1 + K_{Def}) = 0,21mm \cdot (1 + 2) = 0,63mm \quad (120)$$

On:

- ζ_{Final} (m) = Fletxa final diferida.
- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- K_{Def} (m) = Coeficient de deformació definitiu. El seu valor pot anar des de 0,6 fins a 2, dependent de la classe de servei. En aquest cas s'agafa el valor més desfavorable, el 2.

Es compara la fletxa límit amb la fletxa final diferida:

$$\zeta_{Rel} = 0,66mm \geq 0,63mm = \zeta_{Final} \quad (121)$$

En la comparació anterior és pot observar que la deformació a fletxa final diferida no supera la deformació a fletxa límit. Per tant, el quartó longitudinal supera amb èxit les verificacions en E.L.S.

5.4.4. Dimensionament quartó transversal

5.4.4.1. Dimensions quartó transversal candidat

El quartó transversal seleccionat directament de proveïdor presenta les següents dimensions:

Cantell de la secció:	0,32 m
Amplada de la secció:	0,1 m
Longitud quartó transversal:	12 m

Taula 34: Dimensions del quartó transversal candidat.

Font: Pròpia.

5.4.4.2. Accions del quartó transversal

Es sap que les accions que més comprometeran la biga són les que actuen de manera vertical, amb la qual cosa les accions que actuen de manera horitzontal i longitudinal no es tindran en consideració en el dimensionament del quartó transversal, no obstant si es consideraran en la comprovació de l'estructura de la passarel·la sencera.

Les accions que pateix el quartó transversal en funció de la longitud són les següents:

1. Pes propi (PP):

$$\begin{aligned}
 PP_{QT} &= \rho_F \cdot g \cdot b_{QT} \cdot h_{QT} = \\
 &= 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,1m \cdot 0,32m = 119,29 \frac{N}{m}
 \end{aligned}
 \tag{122}$$

On:

- PP_{QT} (N/m) = Pes propi quartó transversal.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_{QT} (m) = Amplada de la secció del quartó transversal.
- h_{QT} (m) = Altura de la secció del quartó transversal.

2. Sobrecàrrega d'ús: (SU):

$$SU_{QT} = SU_K \cdot L_{QLS} = 5 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,79091m = 3954,55 \frac{N}{m}
 \tag{123}$$

On:

- SU_{QT} (N/m) = La sobrecarrega que el quartó transversal.
- SU_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme característica en funció del àrea és segons el document IAP-11, apartat 4.1.2.2 Cargas verticales en zonas de uso peatonal, pagina 26 és igual a 5KN/m².

- L_{QLS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons longitudinals.

3. Neu:

$$Neu_{QT} = Q_K \cdot L_{QLS} = 0,32 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,79091m = 253,09 \frac{N}{m} \quad (124)$$

On:

- Neu_{QT} (N/m) = La càrrega de neu que pateix el quartó transversal.
- Q_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme de neu característica en funció del àrea és segons el present document apartat 5.2.3.4. Neu, és igual a 0,32KN/m².
- L_{QLS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons longitudinals.

4. Vent vertical :

Per determinar la càrrega que pateix el tauler a causa del vent vertical s'empra l'expressió (49) del present document.

$$\begin{aligned} V_{vertic.QT} &= \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot L_{QLS} = \\ &= \left[\frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(30,16 \frac{m}{s} \right)^2 \right] \cdot 1,93 \cdot 0,9 \cdot 0,79091m = \\ &= 781,04 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (125)$$

On:

- $V_{vertic.QT}$ (N/m) = Càrrega vent vertical quartó transversal.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- L_{QLS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons longitudinals.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició segons l'eq. (50) del present document.
- $c_{f,z}$ (adimensional) = Coeficient de força en la direcció vertical "z", que segons el document IAP-11, apartat 4.2.5.1.2 *Empuje vertical*, és igual a 0,9.

5. Càrrega morta (CM):

La càrrega morta total es troba conformada per la càrrega morta procedent del tauler i la càrrega morta procedent dels quartons longitudinals.

Càrrega morta procedent del tauler:

$$\begin{aligned}
 CM1_{QT} &= \frac{b_T \cdot h_T \cdot \rho_F \cdot g \cdot L_{QTS} \cdot \frac{L_{QLS}}{b_K}}{L_{QTS}} = \\
 &= \frac{0,12m \cdot 0,06m \cdot 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 2,4m \cdot \frac{0,79091m}{(0,12m + 0,01m)}}{2,4m} = \quad (126) \\
 &= 163,29 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

On:

- $CM1_{QT}$ (N/m) = Càrrega morta procedent del tauler, que pateix el quartó transversal.
- b_T (m) = Amplada de la secció del tauler.
- h_T (m) = Altura de la secció del tauler.
- b_K (m) = Amplada de la secció més la distància entre taulers.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- L_{QLS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons longitudinals.
- L_{QTS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons transversals.

Càrrega morta procedent dels quartons longitudinals:

$$\begin{aligned}
 CM2_{QT} &= \frac{b_{QL} \cdot h_{QL} \cdot \rho_F \cdot g \cdot L_{QLS} N_{QL}}{L_{QTS}} = \\
 &= \frac{0,1m \cdot 0,1m \cdot 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,79091m \cdot 6}{2,4m} = \quad (127) \\
 &= 49,14 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

On:

- $CM2_{QT}$ (N/m) = Càrrega morta procedent dels quartons longitudinals, que pateix el quartó transversal.
- b_{QL} (m) = Amplada de la secció del quartó longitudinal.
- h_{QL} (m) = Altura de la secció del quartó longitudinal.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².

- N_{QL} (adimensional) = Nombre de quartons longitudinals.
- L_{QTS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons transversals.
- L_{QLS} (m) = Tram sol·licitat dels quartons longitudinals.

Com ja s'ha comentat anteriorment, la suma de la carrega morta procedent del tauler i la carrega morta procedent dels quartons longitudinals defineix la carrega morta total. Per tant:

$$CM_{QT} = CM1_{QT} + CM2_{QT} = 163,29 \frac{N}{m} + 49,14 \frac{N}{m} = 212,43 \frac{N}{m} \quad (128)$$

On:

- CM_{QT} (N/m) = Càrrega morta total que afecta al quartó transversal.
- $CM1_{QT}$ (N/m) = Càrrega morta procedent del tauler, que pateix el quartó transversal..
- $CM2_{QT}$ (N/m) = Càrrega morta procedent dels quartons longitudinals, que pateix el quartó transversal.

5.4.4.3. Tractament de les accions del quartó longitudinal

A continuació es mostra una taula resum del valor de les diferents accions amb els corresponents coeficients de seguretat i factors de simultaneïtat que corresponen.

	Valor (N/m)	Coef. Seguretat (γ_F)		Factor de simultaneïtat (Ψ)		
		E.L.U.	E.L.S	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Accions permanents (G):						
- PP_{QT}	119,29	1,35	1	-	-	-
- CM_{QT}	212,43	1,35	1	-	-	-
Accions variables (Q):						
- SU_{QT}	3954,55	1,35	1	0,4	0,4	0
- Neu_{QT}	253,09	1,5	1	0,8	0	0
- $V_{vertic.QT}$	781,04	1,5	1	0,3	0,2	0

Taula 35: Tractament de les accions.

Font: Pròpia a partir de la Taula 28 i la Taula 29.

5.4.4.4. Possibles combinacions de les accions

Considerant el que s'explica en l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions del present document es creen els següents possibles cassos de combinació d'accions.

- Combinacions per comprovacions en E.L.U (STR).

Situació persistent.

1. Cas variable dominant SU_{QT} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,SU} \cdot SU_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QT} = \\ &= 1,35 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 3954,55 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \\ &= 6137,93 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (129)$$

2. Cas variable dominant Neu_{QT} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QT} = \\ &= 1,35 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 253,09 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \\ &= 1178,92 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (130)$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.QT}$:

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.QT} = \\ &= 1,35 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1,35 \cdot 0,4 \cdot 3954,55 \frac{N}{m} + 1,5 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \\ &= 3754,84 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (131)$$

Per verificacions a E.L.U la carrega " $q_{E.L.U}$ " equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.U} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 6137,93 \frac{N}{m}$$

- Combinacions per comprovacions en E.L.S.

Combinacions característiques

1. Cas variable dominant SU_{QT} :

$$q = \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,SU} \cdot SU_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QT} = \quad (132)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1 \cdot 3954,55 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \\
 &= 4520,58 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

2. Cas variable dominant Neu_{QT} :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V_{vertic.QT} = \\
 &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1 \cdot 253,09 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,3 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \quad (133) \\
 &= 819,12 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

3. Cas variable dominant $V_{vertic.QT}$:

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot V_{vertic.QT} = \\
 &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 3954,55 \frac{N}{m} + 1 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \quad (134) \\
 &= 2694,58 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

Combinacions freqüents

4. Cas SU_{QT} :

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_1 \cdot SU_{QT} = \\
 &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,4 \cdot 3954,55 \frac{N}{m} = \quad (135) \\
 &= 1913,54 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

5. Cas $V_{vertic.QT}$:

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_1 \cdot V_{vertic.QT} = \\
 &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} + 1 \cdot 0,2 \cdot 781,04 \frac{N}{m} = \quad (136) \\
 &= 487,93 \frac{N}{m}
 \end{aligned}$$

Combinacions quasi permanents

6. Cas PP_{QT} i CM_{QT} :

$$\begin{aligned} q &= \gamma_{F,PP} \cdot PP_{QT} + \gamma_{F,CM} \cdot CM_{QT} = \\ &= 1 \cdot 119,29 \frac{N}{m} + 1 \cdot 212,43 \frac{N}{m} = \\ &= 331,72 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (137)$$

Per verificacions a E.L.S la carrega “ $q_{E.L.S}$ ” equivaldrà al cas més desfavorable, és a dir:

$$q_{E.L.S} = \text{Cas més desfavorable} = \text{Cas 1} = 4520,58 \frac{N}{m}$$

5.4.4.5. Verificació E.L.U. de flexió simple

En aquest apartat és verifiquen les tensions normals (σ) del tram del quartó transversal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l’apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant el moment flector màxim de manera analítica:

$$M_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{QTS}^2}{8} = \frac{6137,93 \frac{N}{m} \cdot (2400mm)^2}{8} = 4419309,6N \cdot mm \quad (138)$$

On:

- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U}$ (N/m) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_{QTS} (m) = Longitud del tram de quartó transversal sol·licitat.

El valor de la inèrcia segons el tipus de secció és el següent:

$$I = \frac{b_{QT} \cdot h_{QT}^3}{12} = \frac{100mm \cdot (320mm)^3}{12} = 273,07 \cdot 10^6 mm^4 \quad (139)$$

On:

- I (m^4) = Inèrcia de la secció escollida.
- b_{QT} (m) = Amplada de la secció del quartó transversal.
- h_{QT} (m) = Altura de la secció del quartó transversal.

Les tensions normals màximes equivalen per tant a:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{I} \cdot \frac{h_{QT}}{2} = \frac{4419309,6N \cdot mm}{273,07 \cdot 10^6 mm^4} \cdot \frac{320mm}{2} = 2,59 \frac{N}{mm^2}$$

On:

- $\sigma_{m,d}$ (N/mm^2) = Tensions normals màximes amb carrega majorada.
- M_d ($N \cdot m$) = Moment flector màxim amb carrega majorada.
- I (m^4) = Inèrcia de la secció escollida.
- h_{QT} (m) = Altura de la secció del quartó transversal.

És realitza la comparació:

$$f_{m,d} = 17,28 \frac{N}{mm^2} \geq 2,59 \frac{N}{mm^2} = \sigma_{m,d} \quad (140)$$

Segons la comparació anterior, el quartó transversal seleccionat compleix a tensions normals.

5.4.4.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant

En aquest apartat és verifiquen les tensions tangencials (τ) del tram del quartó transversal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.U del present document.

Es comença trobant l'esforç tallant màxim de manera analítica:

$$V_d = \frac{q_{E.L.U} \cdot L_{QTS}}{2} = \frac{6137,93 \frac{N}{m} \cdot 2400mm}{2} = 7365,52N \quad (141)$$

On:

- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- $q_{E.L.U}$ (N/m) = Càrrega E.L.U. a verificar.
- L_{QTS} (m) = Longitud del tram del quartó transversal sol·licitat.

Les tensions tangencials màximes equivalen per tant a:

$$\tau_{m,d} = \frac{V_d}{A_{QT}} = \frac{V_d}{b_{QT} \cdot h_{QT}} = \frac{7365,52N}{100mm \cdot 320mm} = 0,23 \frac{N}{mm^2} \quad (142)$$

On:

- $\tau_{m,d}$ (N/mm^2) = Tensions tangencials màximes amb carrega majorada.
- V_d (N) = Esforç tallant màxim amb carrega majorada.
- A_{QT} (m^2) = Area de la secció eficaç del quartó transversal.
- b_{QT} (m) = Amplada de la secció del quartó transversal.
- h_{QT} (m) = Altura de la secció del quartó transversal.

És realitza la comparació:

$$f_{v,d} = 1,944 \frac{N}{mm^2} \geq 0,23 \frac{N}{mm^2} = \tau_{m,d} \quad (143)$$

Segons la comparació anterior, el quartó transversal seleccionat compleix a tensions tangencials.

5.4.4.7. Verificació E.L.S. de deformació

En aquest apartat és verifica la fletxa del tram del quartó transversal sol·licitat. El procés a seguir es troba descrit en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.S del present document.

Primer de tot és calcula la fletxa límit:

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_{QTS}}{1200} = \frac{2400mm}{1200} = 2mm \quad (144)$$

On:

- ζ_{Rel} (m) = Fletxa límit.
- L_{QTS} (m) = Longitud del tram del quartó transversal sol·licitat.

El quartó transversal no pot flectar més de 2mm, a partir d'aquest valor és crea inseguretats al vianant i posteriorment a mesura que vagui augmenten es començarien a generar fissures al propi tauler.

La fletxa inicial (ζ_{ini}) que es dona al quartó transversal es la següent:

$$\zeta_{ini} = \frac{5 \cdot q_{E.L.S.} \cdot L_{QTS}^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 4520,58 \frac{N}{m} \cdot (2400mm)^4}{384 \cdot 11,6 \frac{KN}{mm^2} \cdot 273,07 \cdot 10^6 mm^4} = 0,62mm \quad (145)$$

On:

- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- L_{QTS} (m) = Longitud del tram del quartó transversal sol·licitat.
- $q_{E.L.S.}$ (N/m) = Càrrega E.L.S. a verificar.
- I (m) = Inèrcia de la secció.
- E (m) = Mòdul elasticitat per calcular la fletxa. A 0° paral·lel a les fibres de la fusta, ja que les tensions que provoca la flexió són paral·leles. S'utilitza el valor mig a causa de que el càlcul de la fletxa s'efectua en valors en valors mitjos i en valors de servei.

La fletxa final diferida:

$$\zeta_{Final} = \zeta_{ini} \cdot (1 + K_{Def}) = 0,62mm \cdot (1 + 2) = 1,86mm \quad (146)$$

On:

- ζ_{Final} (m) = Fletxa final diferida.

- ζ_{ini} (m) = Fletxa inicial.
- K_{Def} (m) = Coeficient de deformació definitiu. El seu valor pot anar des de 0,6 fins a 2, dependent de la classe de servei. En aquest cas s'agafa el valor més desfavorable, el 2.

Es compara la fletxa límit amb la fletxa final diferida:

$$\zeta_{Rel} = 2mm \geq 1,86mm = \zeta_{Final} \quad (147)$$

En la comparació anterior és pot observar que la deformació a fletxa final diferida no supera la deformació a fletxa límit. Per tant, el quartó transversal supera amb èxit les verificacions en E.L.S.

5.4.5. Dimensionament jàssera

Per la realització del dimensionament de les bigues jàsseres cal verificar la secció completa de la passarel·la. Aquest fet es a causa de que les jàsseres suporten totes les accions que ocorren en els diferents elements estructurals que componen la passarel·la.

Per tal de simplificar les verificacions d'E.L.U. i d'E.L.S. s'utilitzarà el programa informàtica *Solidworks*. La modelització de la passarel·la per les simulacions que es realitzen en aquest apartat s'explica en el present document, apartat 5.4.6. Modelització de la passarel·la en 3D .

5.4.5.1. Dimensions jàssera candidata

La jàssera seleccionada directament de proveïdor presenta les següents dimensions:

Cantell de la secció:	1,76 m
Amplada de la secció:	0,2 m
Longitud de la jàssera:	10 m

Taula 36: Dimensions de la jàssera candidata.

Font: Pròpia.

5.4.5.2. Accions de la jàssera

Al valor obtingut en aquests apartats cal aplicar-li el coeficient de seguretat i el factor de simultaneïtat corresponent abans d'aplicar l'acció al programa *Solidworks*. Així es realitza en el corresponent apartat.

1. Pes propi :

El present apartat indica el pes propi d'una jàssera . L'aplicació d'aquesta acció es realitza en l'eix neutre que passa pel centre de gravetat de cada jàssera en direcció vertical sentit cara inferior.

$$PP_j = \rho_F \cdot g \cdot b_j \cdot h_j = 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,2m \cdot 1,76m = 1312,19 \frac{N}{m} \quad (148)$$

On:

- PP_j (N/m) = Pes propi de la jàssera.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_j (m) = Amplada de la secció de la jàssera.
- h_j (m) = Altura de la secció de la jàssera.

2. Sobrecàrrega d'ús vertical :

Per l'acció de la sobrecàrrega d'ús vertical es considera en cadascun dels taulers de la tarima de la passarel·la, i com a zona d'aplicació l'eix neutre que passa pel centre de gravetat, en direcció vertical sentit cara inferior.

Cada tauló suportarà:

$$SU_T = SU_K \cdot b_K = 5 \frac{KN}{m^2} \cdot (0,12m + 0,01m) = 650 \frac{N}{m} \quad (149)$$

On:

- SU_T (N/m) = La sobrecarrega que pateix el tauler.
- SU_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme característica en funció del area és segons el document IAP-11, apartat 4.1.2.2 *Cargas verticales en zonas de uso peatonal*, pagina 26 és igual a 5KN/m².
- b_K (m) = Amplada de la secció del tauler més la distancia entre taulers.

3. Sobrecàrrega d'ús longitudinal :

Tal i com es determina en l'apartat 3.3.1. *Sobrecarrega d'us* l'acció de sobrecarrega d'ús horitzontal longitudinal actua a nivell de la superfície dels taulers i el seu valor equival al 10% de l'acció de sobrecarrega d'ús vertical.

El programa Solidworks, amb l'aplicació *Miembros estructurales*, no permet aplicar una càrrega distribuïda en la cara superior d'un tauler de manera horitzontal perpendicular a l'eix neutre del tauler. Per tant, aquesta acció és modelitzada com una torsió que és generada entorn a l'eix neutre de cada tauler.

Primer es calcula el 10% de l'acció de sobrecarrega d'ús vertical:

$$SU_{horitz.T} = SU_T \cdot 10\% = 650 \frac{N}{m} \cdot 10\% = 65 \frac{N}{m} \quad (150)$$

On:

- $SU_{hor . T}$ (N/m) = Sobrecarrega uniforme horitzontal.
- SU_T (N/m) = Sobrecarrega uniforme vertical.

El moment generat en l'eix neutre del tauler:

$$M_T = SU_{horitz.T} \cdot \frac{h_T}{2} = 65 \frac{N}{m} \cdot \frac{0,06m}{2} = 1,95 \frac{N \cdot m}{m} \quad (151)$$

On:

- M_T ((N·m)/m) = Moment generat per l'acció de la sobrecàrrega d'ús longitudinal, en funció de unitat de longitud.
- $SU_{horitz.T}$ (N/m) = Sobrecarrega uniforme horitzontal.
- h_T (m) = Cantell del tauler.

4. Barana:

Tal i com es determina en l'apartat 5.2.3.2. Barana, del present document, l'acció de sobrecàrrega d'ús haurà d'anar acompanyat amb una força horitzontal perpendicular al element superior de la barana de 1,5 KN/m. En aquest cas l'element superior de la barana és la cara superior de les jàsseres.

El programa Solidworks, amb l'aplicació *Miembros estructurales*, no permet aplicar una càrrega distribuïda en una de les cares de la jàssera de manera horitzontal paral·lel a l'eix neutre de la biga. Per tant, aquesta acció és modelitzada com una torsió que és generada entorn a hipotètics infinits eixos perpendiculars i de manera horitzontals al llarg de l'eix neutre de cada jàssera .

El seu càlcul és el següent:

$$M_{Barana} = ACC_{Barana,K} \cdot \frac{h_j}{2} = 1,5 \frac{KN}{m} \cdot \frac{1,76m}{2} = 1,32 \frac{KN \cdot m}{m} \quad (152)$$

On:

- M_{Barana} ((KN·m)/m) = Moment generat per l'acció de la barana, en funció de unitat de longitud.
- $ACC_{Barana,K}$ (N/m) = La força de l'acció de la barana característica en funció de la longitud és segons el document IAP-11, apartat 4.1.7 *Empuje sobre barandillas*, pagina 29, igual a 1,5KN/m.
- h_j (m) = Cantell de la jàssera.

Solidworks tampoc permet que sigui distribuït el moments que no giri entorn a l'eix neutre de la biga. Amb la qual cosa es multiplicarà per la distància de la biga.

$$M_{Barana.j} = M_{Barana} \cdot L_j = 1,32 \frac{KN \cdot m}{m} \cdot 10m = 13,2KN \cdot m \quad (153)$$

On:

- $M_{Barana.j}$ (KN·m) = Moment generat per l'acció de la barana.
- M_{Barana} (KN·m)/m) = Moment generat per l'acció de la barana, en funció de unitat de longitud.
- L_j (m) = Longitud de la jàssera sol·licitada.

5. Neu:

Per l'acció de la càrrega de neu es considera en cadascun dels taulers de la tarima de la passarel·la com a zona d'aplicació l'eix neutre que passa pel centre de gravetat, en direcció vertical sentit cara inferior.

Cada tauló suportarà:

$$Neu_T = Q_K \cdot b_K = 0,32 \frac{KN}{m^2} \cdot (0,12m + 0,01m) = 41,6 \frac{N}{m} \quad (154)$$

On:

- Neu_T (N/m²) = La càrrega de neu que pateix el tauler.
- Q_K (N/m²) = La sobrecarrega uniforme de neu característica en funció del àrea és segons el present document apartat 5.2.3.4. Neu, és igual a 0,32KN/m².
- b_K (m) = Amplada de la secció més la distància entre taulers.

No es considerarà l'acció de neu sobre les jàsseres a causa de la seva geometria.

6. Vent horitzontal :

Es comença a partir de la fórmula obtinguda de l'eq. (53), d'on s'obté la següent expressió:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 \cdot \left(\frac{B}{h_{eq}} \right) = 2,5 - 0,3 \cdot \left(\frac{0,2m}{1,76m} \right) = 2,46 \quad (155)$$

On:

- $c_{f,x}$ (adimensional) = Coeficient de força horitzontal.
- B (m) = Amplada total de la jàssera.
- h_{eq} (m) = Altura equivalent. A més de l'altura del propi tauler també es considerarà l'altura de qualsevol element no estructural que sigui no permeable a les accions del vent com per exemple, la presència de sobrecarregà d'us amb persones. En qualsevol cas es considera l'altura més desfavorable.

No obstant, encara que el valor de " $c_{f,x}$ " sigui 2,46 segons s'explica en el present document, apartat 5.2.3.3.6. Empenta horitzontal, queda limitat a 2,4.

Per tant, segons l'eq. (49) l'acció de l'empenta horitzontal associat a la jàssera barlovent equival a:

$$V_{horitz.jb} = \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{fx} \cdot A_{ref} =$$

$$= \left[\frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(30,16 \frac{m}{s} \right)^2 \right] \cdot 1,93 \cdot 2,4 \cdot 1,76m = 4634,72 \frac{N}{m} \quad (156)$$

On:

- $V_{horitz.jb}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent.
- A_{ref} (m²) = Àrea de referència. En aquest cas el valor equival al cantell de la jàssera per deixar el resultat en funció de la longitud.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- c_{fx} (adimensional) = Coeficient de força horitzontal.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició segons l'eq. (50) del present document.

En canvi, a la jàssera a sotavent l'empenta horitzontal es veu reduït per l'acció d'ocultament de la jàssera barlovent. Per considerar aquest fenomen es realitza el procediment descrit en el present document, apartat 5.2.3.3.5. Fenomen d'ocultament. El procés consisteix en multiplicar el valor de l'acció del vent en la jàssera a barlovent per un coeficient d'ocultament “ η ”.

Per determinar el coeficient d'ocultament s'ha de determinar la relació de solidesa “ λ ” i l'espaiament relatiu “ S_r ”.

La següent expressió defineix la relació de solidesa. S'obté de l'eq. (51) del present document.

$$\lambda = \frac{A_n}{A_{tot}} = \frac{10m \cdot 1,76m}{10m \cdot 1,76m} = 1 \quad (157)$$

On:

- λ (N) = Relació de solidesa
- A_n (m²) = Àrea sòlida neta, descontant possibles forats, de l'element exposat directament a l'acció del vent. En aquest cas el resultat de la llargada de la jàssera pel seu cantell.
- A_{tot} (m²) = Àrea bruta, sense descontar forats, que l'element exposat directament a l'acció del vent delimita amb el contorn extern. En aquest cas el resultat de la llargada de la jàssera pel seu cantell.

La següent expressió defineix l'espaiament relatiu. Procedent de l'eq. (52) del present document.

$$S_r = \frac{S}{h_p} = \frac{2,42m}{1,76m} = 1,375 \quad (158)$$

On:

- S_r (adimensional) = Espaiament relatiu entre l'element exposat directament a l'acció del vent i l'element ocult.
- S (m) = Distància horitzontal entre les superfícies d'ambdós elements, projectats sobre un pla no perpendicular a la direcció del vent.
- h_p (m) = Altura ocultada per l'element exposat directament a l'acció del vent.

Sabent els valors de la relació de solidesa i l'espaiament relatiu a partir de la Taula 25 del present document es pot obtenir el coeficient d'ocultament. Que en aquest cas esdevé igual a 0,2 per considerar un valor prudent. Per tant, l'acció del vent horitzontal en la jàssera sotavent serà:

$$V_{horitz.js} = V_{horitz.jb} \cdot \eta = 2905,71 \frac{N}{m} \cdot 0,2 = 581,14 \frac{N}{m} \quad (159)$$

On:

- $V_{horitz.jb}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent.
- $V_{hor.js}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera sotavent.
- η (adimensional) = Coeficient d'ocultament.

Segons les objeccions de l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions, del present document, s'esmenta que si en una hipòtesi es considera el vent transversal que actua sobre un tauler, es considerarà simultàniament la component vertical i el moment de bolcada corresponent. Per tant, cal que l'acció del vent horitzontal s'apliqui a la passarel·la tal i com s'indica en l'apartat 5.2.3.3.9. Moment de bolcada. Amb la qual cosa la zona d'aplicació del vent horitzontal és al 60% de l'altura de la passarel·la.

El programa *Solidworks* no permet aplicar una carrega distribuïda fora de l'eix neutre de l'element estructural, amb la qual cosa, es considerarà com a moment en sentit horari al llarg de l'eix neutre de cada jàssera.

Si l'eix neutre de l'element estructural es troba al 50 % de l'altura de la jàssera i el punt d'aplicació de l'acció del vent horitzontal es troba a 60%, la diferència es un 10 %.

$$\begin{aligned} M_{horitz.jb} &= V_{horitz.jb} \cdot (h_j \cdot 10\%) = \\ &= 4634,72 \frac{N}{m} \cdot (1,76m \cdot 10\%) = 815,71 \frac{N \cdot m}{m} \end{aligned} \quad (160)$$

On:

- $M_{horiz.jb}$ ((N·m)/m) = Moment càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent
- $V_{horiz.jb}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent.
- h_j (m) = Cantell de la jàssera.

$$\begin{aligned}
 M_{horiz.js} &= V_{horiz.js} \cdot (h_j \cdot 10\%) = \\
 &= 581,14 \frac{N}{m} \cdot (1,76m \cdot 10\%) = 102,28 \frac{N \cdot m}{m}
 \end{aligned}
 \tag{161}$$

On:

- $M_{horiz.js}$ ((N·m)/m) = Moment càrrega horitzontal del vent en la jàssera sotavent.
- $V_{horiz.js}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera sotavent.
- h_j (m) = Cantell de la jàssera.

7. Vent vertical:

Segons les objeccions de l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions, del present document, s'esmenta que si en una hipòtesi es considera el vent transversal que actua sobre un tauler, es considerarà simultàniament la component vertical i el moment de bolcada corresponent. Per tant, cal que l'acció del vent vertical s'apliqui a la passarel·la tal i com s'indica en l'apartat 5.2.3.3.9. Moment de bolcada. Amb la qual cosa la zona d'aplicació de l'empenta vertical es situa a una distància de la vora de la cara exposada directament a l'acció del vent d'un quart de l'amplada de la secció de la passarel·la.

La passarel·la presenta una amplada total de 2,82m. Una quarta part d'aquest valor equival a 0,705m. L'àrea restant a la tarima és de 13,2m² més l'àrea d'una jàssera 2m², en total 15,2m². Com en aquest apartat es verifica la resistència de la jàssera i l'estabilitat de la secció, es decideix crear un cas mes desfavorable i aplicar tota la càrrega vertical que correspon a l'àrea esmentada a la jàssera sotavent.

Per determinar la càrrega s'empra l'expressió (49) del present document.

$$\begin{aligned}
 V_{vertic.js} &= \left[\frac{1}{2} \cdot \rho_A \cdot (v_b(T))^2 \right] \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot \frac{A_{vertic.v}}{L_j} = \\
 &= \left[\frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(30,16 \frac{m}{s} \right)^2 \right] \cdot 1,93 \cdot 0,9 \cdot \frac{15,2m^2}{10m} = \\
 &= 1501,02 \frac{N}{m}
 \end{aligned}
 \tag{162}$$

On:

- $V_{vertic.js}$ (N/m) = Càrrega vent vertical.
- ρ_A (Kg/m³) = Densitat de l'aire.
- $v_b(T)$ (m/s) = Velocitat bàsica del vent per a un període de retorn de T anys.
- $A_{vertic.v}$ (m) = Area que pateix l'acció del vent .
- L_j (m) = Longitud de la jàssera. Es divideix amb aquest valor per deixar el resultat en carrega distribuïda.
- c_e (adimensional) = Coeficient d'exposició segons l'eq. (50) del present document.
- $c_{f,z}$ (adimensional) = Coeficient de força en la direcció vertical "z", que segons el document IAP-11, apartat 4.2.5.1.2 *Empuje vertical*, és igual a 0,9.

8. Vent longitudinal:

El document IAP-11, apartat 4.3.5.2. *Empuje provocado por el viento longitudinal*, pagina 38, considerarà que l'empenta longitudinal en la passarel·la és equivalent al 25% del vent transversal. Per tant:

$$V_{long.} = V_{horitz.jb} \cdot 25\% = 2905,71 \frac{N}{m} \cdot 0,25 = 726,43 \frac{N}{m} \quad (163)$$

On:

- $V_{long.}$ (N/m) = Càrrega del vent longitudinal.
- $V_{horitz.jb}$ (N/m) = Càrrega horitzontal del vent en la jàssera barlovent.

La zona d'aplicació d'aquesta acció es la línia neutre que passa pel centre de gravetat de l'element estructural de manera longitudinal.

9. Càrrega morta :

La càrrega morta que suporten les jàsseres son de tres tipus, les que provenen del pes propi dels taulers, les que provenen del pes propi dels quartons longitudinals i les que provenen del pes propi dels quartons transversals. En els tres casos, l'aplicació de l'acció s'efectuarà en direcció vertical sentit cara inferior, al llarg de l'eix neutre de cada biga.

La càrrega morta procedent dels taulers:

$$CM1_j = \rho_F \cdot g \cdot b_T \cdot h_T = 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,12m \cdot 0,06m = 26,84 \frac{N}{m} \quad (164)$$

On:

- $CM1_j$ (N/m) = Càrrega morta procedent dels taulers, que pateix la jàssera.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_T (m) = Amplada de la secció del tauler.

- h_T (m) = Altura de la secció del tauler.

La càrrega morta procedent dels quartons longitudinals:

$$CM2_j = \rho_F \cdot g \cdot b_{QL} \cdot h_{QL} = 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,1m \cdot 0,1m = 37,28 \frac{N}{m} \quad (165)$$

On:

- $CM2_j$ (N/m) = Càrrega morta procedent dels quartons longitudinals, que pateix la jàssera.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_{QL} (m) = Amplada de la secció dels quartons longitudinals.
- h_{QL} (m) = Altura de la secció dels quartons longitudinals.

La càrrega morta procedent dels quartons transversals:

$$\begin{aligned} CM3_j &= \rho_F \cdot g \cdot b_{QT} \cdot h_{QT} = \\ &= 380 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,1m \cdot 0,32m = 119,29 \frac{N}{m} \end{aligned} \quad (166)$$

On:

- $CM3_j$ (N/m) = Càrrega morta procedent dels quartons transversals, que pateix la jàssera.
- ρ_F (Kg/m³) = Densitat de la fusta.
- g (m/s²) = Acceleració de la gravetat. A la terra és igual a 9,81 m/s².
- b_{QT} (m) = Amplada de la secció dels quartons transversals.
- h_{QT} (m) = Altura de la secció dels quartons transversals.

5.4.5.3. Tractament de les accions

S'adjunta una taula resum que recull els valors de les diferents accions que actuen als diferents elements de la passarel·la en conjunt i amb el mode d'aplicació. A més a més, també relaciona les diferents accions amb els coeficients de seguretat i factors de simultaneïtat que corresponen.

		Valor lineal ($\frac{N}{m}$)	Moment ($\frac{N \cdot m}{m}$)	Element estructural d'aplicació	Orientació de l'acció	Coef. de seguretat (γ_F)		Factor de simultaneïtat (Ψ)		
						E.L.U.	E.L.S	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Accions permanents										
PP	PP_j	1312,19	-	Jàssera	Direcció vertical, sentit cap a baix.	1,35	1	-	-	-
CM	$CM1_j$	26,84	-	Tauler	Direcció vertical, sentit cap a baix.	1,35	1	-	-	-
	$CM2_j$	37,28	-	Quartó longitudinal	Direcció vertical, sentit cap a baix.					
	$CM3_j$	119,29	-	Quartó transversal	Direcció vertical, sentit cap a baix.					
Accions variables										
SU	SU_T	650	-	Tauler	Direcció vertical, sentit cap a baix.	1,35	1	0,4	0,4	0
	$SU_{horitz.T} (M_T)$	65	1,95	Tauler	Torsió que es genera entorn a l'eix neutre.					
	$Acc_{Barana,k} (M_{Barana,j})$	1500	13200 (N·m)	Jàssera	Torsió que es genera entorn a hipotètics infinits eixos perpendiculars i horitzontals al llarg de l'eix neutre.					
Neu	Neu_T	41,6	-	Tauler	Direcció vertical, sentit cap a baix.	1,5	1	0,8	0	0
V	$V_{horitz.jb} (M_{horitz.jb})$	4634,72	815,71	Jàssera barlovent	Torsió que es genera entorn a l'eix neutre.	1,5	1	0,3	0,2	0
	$V_{horitz.js} (M_{horitz.js})$	581,14	102,28	Jàssera sotavent	Torsió que es genera entorn a l'eix neutre.					
	$V_{vertic.js}$	1501,02	-	Jàssera sotavent	Direcció vertical, sentit cap a baix.					
	$V_{long.}$	726,43	-	Jàssera	Longitudinalment eix neutre					

Taula 37:Taula resum de les accions amb els possibles coef. de seguretat i factor de simultaneïtat que afecten a la passarel·la.

Font: Pròpia.

5.4.5.4. Possibles combinacions de les accions

Considerant el que s'explica en l'apartat 5.3.3. Combinacions d'accions, del present document es creen els següents possibles cassos de combinació amb les accions comentades en l'apartat anterior.

Un cop tractats els valors s'apliquen al programari de Solidworks. Així s'exposa per cadascun dels següents cassos.

- Combinacions per comprovacions en E.L.U (STR).

Situació persistent.

1. Cas variable dominant *SU*:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,SU} \cdot SU + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V \quad (167)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1,35	-	$1771,45 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1,35	-	$36,23 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$50,33 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$161,04 \frac{N}{m}$
SU	SU_T	$650 \frac{N}{m}$	1,35	-	$877,5 \frac{N}{m}$
	M_T	$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$			$2,63 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{Barana.j}$	$13200N \cdot m$			$17820N \cdot m$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1,5	0,3	$367,07 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$46,03 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$675,46 \frac{N}{m}$

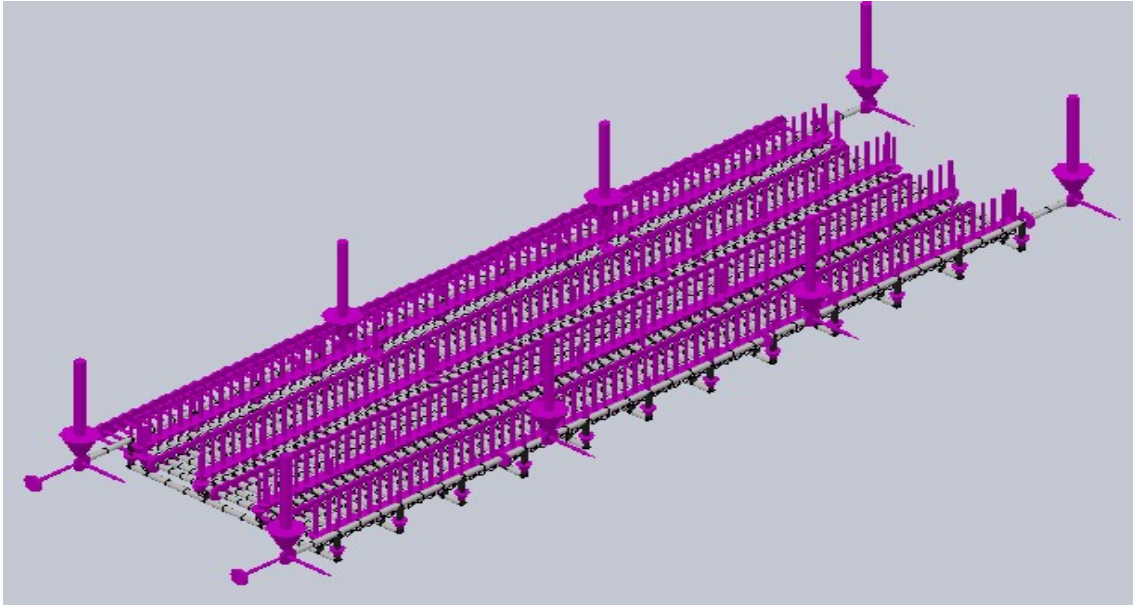
Taula 38: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.



Il·lustració 38: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 39: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

2. Cas variable dominant *Neu*:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V \quad (168)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1,35	-	$1771,45 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1,35	-	$36,23 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$50,33 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$161,04 \frac{N}{m}$
Neu	Neu_T	$41,6 \frac{N}{m}$	1,5	-	$62,4 \frac{N}{m}$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1,5	0,3	$367,07 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$46,03 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$675,46 \frac{N}{m}$

Taula 39: Possible combinació de les accions.

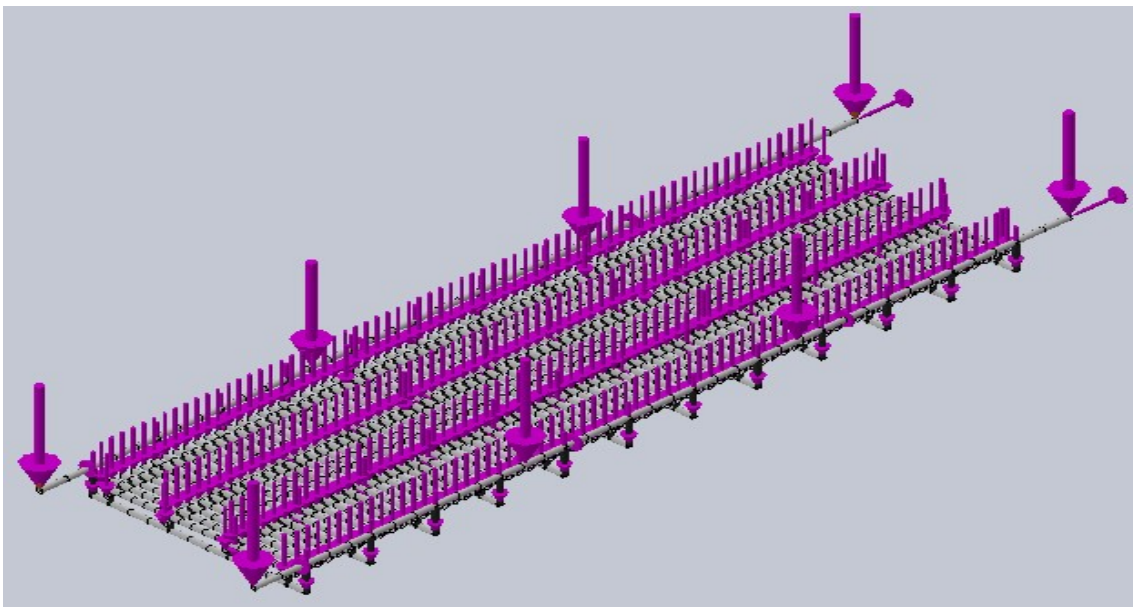
Font: Pròpia.

↓ Cargas externas

↓	Fuerza-16 (:Por unidad de longitud: 1.771,45 N/m:)
↓	Fuerza-17 (:Por unidad de longitud: -36,23 N/m:)
↓	Fuerza-18 (:Por unidad de longitud: -50,33 N/m:)
↓	Fuerza-19 (:Por unidad de longitud: -161,04 N/m:)
↓	Fuerza-27 (:Por unidad de longitud: 62,4 N/m:)
↓	Fuerza-24 (:Por unidad de longitud: 367,07 N-m/m:)
↓	Fuerza-25 (:Por unidad de longitud: 46,03 N-m/m:)
↓	Fuerza-26 (:Por unidad de longitud: 675,46 N/m:)

Il·lustració 40: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 41: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

3. Cas variable dominant V:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU + \gamma_{F,V} \cdot V \quad (169)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1,35	-	$1771,45 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1,35	-	$36,23 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$50,33 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$161,04 \frac{N}{m}$
SU	SU_T	$650 \frac{N}{m}$	1,35	0,4	$351 \frac{N}{m}$
	M_T	$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$			$1,05 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{Barana.j}$	$13200 N \cdot m$			$7128 N \cdot m$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1,5	-	$1223,57 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$153,42 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$2251,53 \frac{N}{m}$

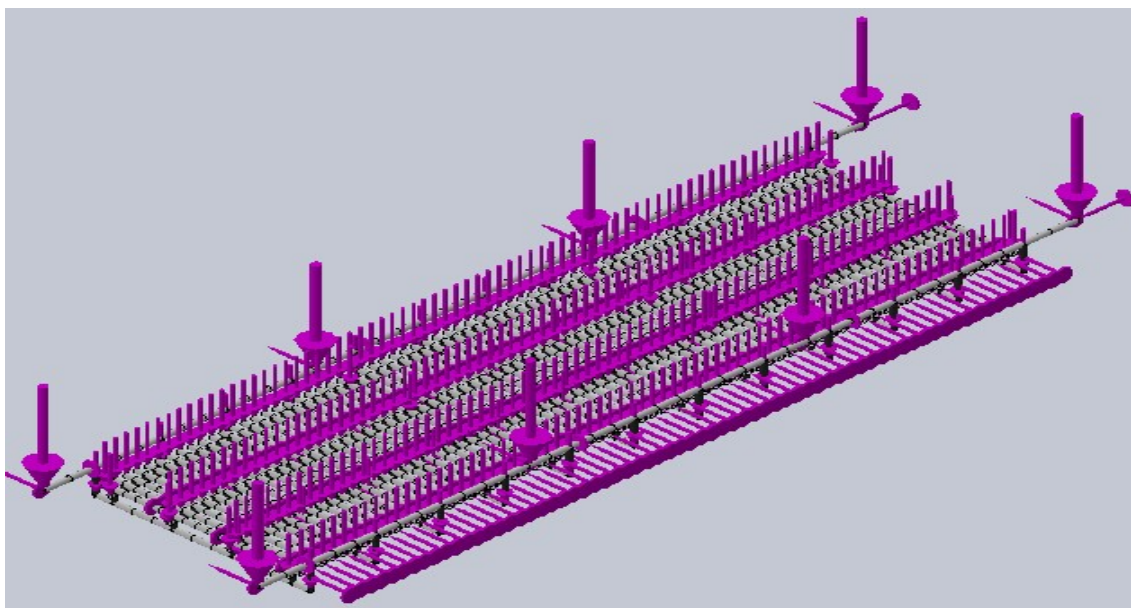
Taula 40: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.



Il·lustració 42: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 43: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

- Combinacions per comprovacions en E.L.S.

Combinacions característiques

1. Cas variable dominant *SU*:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,SU} \cdot SU + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V \quad (170)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$
SU	SU_T	$650 \frac{N}{m}$	1	-	$650 \frac{N}{m}$
	M_T	$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$			$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{Barana.j}$	$13200 N \cdot m$			$13200 N \cdot m$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1	0,3	$244,71 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$30,68 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$450,31 \frac{N}{m}$

Taula 41: Possible combinació de les accions.

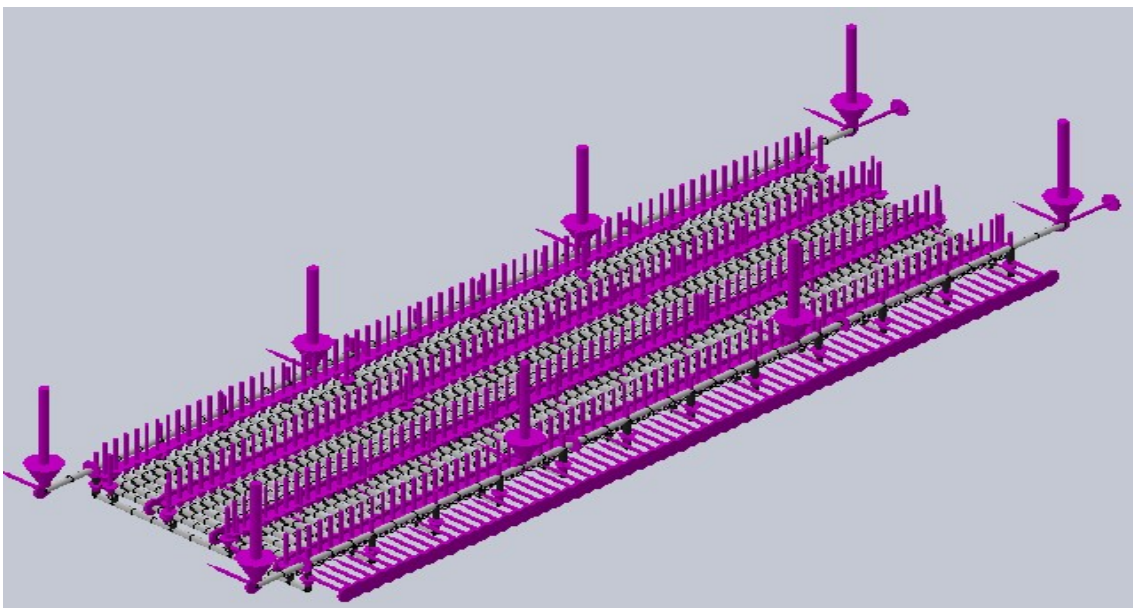
Font: Pròpia.

↓ Cargas externas

↓	Fuerza-16 (:Por unidad de longitud: 1.312,19 N/m:)
↓	Fuerza-17 (:Por unidad de longitud: -26,84 N/m:)
↓	Fuerza-18 (:Por unidad de longitud: -37,28 N/m:)
↓	Fuerza-19 (:Por unidad de longitud: -119,29 N/m:)
↓	Fuerza-20 (:Por unidad de longitud: -650 N/m:)
↓	Fuerza-21 (:Por unidad de longitud: 1,95 N-m/m:)
↓	Fuerza-23 (:Por elemento: 13.200 N.m:)
↓	Fuerza-24 (:Por unidad de longitud: 244,71 N-m/m:)
↓	Fuerza-25 (:Por unidad de longitud: 30,68 N-m/m:)
↓	Fuerza-26 (:Por unidad de longitud: 450,31 N/m:)

Il·lustració 44: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 45: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

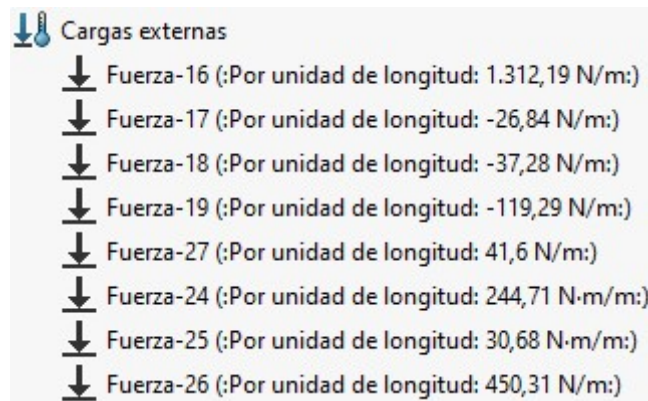
2. Cas variable dominant *Neu*:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,Neu} \cdot Neu + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_0 \cdot V \quad (171)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$
Neu	Neu_T	$41,6 \frac{N}{m}$	1	-	$41,6 \frac{N}{m}$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1	0,3	$244,71 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$30,68 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$450,31 \frac{N}{m}$

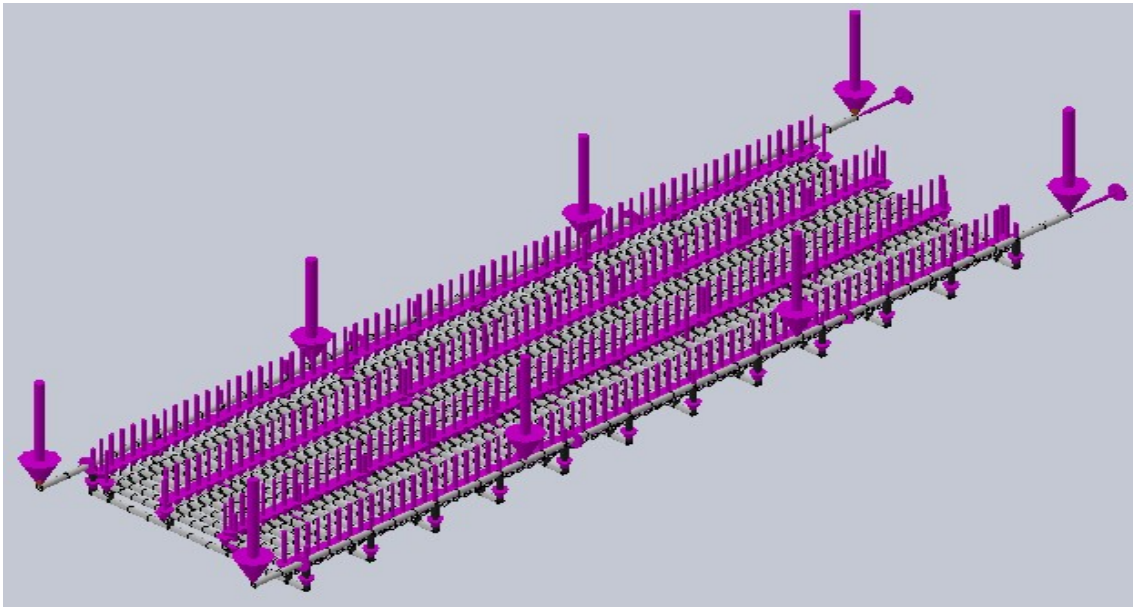
Taula 42: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.



Il·lustració 46: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 47: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

3. Cas variable dominant V:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_0 \cdot SU + \gamma_{F,V} \cdot V \quad (172)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$
SU	SU_T	$650 \frac{N}{m}$	1	0,4	$260 \frac{N}{m}$
	M_T	$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$			$0,78 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{Barana.j}$	$13200N \cdot m$			$5280N \cdot m$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1	-	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$1501,02 \frac{N}{m}$

Taula 43: Possible combinació de les accions.

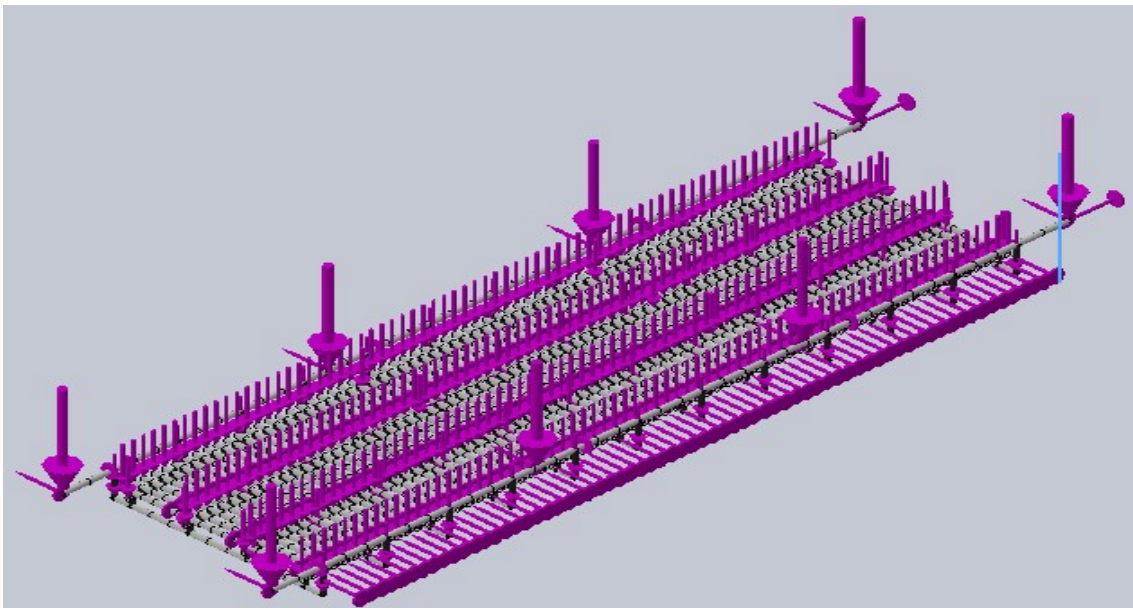
Font: Pròpia.

↓ Cargas externas

↓	Fuerza-16 (:Por unidad de longitud: 1.312,19 N/m:)
↓	Fuerza-17 (:Por unidad de longitud: -26,84 N/m:)
↓	Fuerza-18 (:Por unidad de longitud: -37,28 N/m:)
↓	Fuerza-19 (:Por unidad de longitud: -119,29 N/m:)
↓	Fuerza-20 (:Por unidad de longitud: -260 N/m:)
↓	Fuerza-21 (:Por unidad de longitud: 0,78 N-m/m:)
↓	Fuerza-23 (:Por elemento: 5.280 N.m:)
↓	Fuerza-24 (:Por unidad de longitud: 815,71 N-m/m:)
↓	Fuerza-25 (:Por unidad de longitud: 102,28 N-m/m:)
↓	Fuerza-26 (:Por unidad de longitud: 1.501,02 N/m:)

Il·lustració 48: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 49: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

Combinacions freqüents

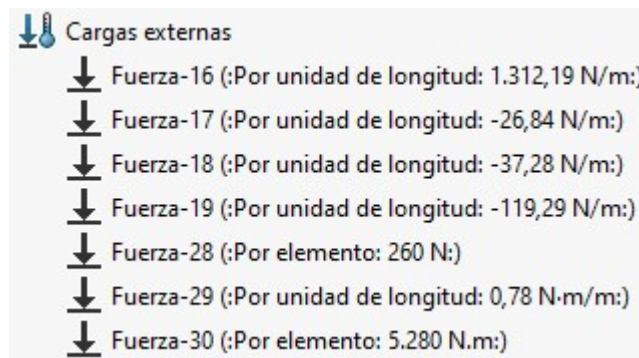
4. Cas SU :

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,SU} \cdot \Psi_1 \cdot SU \quad (173)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$
SU	SU_T	$650 \frac{N}{m}$	1	0,4	$260 \frac{N}{m}$
	M_T	$1,95 \frac{N \cdot m}{m}$			$0,78 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{Barana,j}$	$13200 \frac{N}{m}$			$5280N \cdot m$

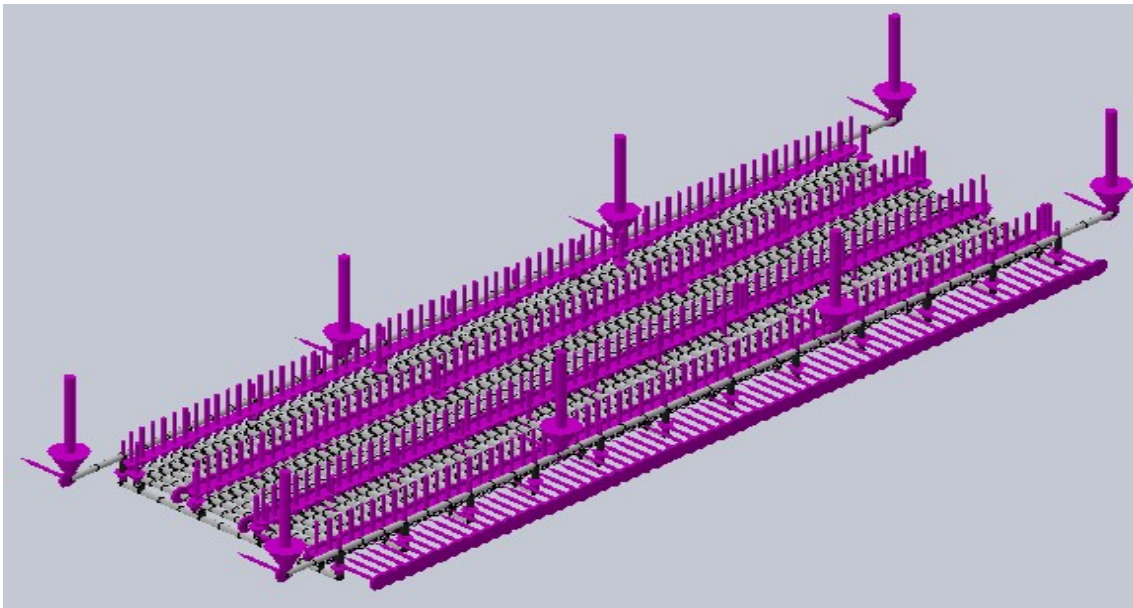
Taula 44: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.



Il·lustració 50: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 51: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

5. Cas V:

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM + \gamma_{F,V} \cdot \Psi_1 \cdot V \quad (174)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$
V	$M_{horitz.jb}$	$815,71 \frac{N \cdot m}{m}$	1	0,2	$163,14 \frac{N \cdot m}{m}$
	$M_{horitz.js}$	$102,28 \frac{N \cdot m}{m}$			$20,46 \frac{N \cdot m}{m}$
	$V_{vertic.js}$	$1501,02 \frac{N}{m}$			$300,2 \frac{N}{m}$

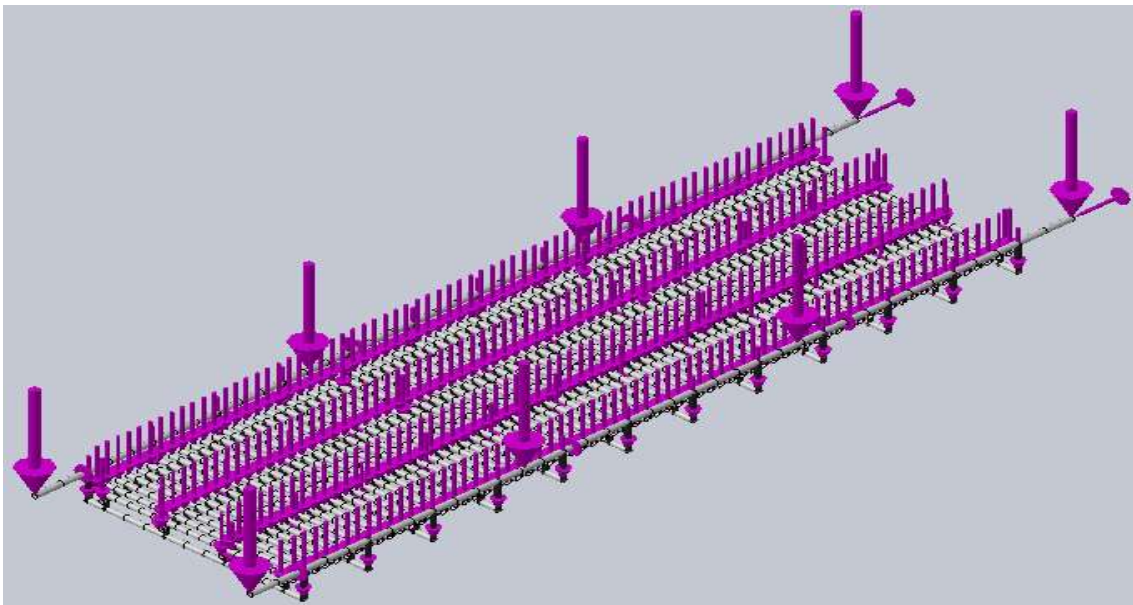
Taula 45: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.

↓	Cargas externas
↓	Fuerza-16 (:Por unidad de longitud: 1.312,19 N/m:)
↓	Fuerza-17 (:Por unidad de longitud: -26,84 N/m:)
↓	Fuerza-18 (:Por unidad de longitud: -37,28 N/m:)
↓	Fuerza-19 (:Por unidad de longitud: -119,29 N/m:)
↓	Fuerza-24 (:Por unidad de longitud: 163,14 N·m/m:)
↓	Fuerza-25 (:Por unidad de longitud: 20,46 N·m/m:)
↓	Fuerza-26 (:Por unidad de longitud: 300,2 N/m:)

Il·lustració 52: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 53: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

Combinacions quasi permanents

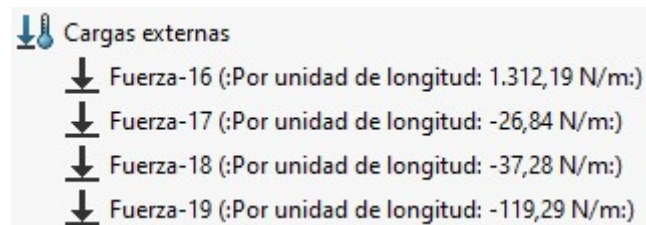
6. Cas *PP* i *CM* :

$$\text{Càrrega total} = \gamma_{F,PP} \cdot PP + \gamma_{F,CM} \cdot CM \quad (175)$$

		Valor inicial de l'acció	γ_F	Ψ_0	Valor final
PP	PP_j	$1312,19 \frac{N}{m}$	1	-	$1312,19 \frac{N}{m}$
CM	$CM1_j$	$26,84 \frac{N}{m}$	1	-	$26,84 \frac{N}{m}$
	$CM2_j$	$37,28 \frac{N}{m}$			$37,28 \frac{N}{m}$
	$CM3_j$	$119,29 \frac{N}{m}$			$119,29 \frac{N}{m}$

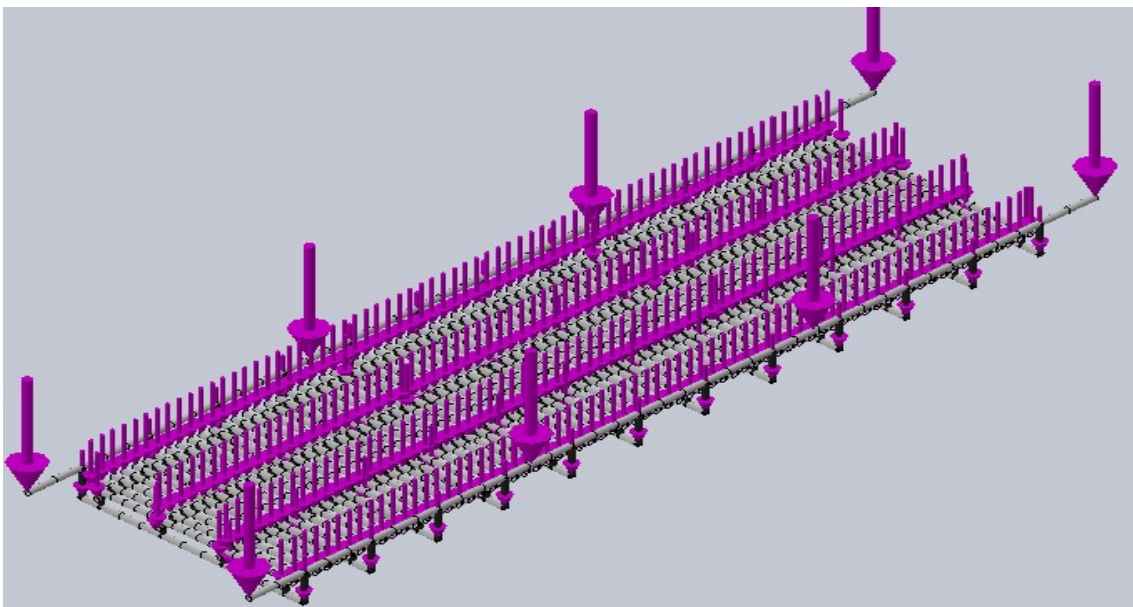
Taula 46: Possible combinació de les accions.

Font: Pròpia.



Il·lustració 54: Aplicació de les accions a Solidworks.

Font: Pròpia.



Il·lustració 55: Representació gràfica de les accions sobre el mallat de l'estructura.

Font: Pròpia.

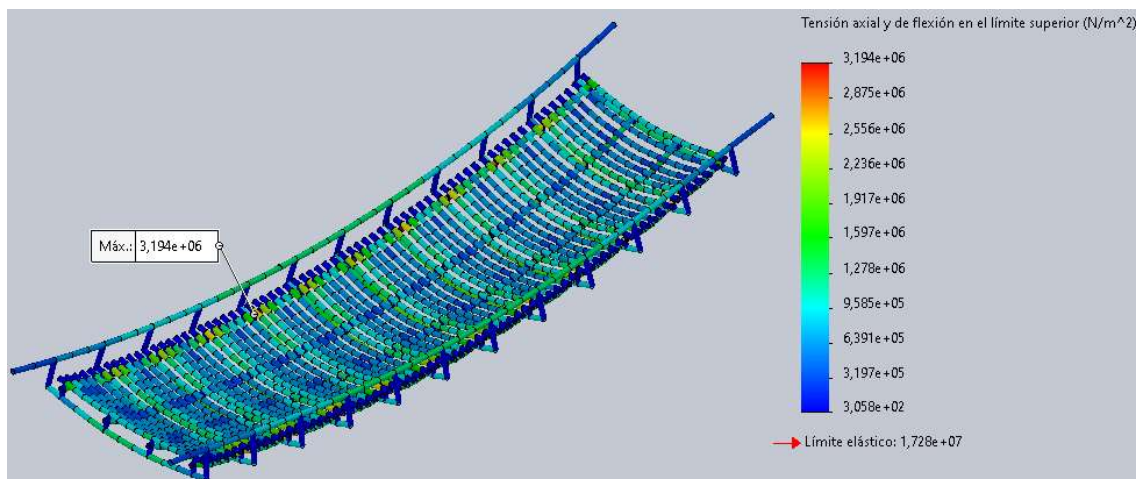
5.4.5.5. Verificació E.L.U. de flexió simple

En aquest apartat es mostren els resultats que verifiquen que les tensions produïdes per la flexió en els diferents cassos de càrrega no superen la resistència de càlcul de la fusta a flexió.

Tal i com es mostra en l'equació (33) del present document, la resistència de càlcul de la fusta emprada a flexió es de $17,28 \frac{N}{mm^2}$. Tot element estructural, constituït amb el material esmentat, que superi aquest valor podrà col·lapsar.

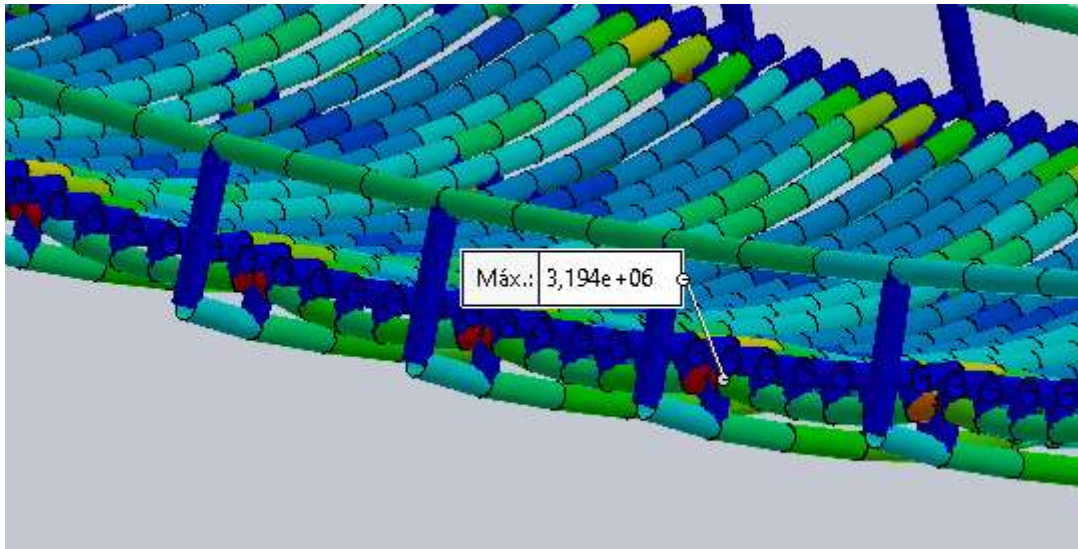
De totes les simulacions realitzades en aquest apartat, el cas que experimenta les tensions de flexió més elevades és el cas 1 amb la variable dominant SU, amb una tensió a flexió màxima de $3,19 \frac{N}{mm^2}$. Per tant, no col·lapsarà cap element estructural de la passarel·la a causa de la flexió.

1. Cas variable dominant SU:



Il·lustració 56: Resultat d'esforç a flexió cas 1 d'E.L.U.

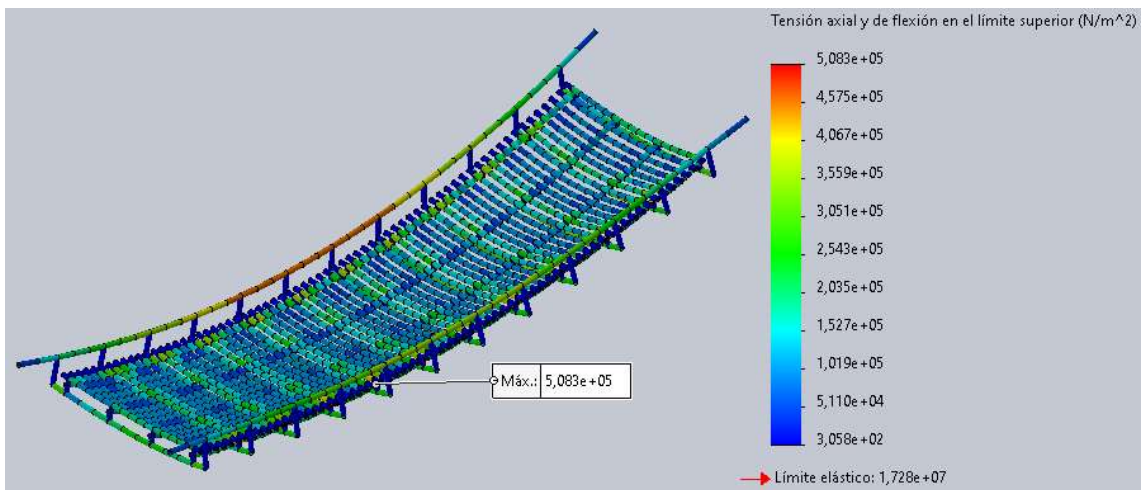
Font: Pròpia.



Il·lustració 57: Zoom de la zona més sol·licitada.

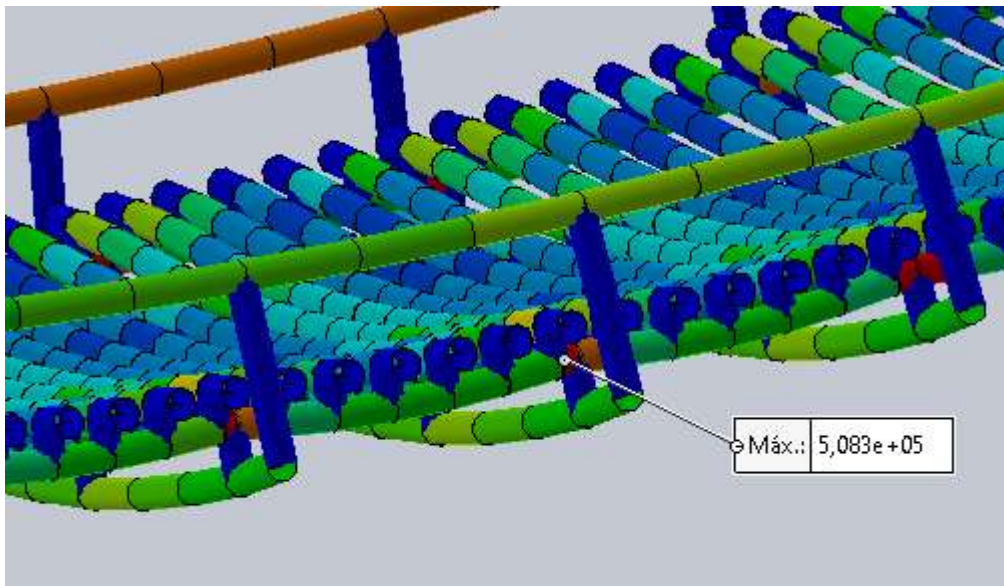
Font: Pròpia.

2. Cas variable dominant *Neu*:



Il·lustració 58: Resultat d'esforç a flexió cas 2 d'E.L.U.

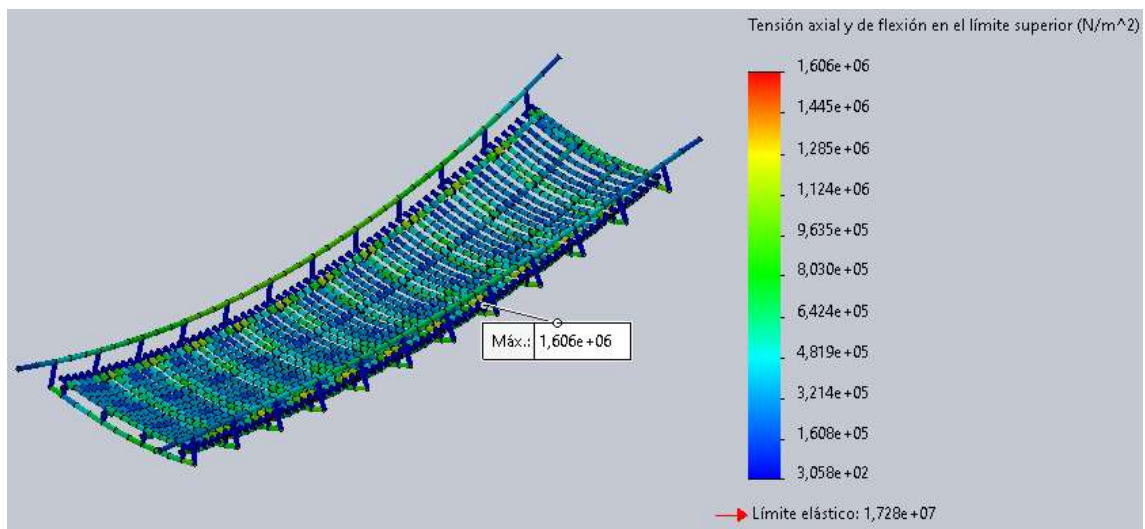
Font: Pròpia.



Il·lustració 59: Zoom de la zona més sol·licitada.

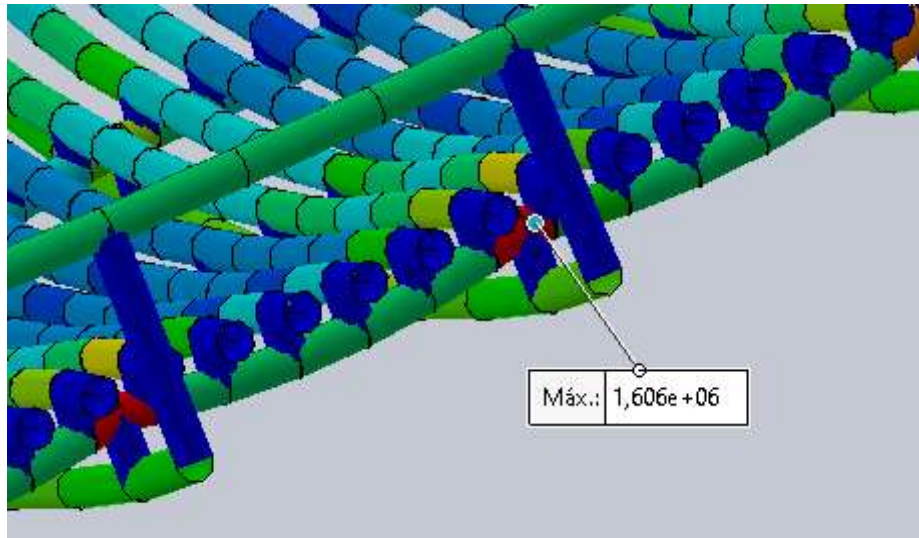
Font: Pròpia.

3. Cas variable dominant V:



Il·lustració 60: Resultat d'esforç a flexió cas 3 d'E.L.U.

Font: Pròpia.



Il·lustració 61: Zoom de la zona més sol·licitada.

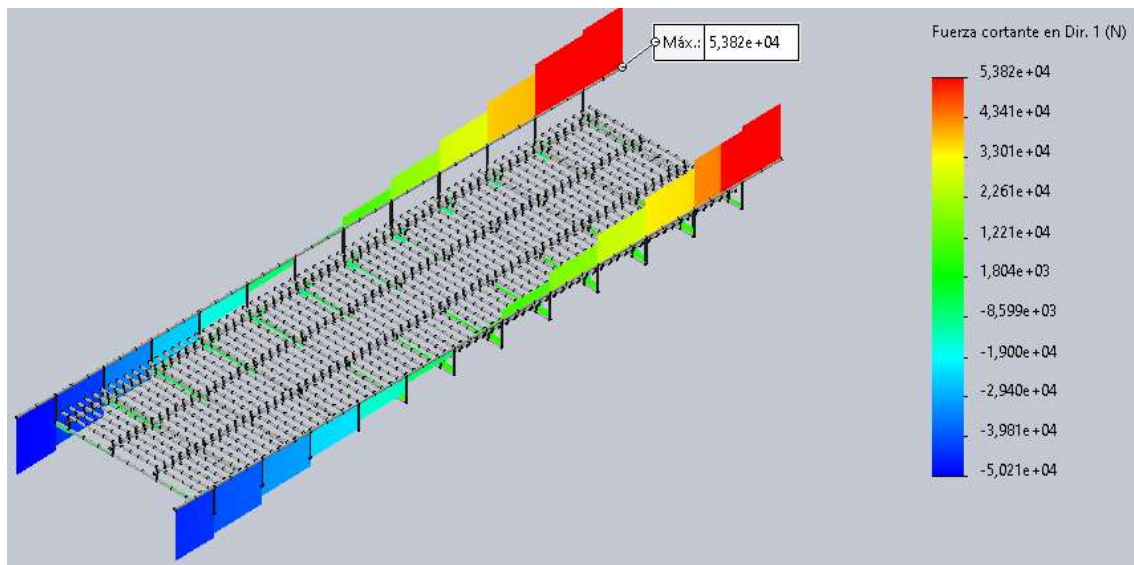
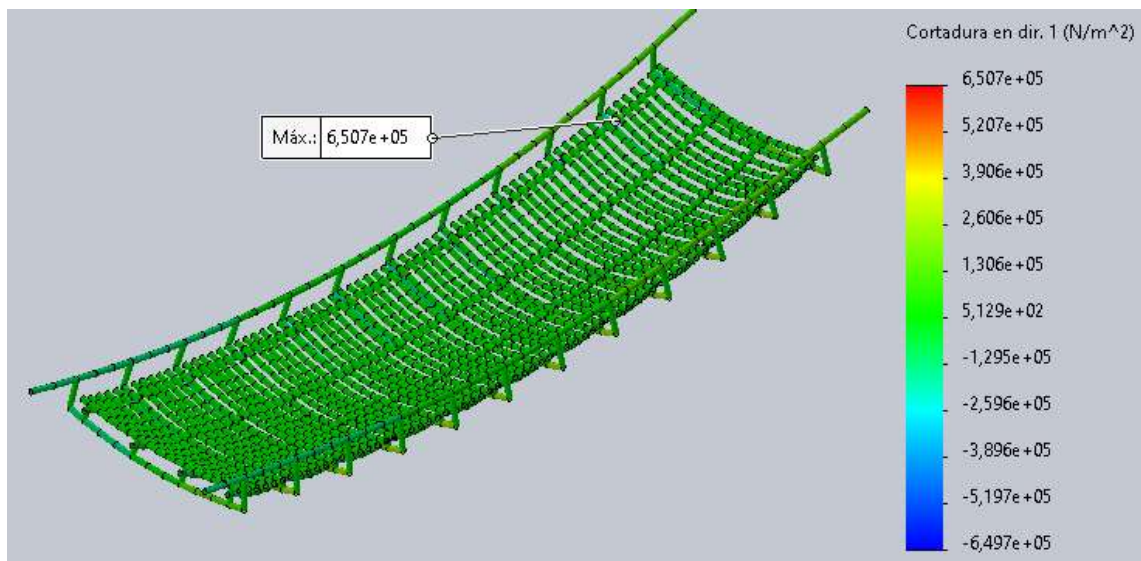
Font: Pròpia.

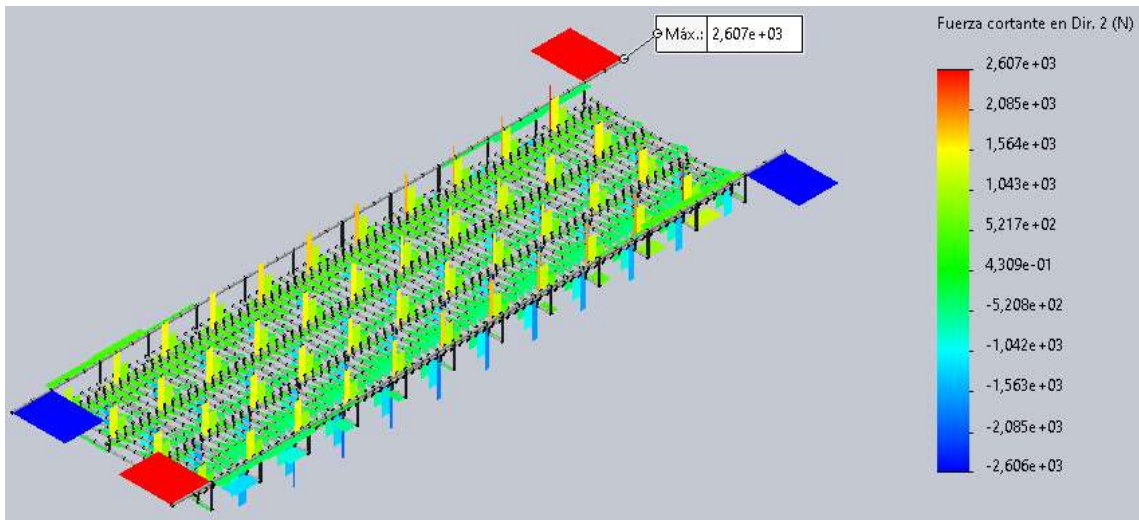
5.4.5.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant

En aquest apartat es mostren els resultats que verifiquen que els esforços tallants produïts en els diferents cassos de càrrega no superen la resistència de càlcul de la fusta a tallant.

Tal i com es mostra en l'equació (34) del present document, la resistència de càlcul de la fusta emprada a esforç tallant es de $1,944 \frac{N}{mm^2}$. Tot element estructural, constituït amb el material esmentat, que superi aquest valor podrà col·lapsar.

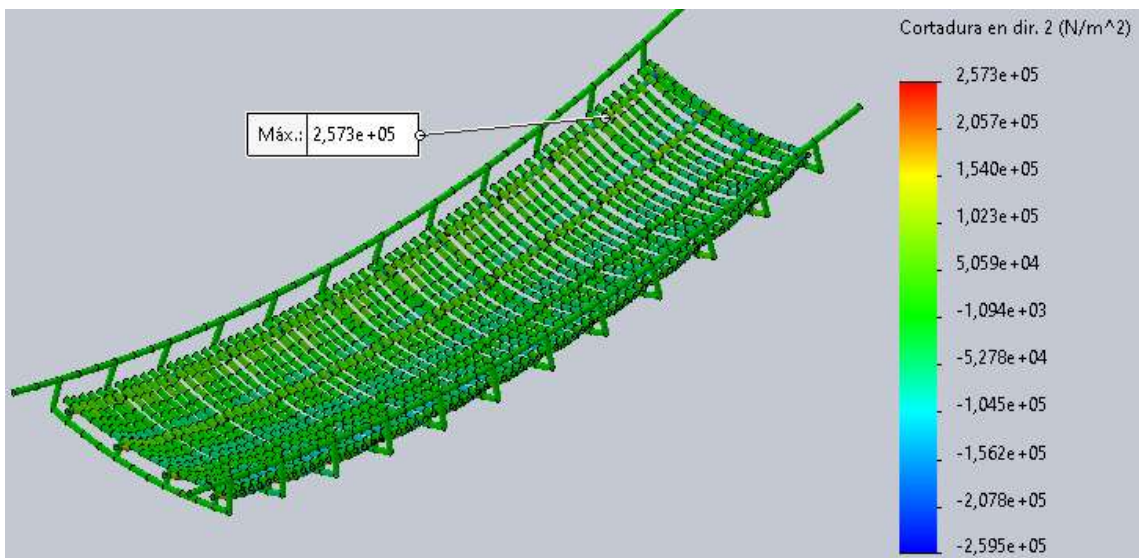
De totes les simulacions realitzades en aquest apartat, el cas que experimenta els esforços tallants més elevats és el cas 1 amb la variable dominant SU en direcció 1, amb un esforç tallant màxima de $0,65 \frac{N}{mm^2}$. Per tant, no col·lapsarà cap element estructural de la passarel·la a causa d'esforç tallant.

1. Cas variable dominant *SU*:**Il·lustració 62: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 1 d'E.L.U.****Font: Pròpia.****Il·lustració 63: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 1 d'E.L.U en unitats N/m².****Font: Pròpia.**



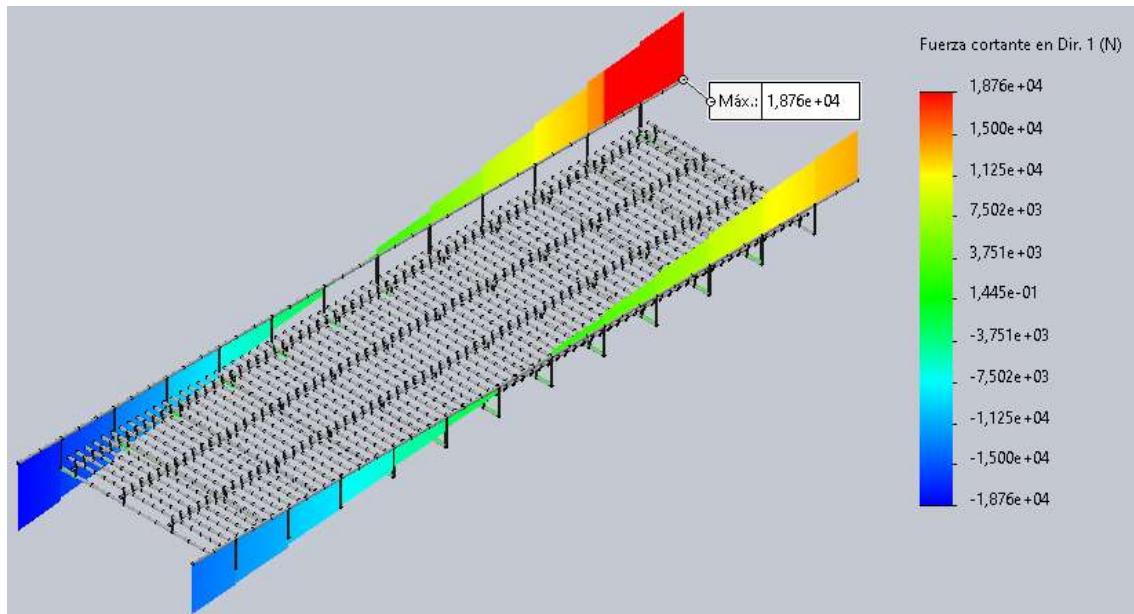
Il·lustració 64: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 1 d'E.L.U.

Font: Pròpia.



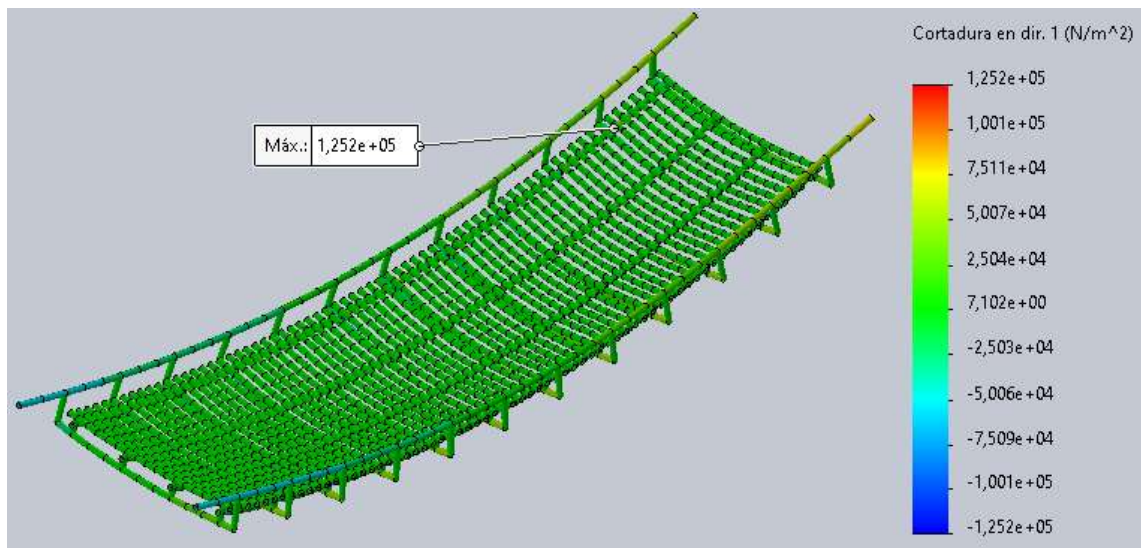
Il·lustració 65: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 1 d'E.L.U en unitats N/m².

Font: Pròpia.

2. Cas variable dominant *Neu*:

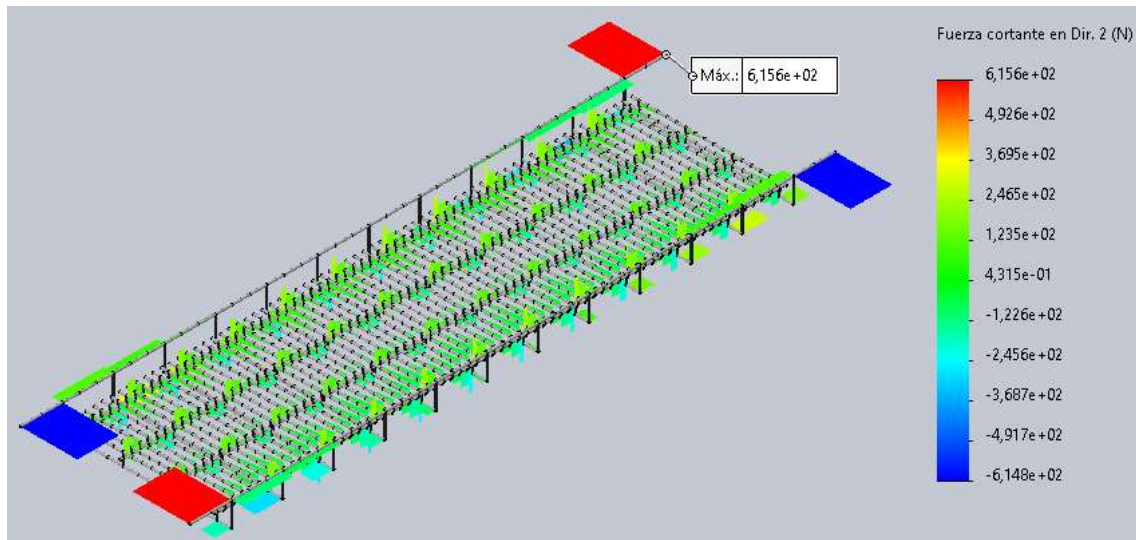
Il·lustració 66: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 2 d'E.L.U.

Font: Pròpia.



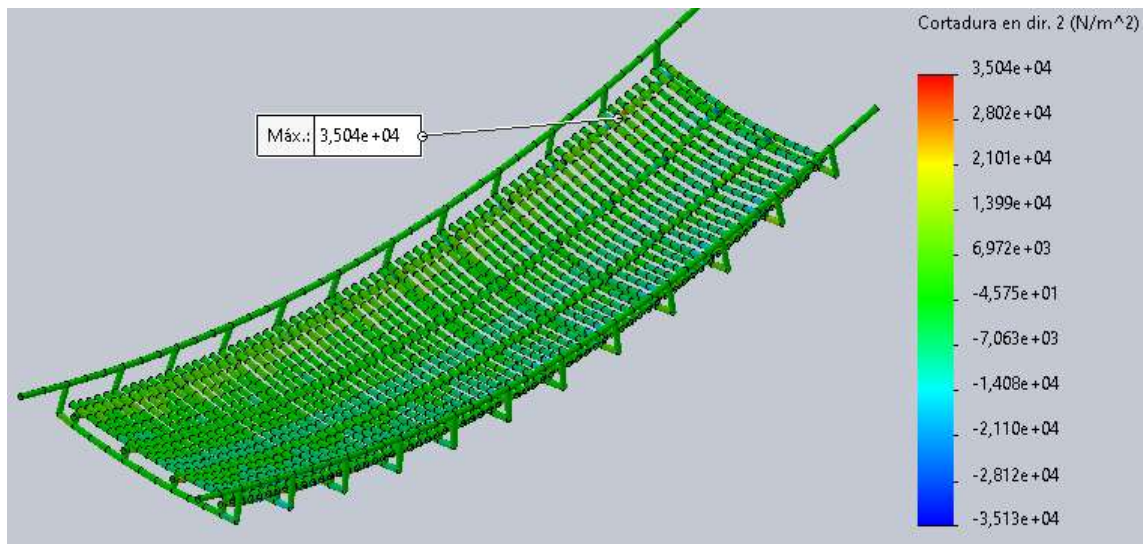
Il·lustració 67: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 2 d'E.L.U en unitats N/m².

Font: Pròpia.



Il·lustració 68: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 2 d'E.L.U.

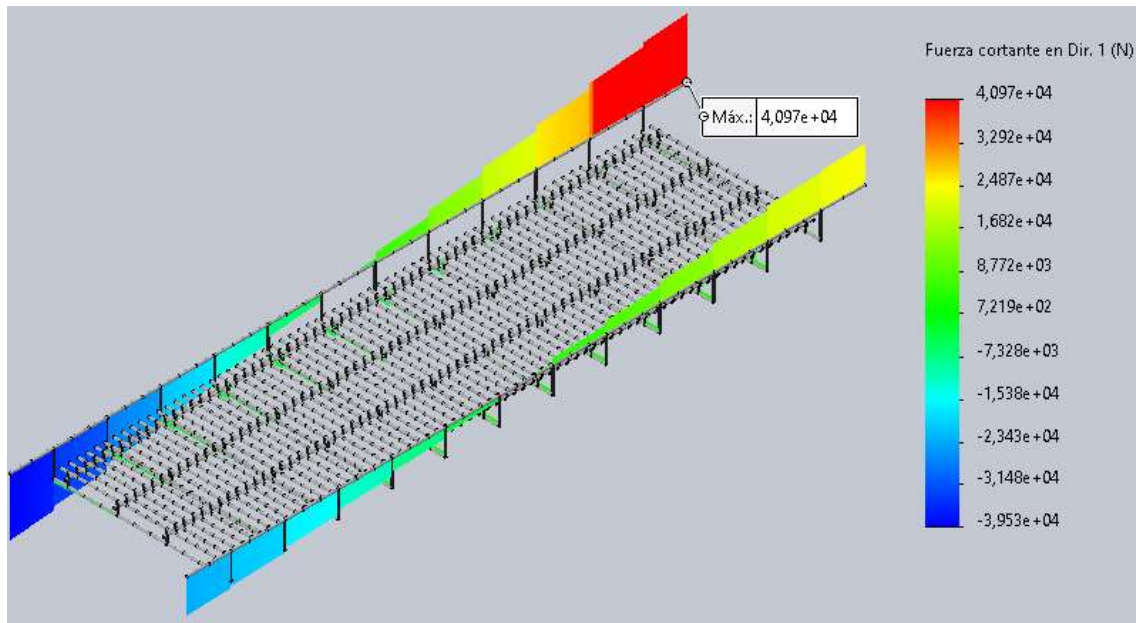
Font: Pròpia.



Il·lustració 69: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 2 d'E.L.U en unitats N/m².

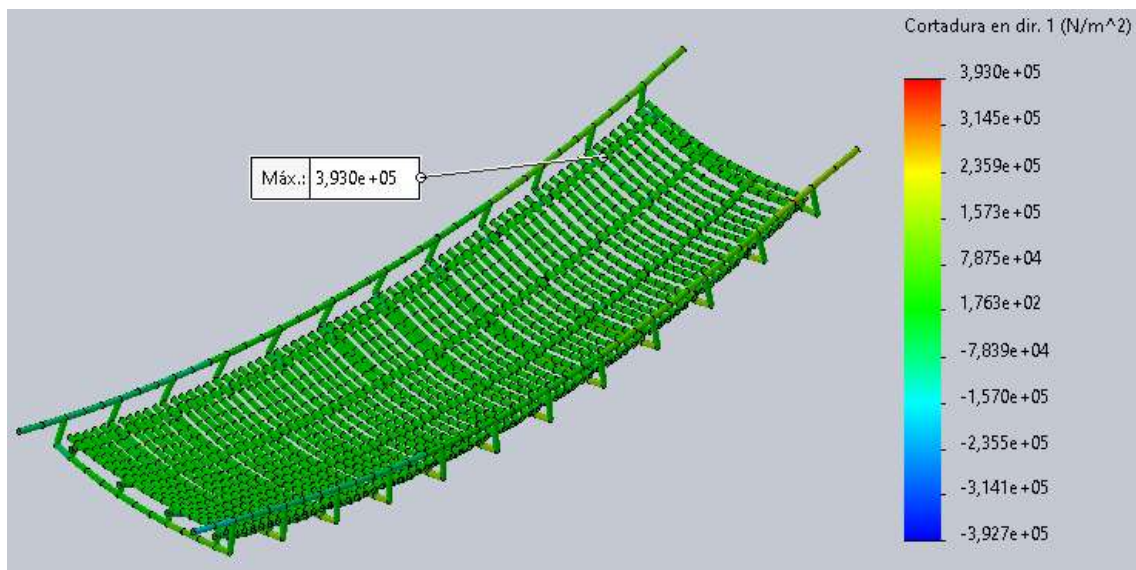
Font: Pròpia.

3. Cas variable dominant V:



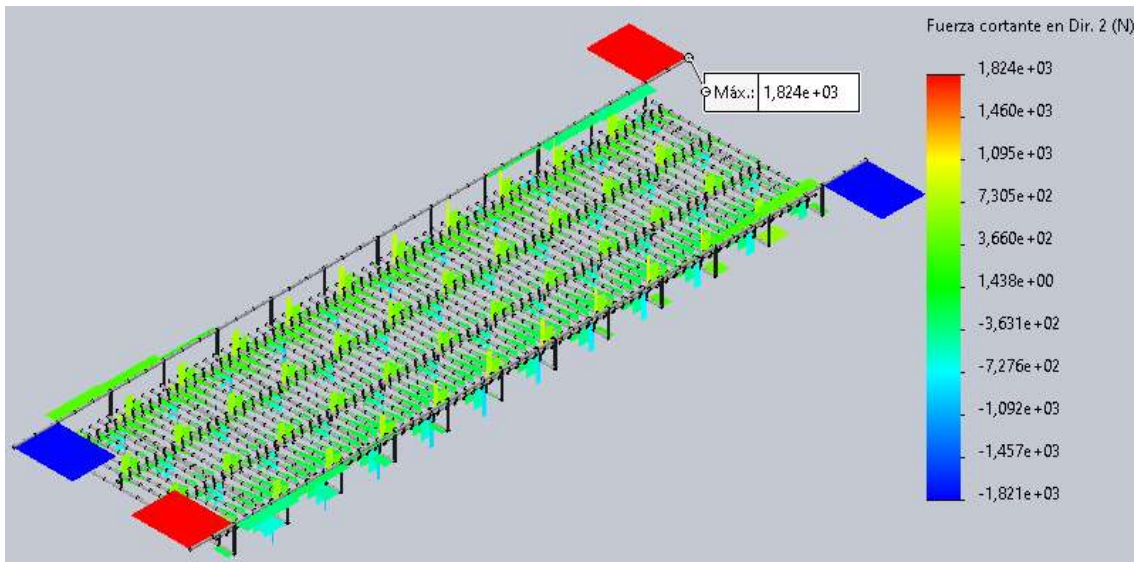
Il·lustració 70: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 3 d'E.L.U.

Font: Pròpia.



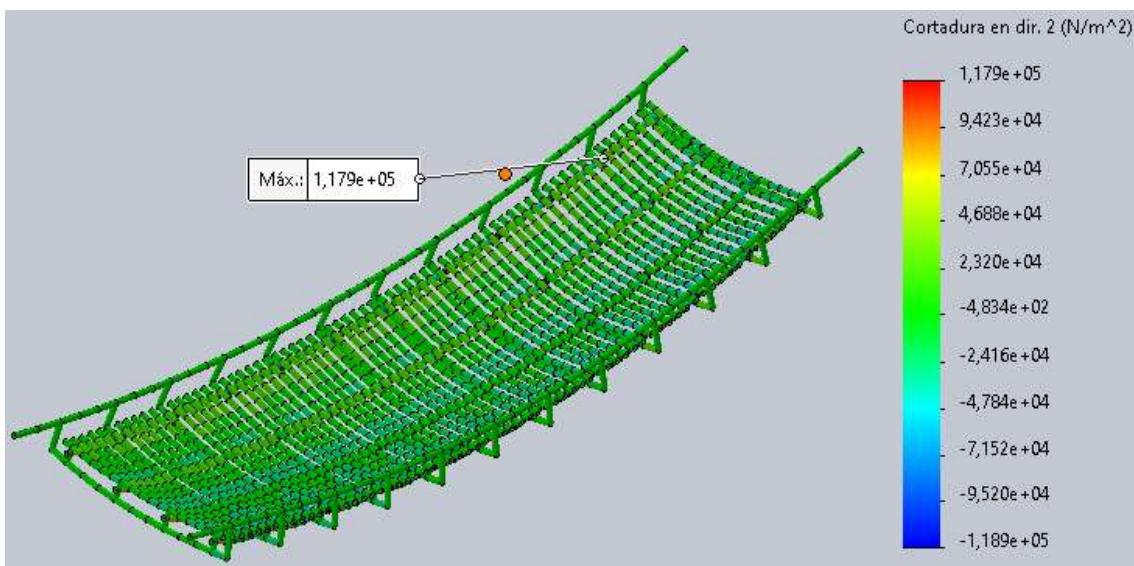
Il·lustració 71: Resultat esforç tallant en direcció 1 de simulació cas 3 d'E.L.U en unitats N/m².

Font: Pròpia.



Il·lustració 72: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 3 d'E.L.U.

Font: Pròpia.



Il·lustració 73: Resultat esforç tallant en direcció 2 de simulació cas 3 d'E.L.U en unitats N/m².

Font: Pròpia.

5.4.5.7. Verificació E.L.S. de deformació

En aquest apartat es mostren els resultats que verifiquen que la fletxa de les jàsseres produïda en els diferents cassos de càrrega no superen la fletxa límit.

Per calcular la fletxa límit es realitza segons s'indica en l'apartat 5.4.1.2.1. Verificació E.L.S del present document.

$$\zeta_{Rel} = \frac{L_j}{1200} = \frac{10m}{1200} = 8,3mm \quad (176)$$

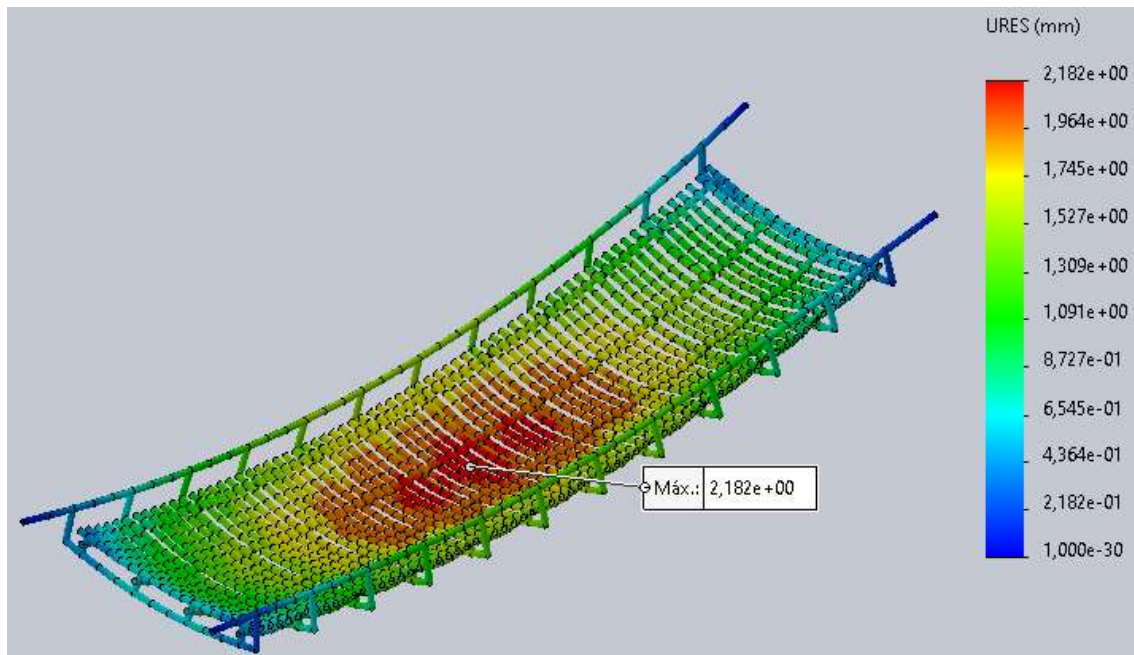
On:

- ζ_{Rel} (m) = Fletxa límit.
- L_j (m) = Tram sol·licitat de la jàssera.

Les jàsseres no poden flectar més de 8,3mm, a partir d'aquest valor és crea inseguretat al vianant i posteriorment a mesura que vagui augmenten es començarien a generar fissures a la pròpia biga.

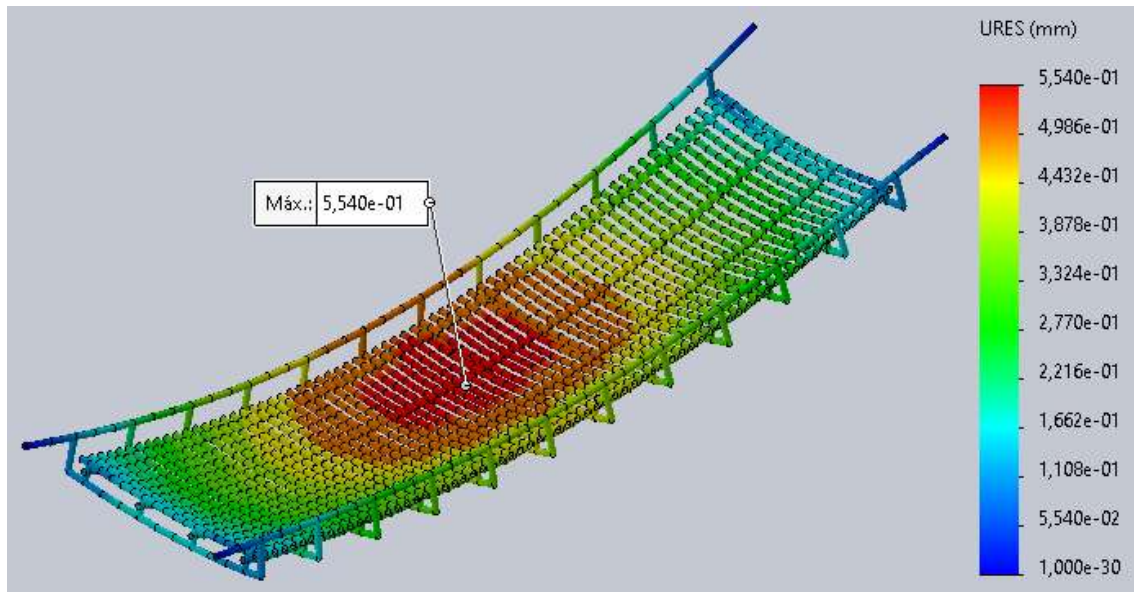
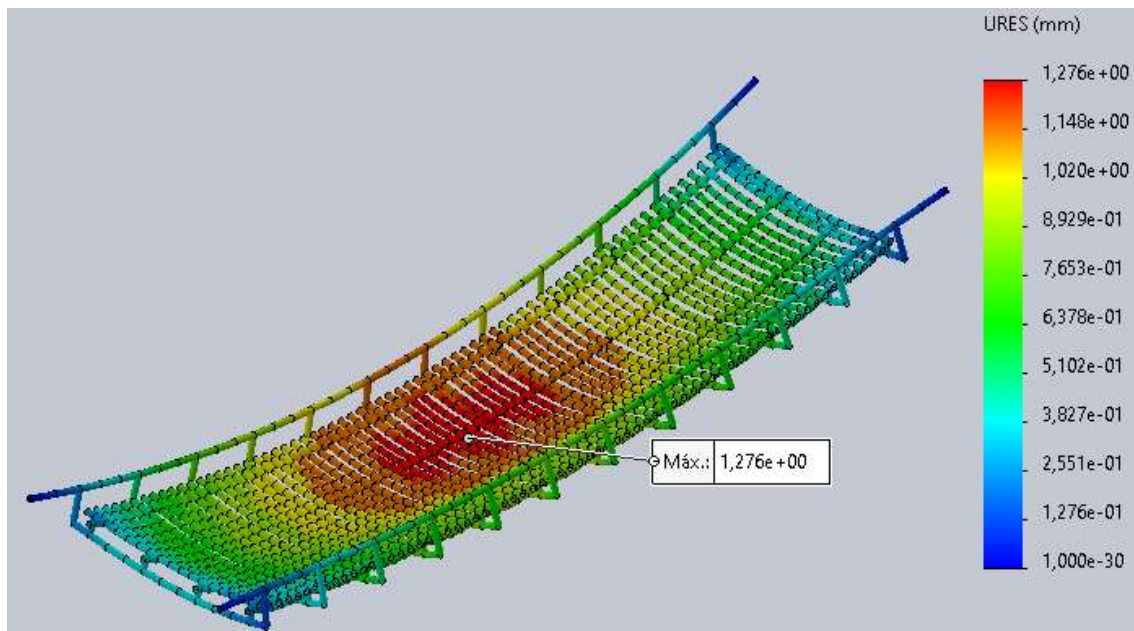
De totes les simulacions realitzades en aquest apartat, el cas que experimenta una fletxa més pronunciada és el cas 1 amb la variable dominant SU, amb una fletxa màxima de 2,18mm en el tauler, amb la qual cosa la fletxa final de les jàsseres serà inferior . Per tant, no col·lapsarà cap element estructural de la passarel·la a causa de la fletxa.

1. Cas variable dominant *SU*:

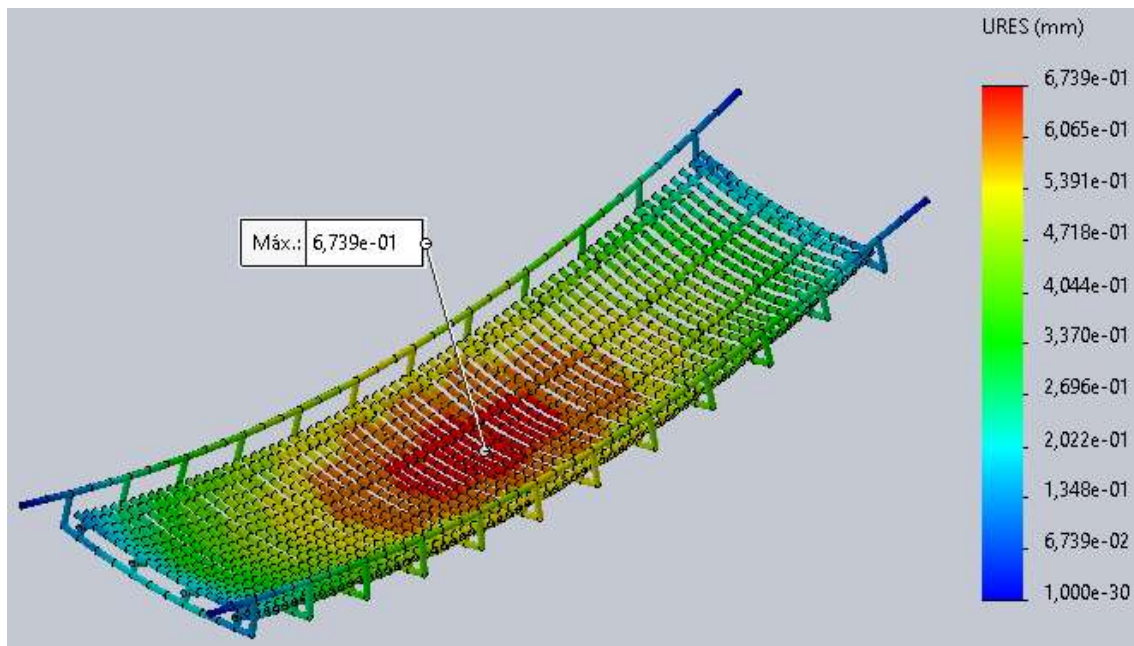


Il·lustració 74: Resultat simulació cas 1 d'E.L.S.

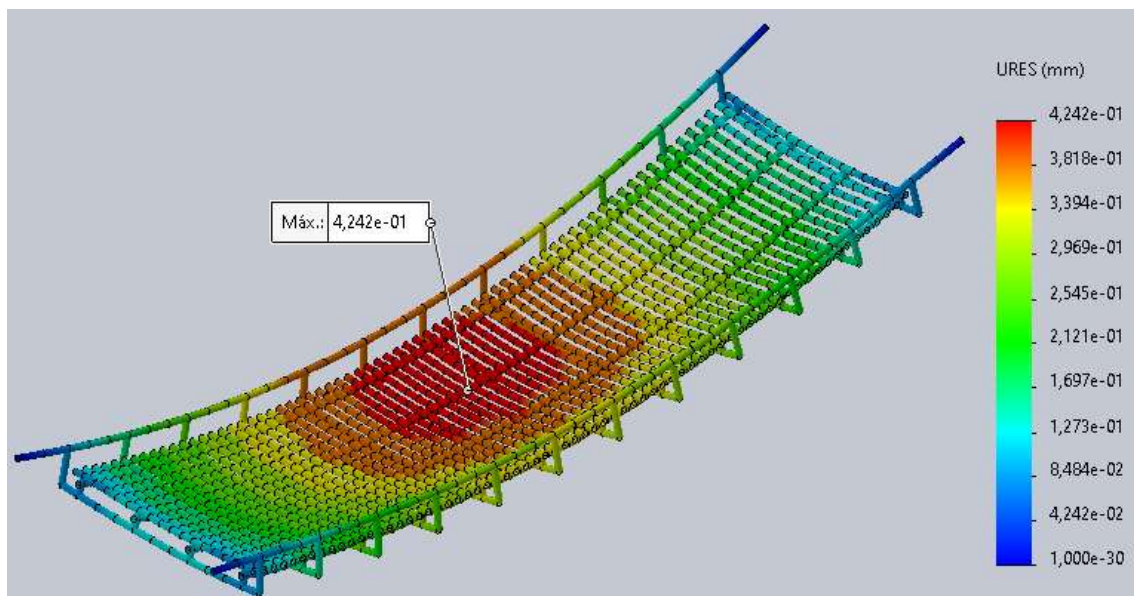
Font: Pròpia.

2. Cas variable dominant *Neu*:**Il·lustració 75: Resultat simulació cas 2 d'E.L.S.****Font: Pròpia.**3. Cas variable dominant *V*:**Il·lustració 76: Resultat simulació cas 3 d'E.L.S.****Font: Pròpia.**

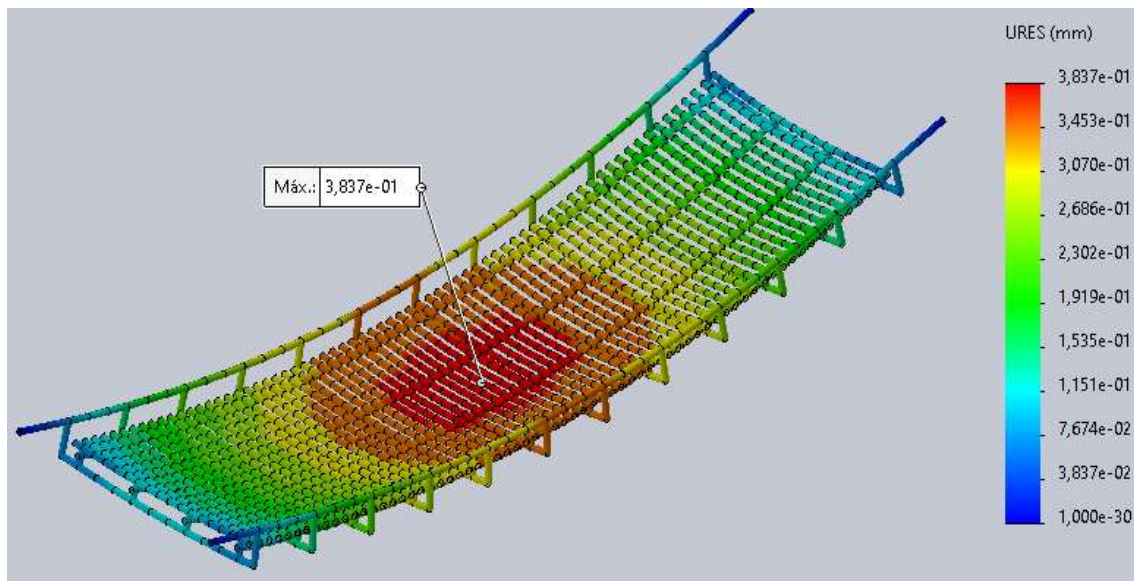
4. Cas SU:

**Il·lustració 77: Resultat simulació cas 4 d'E.L.S.****Font: Pròpia.**

5. Cas V:

**Il·lustració 78: Resultat simulació cas 5 d'E.L.S.****Font: Pròpia.**

6. Cas PP i CM :



Il·lustració 79: Resultat simulació cas 6 d'E.L.S.

Font: Pròpia.

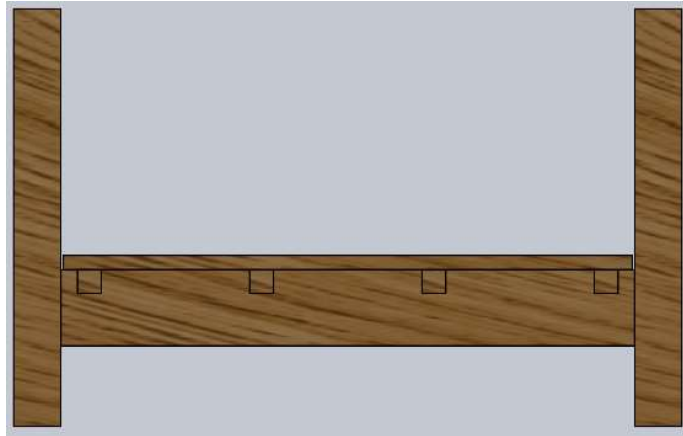
5.4.6. Modelització de la passarel·la en 3D

Per comprovar la resistència i estabilitat de les jàsseres i de la passarel·la en general es realitza un model 3D amb el programa Solidworks. Amb aquest model 3D es simulen els diferents cassos de càrrega de l'apartat 5.4.5.4. Possibles combinacions de les accions, i s'obtenen els resultats dels apartats 5.4.5.5. Verificació E.L.U. de flexió simple, 5.4.5.6. Verificació E.L.U. d'esforç tallant, i 5.4.5.7. Verificació E.L.S. de deformació.

La geometria del model es crea a partir dels plànols que s'entreguen a la documentació del projecte. Per a que els resultats siguin el mes encertats possibles cal ajustar una sèrie de paràmetres que es comenten en els següents apartats.

Es necessari comentar que el model es crea amb l'opció *Miembros estructurales* de Solidworks. Aquest aplicatiu permet considerar els elements del model com a bigues.

A les il·lustracions que s'observen a continuació es mostren captures realitzades del model geomètric creat amb Solidworks.



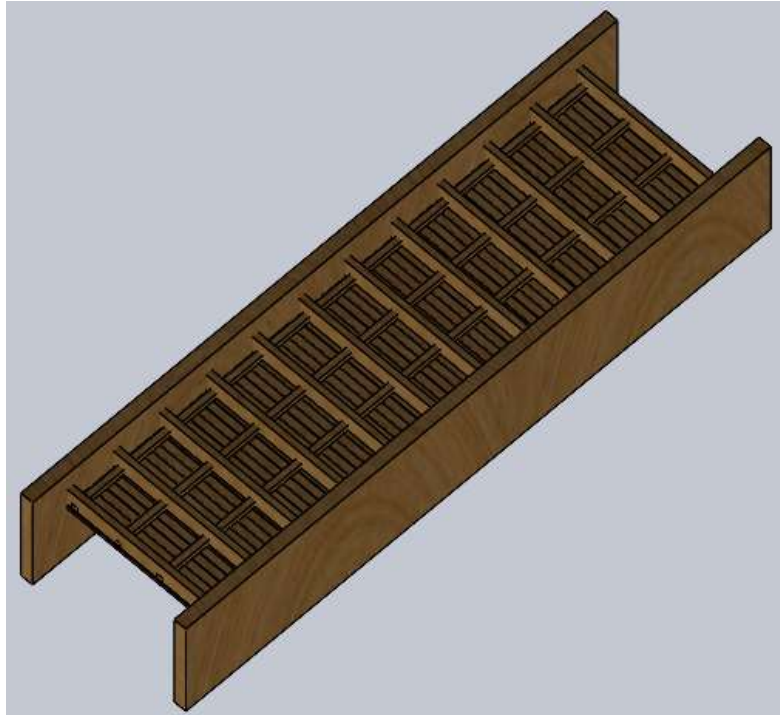
Il·lustració 80: Vista frontal del model de la passarel·la.

Font: Pròpia.



Il·lustració 81: Vista isomètrica del model de la passarel·la.

Font: Pròpia.



Il·lustració 82: Vista isomètrica del model de la passarel·la cap per vall.

Font: Pròpia.

5.4.6.1. Aplicació de material

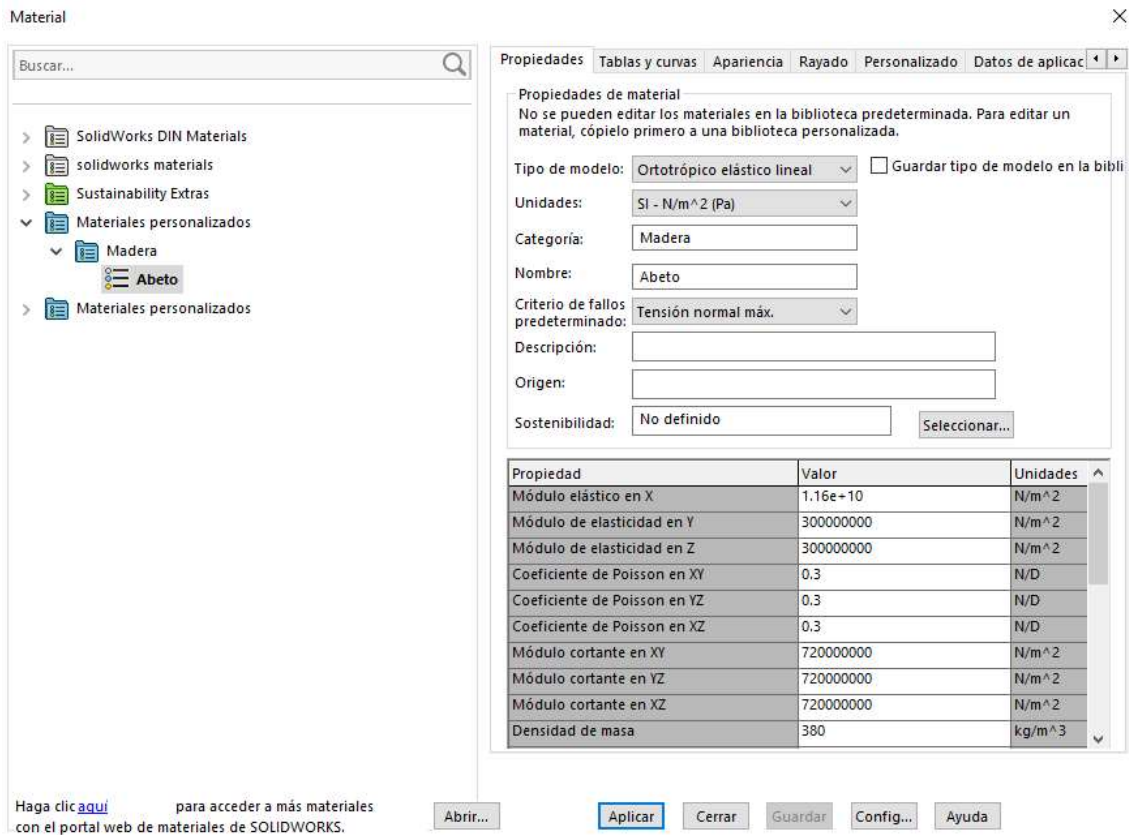
Cada material presenta unes propietats mecàniques diferents que derivaran en un tipus de comportament o altra enfront a sol·licitacions mecàniques determinades. Solidworks presenta un gran llistat de materials per assignar a les peces que es modelitzin. No obstant, la fusta que s'empra per les bigues d'aquest projecte, Avet GL 24 h, no es troba en el llistat de Solidworks, però no hi ha problema, ja que el programa permet crear el material que es desitja inserint les propietats mecàniques d'aquest. Les propietats mecàniques de la fusta que s'utilitza s'extreuen del CTE-DB-SE-M i es recullen a la Taula 22 del present document.

La majoria de materials com el ferro o plàstic són materials isotròpics, es a dir que presenten les mateixes propietats mecàniques en totes direccions, en canvi, la fusta es un material ortotròpic, amb la qual cosa presenta diferents propietats mecàniques en funció de la direcció de les fibres, tal i com s'observa a la Taula 22 del present document.

Si s'analitza la Taula 22 es veu que únicament disposa d'un valor de mòdul transversal mig, es a dir, el mòdul a esforç tallant, això indica que el comportament a esforços tallant s'estableix un mateix comportament en totes direccions.

No passa el mateix amb el mòdul elàstic, ja que en la taula anteriorment esmentada s'exposa un modul elàstic per tensions paral·leles a les fibres i tensions perpendiculars a les fibres. En els elements estructurals de fusta, la direcció de les fibres s'orienten de tal manera de que queden paral·leles a l'eix neutre de la biga.

Solidworks permet representar un material ortotròpic. A partir dels valors de la Taula 22 i els coneixements anteriorment comentats s'aplica el material de la següent manera:

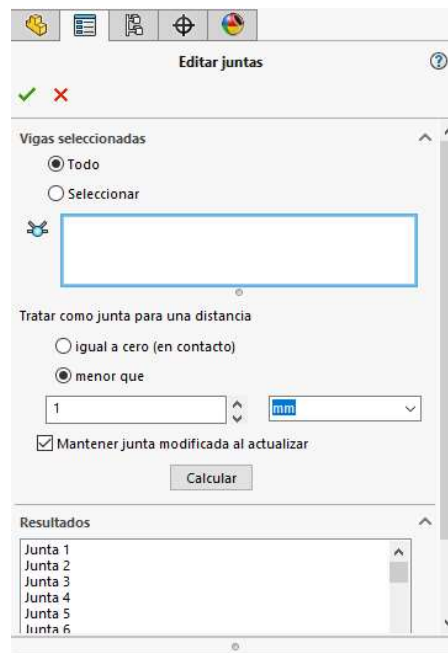


Il·lustració 83: Assignació del nou material.

Font: Pròpia.

5.4.6.2. Grup de juntes

Solidworks per defecte crea les juntes entre les bigues de la manera que veu convenient, no obstant, no sempre es la més adequada. Per poder ajustar les juntes existeix l'editor de juntes, el qual serveix per modificar el criteri amb el qual Solidworks situa les juntes. A continuació es mostra un retall de l'editor de juntes de Solidworks amb els paràmetres de establerts.



Il·lustració 84: Retall de l'editor de juntes.

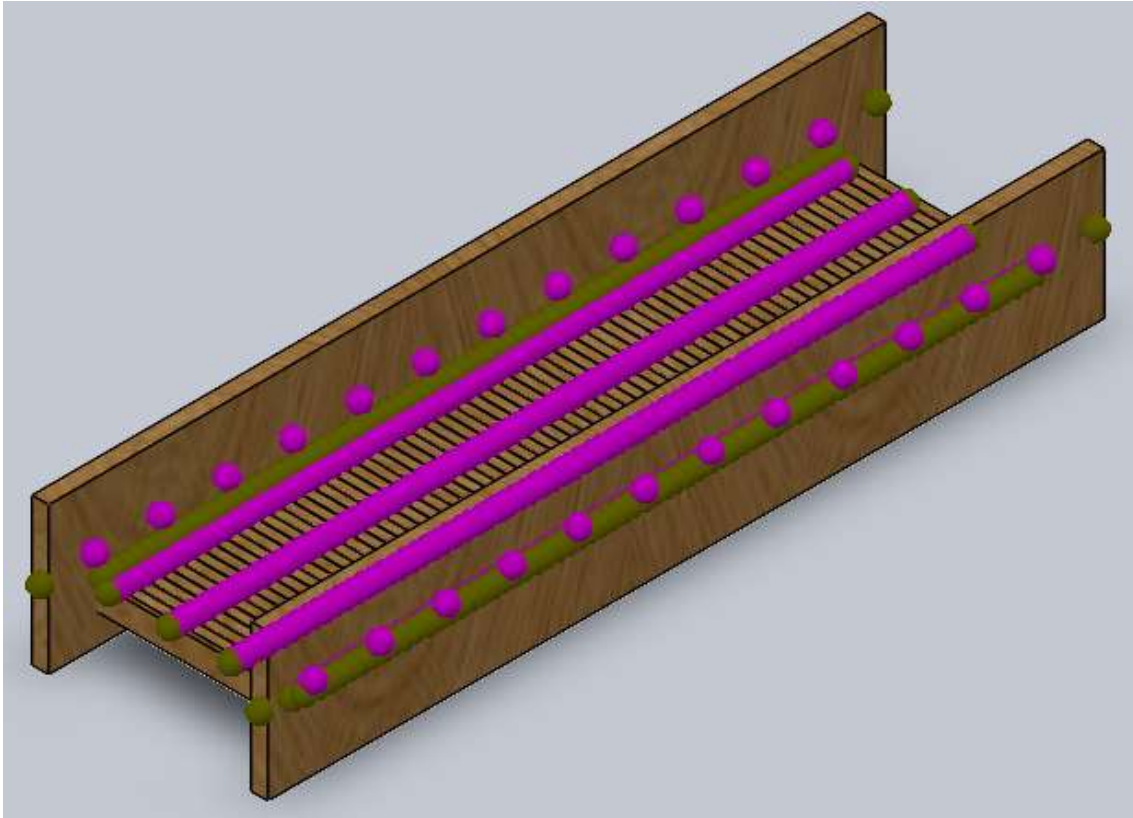
Font: Pròpia.

L'aplicació dels paràmetres observats en el retall anterior dóna com a resultat la col·locació de les juntes en el model tal com s'indiquen en les següents 3 imatges.



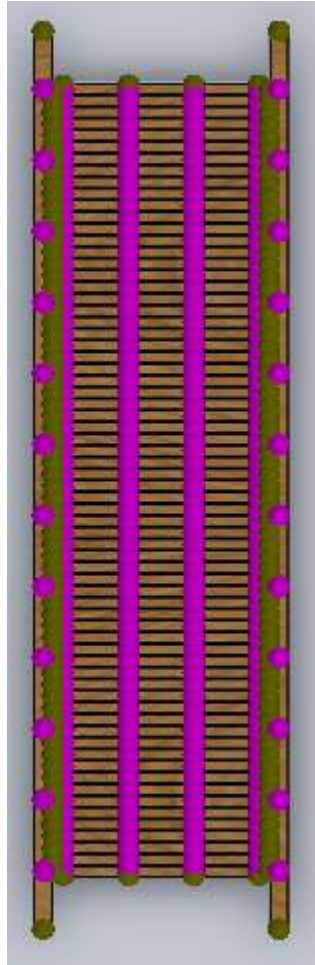
Il·lustració 85: Vista frontal del model de la passarel·la amb juntes.

Font: Pròpia.



Il·lustració 86: Vista isometrica del model de la passarel·la amb juntes.

Font: Pròpia.

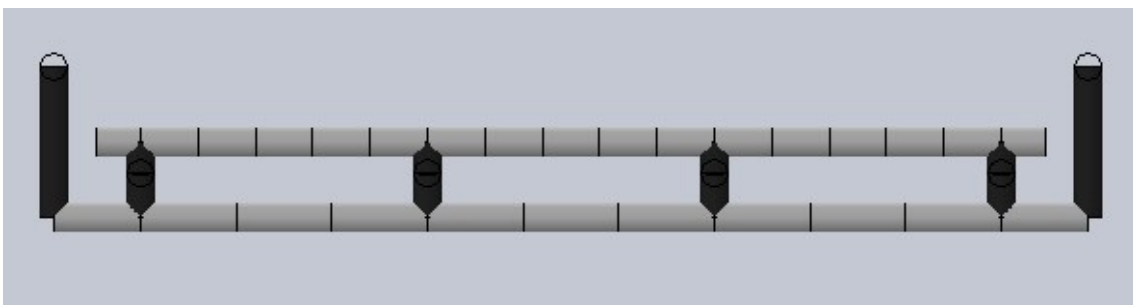


Il·lustració 87: Alçat del model de la passarel·la amb juntes.

Font: Pròpia.

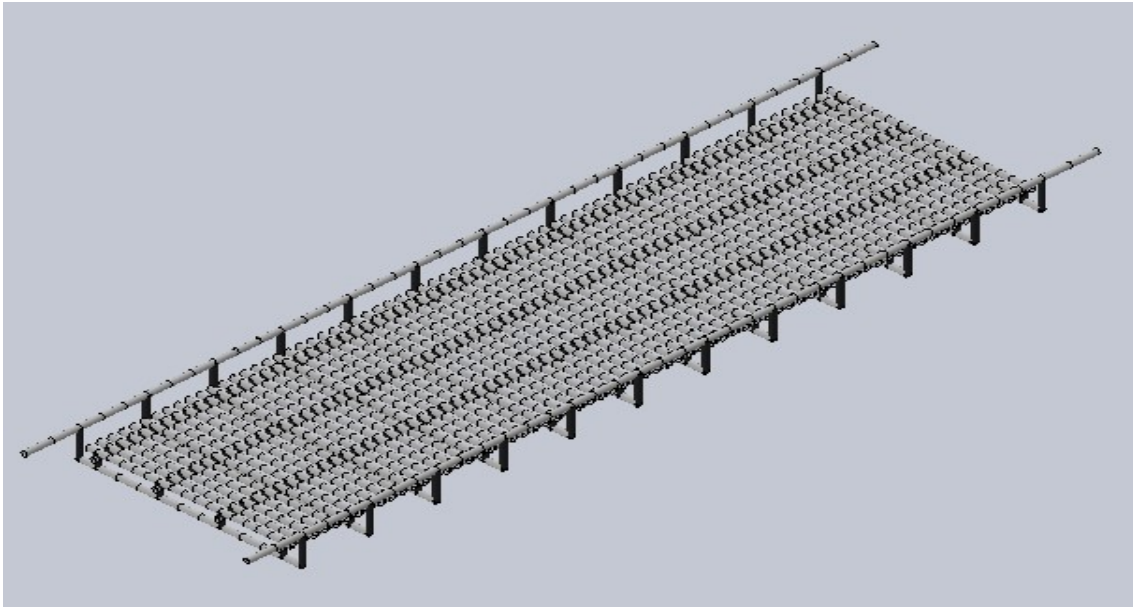
5.4.6.3. Mallat

Solidworks es un programa que treballa amb el càlcul d'elements finits, per tant, cal realitzar un mallat que s'ajusti a la geometria de del model. En aquest cas el mallat que genera el propi programa per defecte es adequat, amb la qual cosa es manté



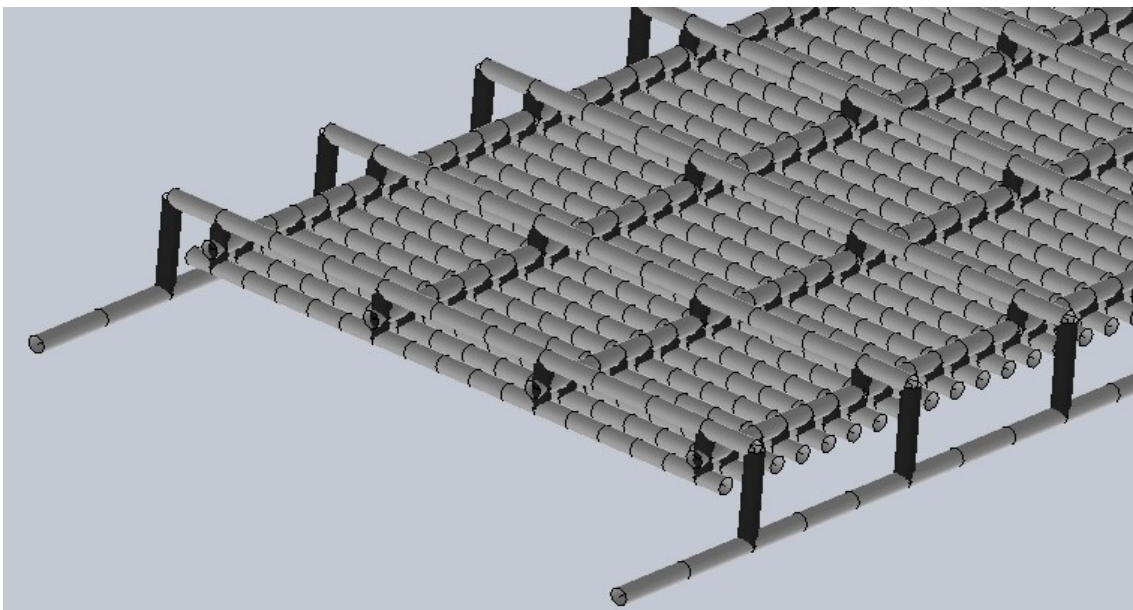
Il·lustració 88: Vista frontal del mallar del model de la passarel·la amb juntes.

Font: Pròpia.



Il·lustració 89: Vista isomètrica del mallat del model de la passarel·la.

Font: Pròpia.



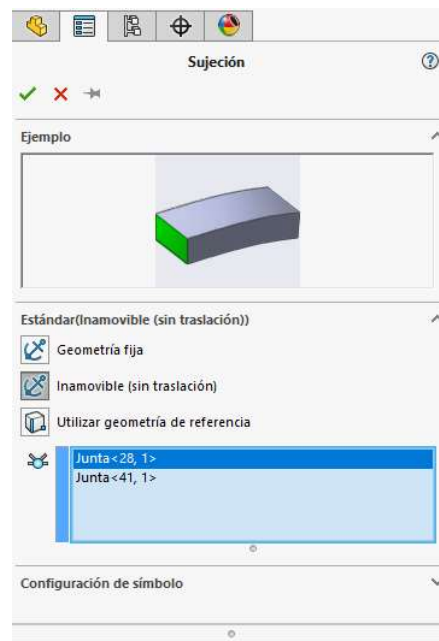
Il·lustració 90: Vista isomètrica del mallat del model de la passarel·la ampliat i cap per vall.

Font: Pròpia.

5.4.6.4. Subjeccions

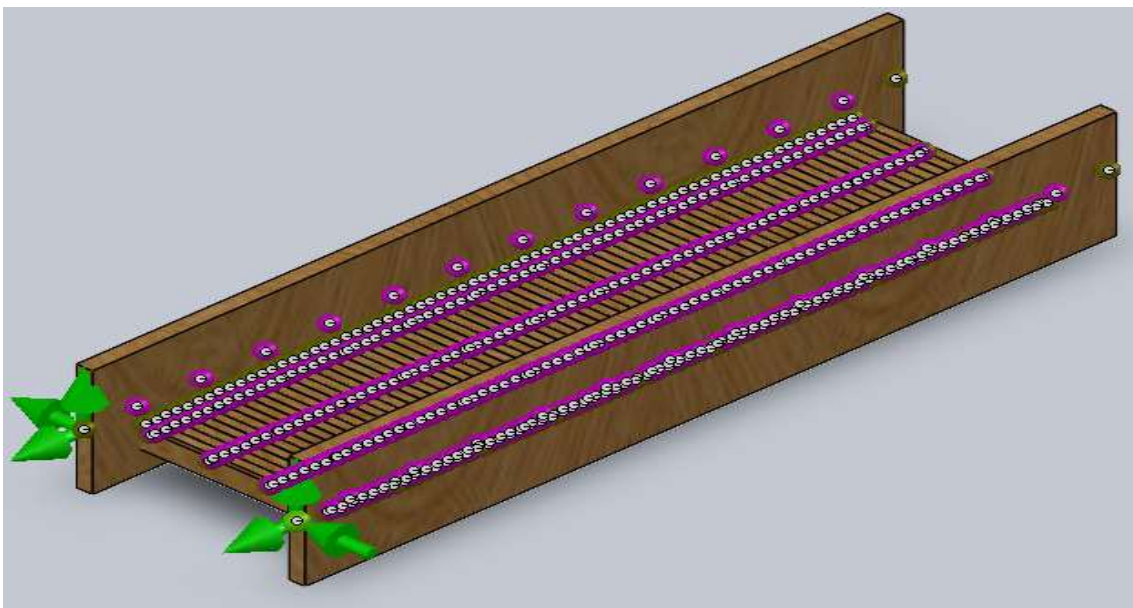
Per representar els suports reals en el model 3D s'empra l'editor de subjeccions de Solidworks.

Per una banda, a la junta d'un mateix extrem de cada jàssera es crea una subjecció de tipus simple. Aquest tipus de subjecció restringeix 3 graus de llibertat, concretament 3 translacions. Per crear aquest tipus de subjecció al model s'aplica a les corresponents juntes una subjecció de caràcter inamovible, tal i com s'indica en les dues imatges que es troben a continuació.



Il·lustració 91: Retall de l'editor de subjeccions.

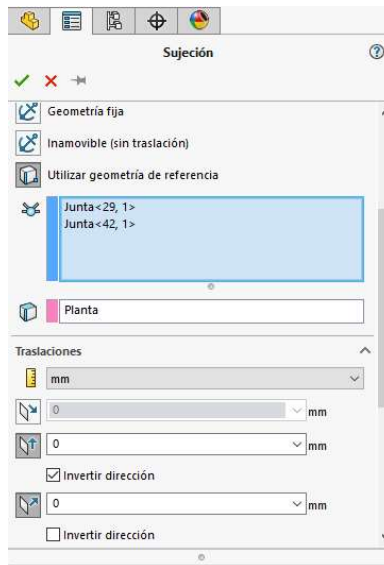
Font: Pròpia.

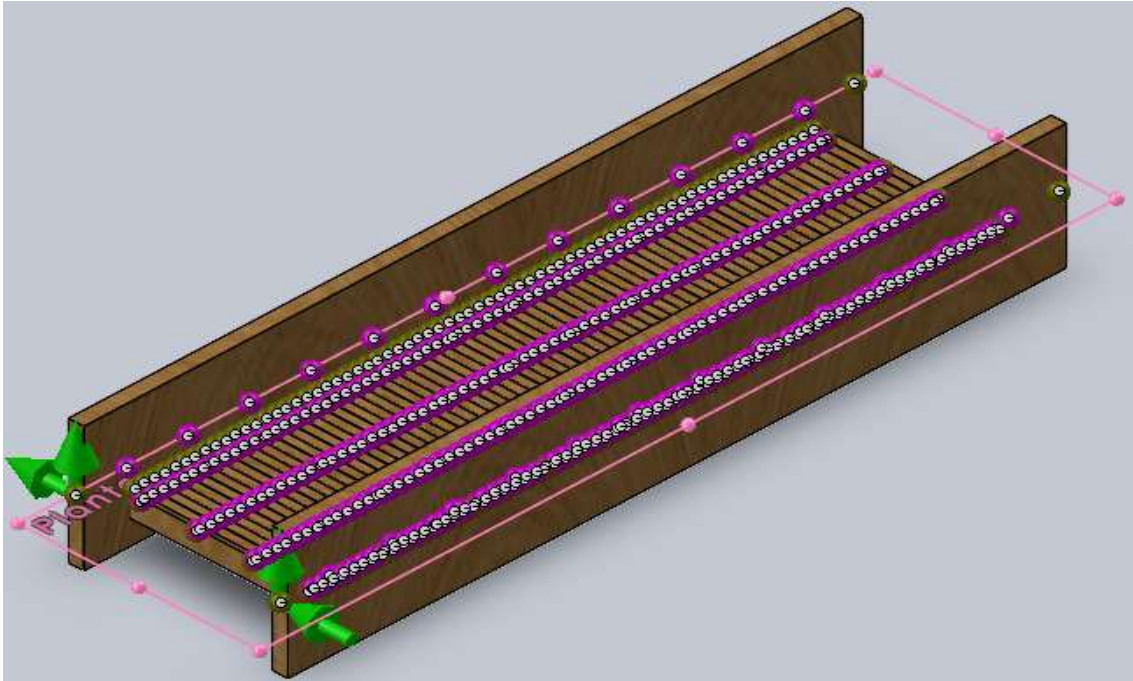


Il·lustració 92: Vista isomètrica del model de la passarel·la amb els suports en les juntes d'un extrem.

Font: Pròpia.

Per altra banda, els extrems restants de les jàssenes se li aplica un suport de tipus simple, que disposi de la capacitat d'absorbir les dilatacions. Aquest tipus de suport restringeix els moviments verticals i laterals, però no els longitudinals, per tant, limita 2 graus de llibertat. A Solidworks, per crear aquest tipus de subjecció al model s'aplica a les corresponents juntes una subjecció que emprava geometria de referència, tal i com s'indica en les dues imatges que es troben a continuació.

**Il·lustració 93: Retall de l'editor de subjeccions.****Font: Pròpia.**



Il·lustració 94: Vista isomètrica del model de la passarel·la amb els suports en les juntes de l'altre extrem.

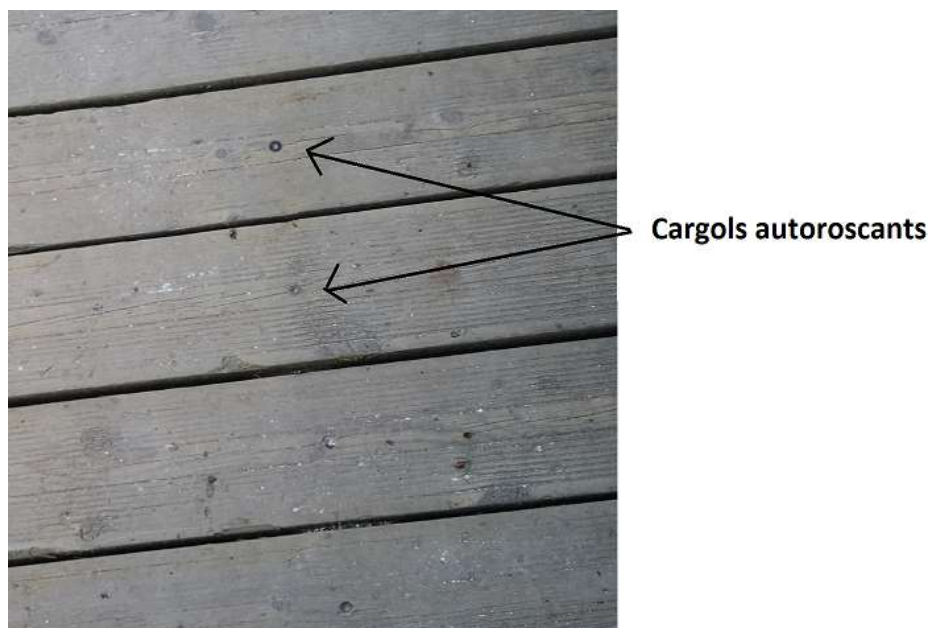
Font: Pròpia.

5.5. Unions entre elements estructurals

Una part indispensable en el disseny d'una passarel·la és la correcta elecció d'unions entre elements estructurals. Es considera una bona unió aquella que s'ajusta a les necessitats estructurals i geomètriques dels diferents elements que conformen la passarel·la. Cada situació és única, i requereix un estudi precís per determinar la millor opció.

5.5.1. Unió tauler-quartó longitudinal

El tipus d'unió escollida entre aquests dos elements estructurals és el caragol tirafons. Tal com és mostra en la següent il·lustració.



Il·lustració 95: Unió tarima - quartó longitudinal.

Font: Pròpia.

A causa de la petita àrea de la secció dels taulers de la tarima i la direcció de les forces que es preveuen es creu òptim l'utilització de caragols tirafons per unir la tarima amb els quartons longitudinals.

5.5.1.1. Descripció

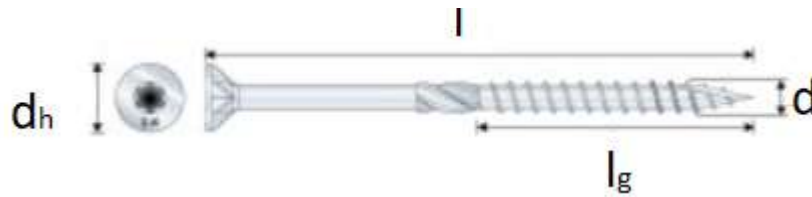
El tipus de caragol seleccionat per unir els taulons amb el quartó longitudinal és un caragol de la marca *SIMPSON Strong-Tie* de rosca per fusta model TTNFS6.0X100. Està constituït per un material que atribueix al caragol una excel·lent resistència a l'oxidació, i per tant, el fabricant considera que és apropiat el seu ús en construccions exteriors o ambients salins, atribuint aquestes característiques a una classe de servei número 3. Aquest material és d'acer INOX A4 /AISI 316. A més a més, és un caragol dissenyat amb per suportar esforços estructurals i que compleix les característiques mecàniques segons la normativa DIN ISO 3506.



Il·lustració 96: Caragol seleccionat.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

El caragol és de cap aixamfranat. La punta necessària per caragolar-lo és una punta del tipus Torx T-30. La següent il·lustració indica la geometria del caragol utilitzat. La lletra “d” indica el diàmetre del caragol, que correspon a 6mm. La “l_g”, la longitud del tram de rosca, amb un valor de 60mm. La “d_h” el diàmetre del cap de caragol, que és igual a 11,6mm. Finalment la “l”, que equival a la longitud total del caragol, en aquest cas 100mm.



Il·lustració 97: Identificació de mesures del cargol.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

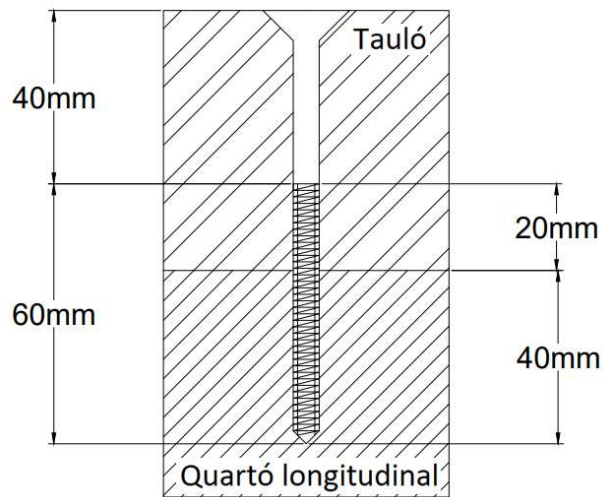
A l'annex 3 del present projecte s'adjunta la fitxa tècnica del corresponent element de fixació.

5.5.1.2. Consideracions constructives

El document *Diseño y calculo de uniones en estructuras de madera*, document d'aplicació del codi tècnic estructural "CTE", reuneix una sèrie de recomanacions i normes d'obligat compliment quant al disseny d'unions amb cargols en fusta.

Les recomanacions i normatives que afecten directament a aquest tipus d'unió es comenten a continuació:

- Els cargols de roscat en fusta conífera de diàmetre exterior de rosca igual o inferior a 6mm no requereix la realització d'un forat previ. El cargol seleccionat presenta un diàmetre de 6mm, per tant no cal realitzar cap forat previ, no obstant, es realitzarà una perforació en cada tauler de 3 mm tal com s'indica en els plànols per facilitar el muntatge de la passarel·la.
- En cargols aixamfranats, el cap s'incrusta en la fusta deixant una superfície relativament llisa.
- D'acord amb la norma UNE-EN 14592 el diàmetre del cargol oscil·la entre 6 i 12mm, concretament 6mm.
- La penetració mínima de la part roscada en l'extrem a de ser com a mínim 6 vegades el diàmetre del cargol. Si es multiplica 6 vegades el diàmetre del cargol seleccionat s'obté un valor de 36mm de tram roscat en l'element estructural de l'extrem. La secció del tauló fa 60mm d'altura, i el cargol 100mm de longitud total i 60mm de longitud el tram de rosca. Tot això resulta en 40 mm de penetració roscada en el quartó longitudinal, 20mm de penetració roscada en el tauló i 40mm de penetració no roscada en el tauló, tal com s'aprecia a la següent il·lustració. Llavors sí que compleix aquesta condició.



Il·lustració 98: Disposició del caragol.

Font: Pròpia.

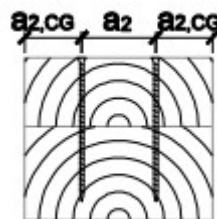
- Segons el document CTE-DB-SE-M, apartat 8.3.6.2. Carga Axial, pàgina 59, s’ha de complir la separació entre caragols d’aquest tipus, que s’indica a la següent taula i a la següent imatge.

Tabla 8.6 - Separaciones y distancias a la testa y a los bordes mínimas en tirafondos cargados axialmente

Separación mínima entre tirafondos en un plano paralelo a la fibra	Separación mínima entre tirafondos en dirección perpendicular a un plano paralelo a la fibra.	Distancia mínima a la testa desde el centro de gravedad de la parte roscada del tirafondo en la pieza.	Distancia mínima al borde desde el centro de gravedad de la parte roscada del tirafondo en la pieza.
a_1	a_2	$a_{1,CG}$	$a_{2,CG}$
7d	5d	10d	4d

Taula 47: Retall CTE-DB-SE-M.

Font: Taula 8.6, CTE-DB-SE-M.



Il·lustració 99: Retall CTE-DB-SE-M.

Font: Figura 8.12, CTE-DB-SE-M.

El diàmetre del caragol és igual a 6 mm, amb la qual cosa, si es segueixen els criteris indicats en la taula i imatge anterior, la separació mínima entre dos tirafons en direcció perpendicular a un pla paral·lel a les fibres ha de ser de 30mm, de la

mateixa manera que la distància mínima a la cantonada des del centre de gravetat de la part roscada del tirafons ha de ser de 24mm. Considerant la distribució dels elements estructurals i que l'amplada total de la secció del tauler és de 120 mm es pot posar fins a 3 tirafons en fila de manera consecutiva, no obstant, tenint en conta la sol·licitació mecànica, s'instal·laran dos tirafons per cada unió tarima - quartó longitudinal, tal com s'indica en els plànols.

- El document CTE-DB-SE-M exposa com calcular la resistència dels caragols emprats. Aquests càlculs no són necessaris que siguin realitzats, ja que el fabricant dels caragols tirafons que s'empren proporciona la fitxa tècnica amb la seva resistència en fustes de classe mecànica C24 o superiors. La classe mecànica bé donada pel número, en aquest cas 24. La classe mecànica de la fusta emprada és gl 24 h, per tant, és la mateixa classe mecànica. La taula de la qual es parla és la següent:

Resistències característiques - Madera / Madera																
Modelo	Resistències característiques - Madera / Madera C24															
	Axial		Cizalladura paral·lela a la veta en funció de t_1 [Rv.0.k] [kN]							Cizalladura perpendicular a la veta en funció de t_1 [Rv.90.k] [kN]						
	t_1 [mm]	R_{axk} [kN]	35 [mm]	40 [mm]	45 [mm]	60 [mm]	75 [mm]	80 [mm]	≥100 [mm]	35 [mm]	40 [mm]	45 [mm]	60 [mm]	75 [mm]	80 [mm]	≥100 [mm]
TTZNFS5.0	25	1.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TTZNFS5.0X7030		1.64	1.81	-	-	-	-	-	-	1.81	-	-	-	-	-	-
TTZNFS5.0	40	1.64	1.81	1.81	1.81	-	-	-	-	1.81	1.81	1.81	-	-	-	-
TTZNFS5.0X9045		1.64	1.81	1.81	1.81	-	-	-	-	1.81	1.81	1.81	-	-	-	-
TTZNFS6.0	30	2.73	2.35	-	-	-	-	-	-	2.35	-	-	-	-	-	-
TTZNFS6.0X8040		2.73	2.44	2.59	2.44	-	-	-	-	2.44	2.59	2.44	-	-	-	-
TTZNFS6.0	45	2.73	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-
TTZNFS6.0X1090		2.73	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-
TTZNFS6.0X	50	2.73	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-	2.44	2.6	2.62	-	-	-	-
TTZNFS6.0X1400		2.73	2.44	2.6	2.62	2.62	2.62	-	-	2.44	2.6	2.62	2.62	2.62	-	-
TTZNFS6.0X	90	2.73	2.44	2.6	2.62	2.62	2.62	2.62	-	2.44	2.6	2.62	2.62	2.62	2.62	-

Taula 48: Resistència característica del caragol emprat.

Font: Fitxa tècnica caragol emprat, Simpson Strong-tie.

El caragol emprat és el model TTZNFS 6.0x100, així doncs, la resistència característica axial equival a 2.73kN. La resistència característica del caragol a tallant paral·lel a la veta per una amplada del tauler de 60mm (t_1) no disposa de valor, però si s'observa la seqüència i emprant la lògica es veu que contra més gran és l'amplada del tauler més gran és la seva resistència a tallant, amb la qual cosa es sap que correspondrà a un valor de com a mínim 2.62kN. El mateix succeeix amb la resistència característica del caragol a tallant perpendicular a la veta que com a mínim serà de 2.62kN.

Un únic caragol disposa de les resistències comentades en el paràgraf anterior, per tant, dos caragols en una mateixa unió disposaran de la resistència indicada multiplicada per dos. És a dir, una unió amb dos caragols disposarà d'una resistència característica axial equivalent a 5.46kN, una resistència característica a tallant paral·lel a la veta de 5.24kN i una resistència característica a tallant perpendicular a la veta de 5.24kN. Si els valors esmentats es comparen amb els màxims obtinguts del llistat present a l'annex 2 dels esforços que experimenten

les bigues del tauler en cadascun dels casos de càrrega es pot extreure la conclusió que la unió dissenyada suportarà adequadament.

5.5.2. Unió quartó longitudinal-quartó transversal

El tipus d'unió entre el quartó longitudinal i el quartó transversal es realitzarà per encaix. Tal com es mostra en la següent imatge.



Il·lustració 100: Unió quartó longitudinal - quartó transversal.

Font: Pinterest.

5.5.2.1. Descripció

Aquest tipus d'unió consisteix a donar la geometria correcta a les bigues per tal que amb pressió quedin subjectades sense necessitat de caragols o ancoratges químics, donant així un aspecte més sostenible al disseny de la passarel·la.

5.5.2.2. Consideracions constructives

A les bigues transversals es serra una part equivalent a la secció del quartó longitudinal. Un cop el quartó transversal estigui instal·lat i es col·loquin els quartons longitudinals, pel mateix pes la zona superior del quartó transversal es trobarà en compressió i comprimirà els quartons longitudinals quedant així subjectats.

La unió és segura, ja que s'ha considerat en les simulacions realitzades amb el programa Solidworks i s'ha obtingut un resultat satisfactori.

5.5.3. Unió quartó transversal-jàssera

Aprofitant que el quart transversal disposa de la possibilitat de col·locar una unió per la cara inferior del quartó transversal i tenint en consideració que la càrrega de la unió serà considerable s'arriba a la conclusió que la millor opció per aquest cas és efectuar la unió amb un penjador de la manera com es mostra en la següent il·lustració.

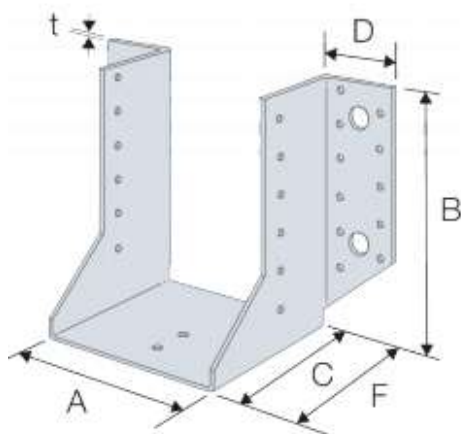


Il·lustració 101: Unió quartó transversal - jássera.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

5.5.2.1. Descripció

Un penjador, és un ferratge de metall que fa de suport de biga, en aquest el ferratge es troba fixat a les jásseres i suporta els quartons transversals. El penjador seleccionat el proporciona l'empresa *SIMPSON Strong-Tie* i segons la secció del quartó transversal el model presenta la següent referència SAEX 500/100/1,5 d'ales exteriors. A més a més, es troba conformat d'acer inoxidable A4 (316L) segons NF EN 10088, factor que li atribueix una classe resistent a la humitat de categoria 3.



Il·lustració 102: Penjador de biga seleccionat.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

A l'anterior imatge es troba un símil del penjador emprat acotat amb diverses variables. Aquestes variables es roben recollides a la següent taula.

Modelo	Dimensiones de la viga [mm]				Dimensiones y Valores Característicos [mm]							Agujeros soporte			Agujeros viga
	Anchura		Altura		A	B	C	D	F	I	Ø5	Ø11	Ø13	Ø5	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.											
SAEX500/100/1,5	98	100	215	300	100	200	84	41.5	87	1.5	34	-	6	18	

Taula 49: Retall de la taula que mostra les característiques del penjador seleccionat.

Font: Fitxa tècnica penjador emprat, Simpson.

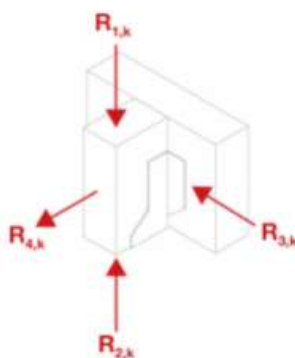
El penjador necessita elements de fixació per fixar-lo a la jàssera i per subjectar el quartó transversal. Aquest model de penjador, tal com s'indica a la taula anterior disposa de 34 forats de 5mm de diàmetre i 6 forats de 13mm de diàmetre a les ales exteriors per si es decideix fixar el suport a la jàssera amb claus o caragols mètrics. Per subjectar el quartó transversal disposa de 18 forats de 5mm per posar-hi claus.

A l'annex 4 del present projecte s'adjunta la fitxa tècnica del corresponent penjador.

5.5.2.2. Consideracions constructives

El fabricant a la fitxa tècnica mostra les capacitats de càrrega del penjador de biga d'acord amb unes determinades característiques.

- Aquestes taules són vàlides per fusta de categoria resistent C24 o superior. La classe mecànica bé donada pel número, en aquest cas 24. La classe mecànica de la fusta emprada és gl 24 h, per tant, és la mateixa classe mecànica.
- La geometria del penjador permet fixar-lo amb diversos elements de fixació a la jàssera. Per assegurar una unió rígida, similar a un encast de biga, tal com s'ha considerat en les simulacions, la fixació del penjador s'ha de realitzar amb cargols mètrics que entravessaran la jàssera. Considerant les fixacions que indica el mateix fabricant assegura una resistència màxima a la qual s'esmenta en la següent imatge i taula.



Il·lustració 103: Dibuix explicatiu de les forces suportades.

Font: Fitxa tècnica penjador emprat, Simpson.

Modelo	Fijaciones				Valores característicos - Madera C24 [kN]							
	Soporte		Viga secundaria		R _{1,k}		R _{2,k}		R _{3,k}		R _{4,k}	
	Cdad	Tipo	Cdad	Tipo	CNA4,0x35S	CNA4,0x50S	CNA4,0x35S	CNA4,0x50S	CNA4,0x35S	CNA4,0x50S	CNA4,0x35S	CNA4,0x50S
SAEX500 / 100 / 1.5	6	Ø12 *	18	CNA-S **	33.5	38	30.2	37.7	9.1	13.7	10	10

Taula 50: Valors característics de les forces capaces de suportar el penjador emprat.

Font: Fitxa tècnica penjador emprat, Simpson.

- L'element de fixació del penjador a la jàssera es componrà per caragols mascles amb femelles i dues volanderes per conjunt. El conjunt mascle femella el proporciona l'empresa Simpson, s'observa a la Il·lustració 104. La referència del producte és BSH16/240 i es troba conformat amb acer inoxidable que li atribueix una classe resistent a la humitat de classe 3. La classe resistent mecànica del caragol és de 6.8.



Il·lustració 104: Conjunt caragol mascle femella.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

A l'annex 6 del present projecte s'adjunta la fitxa tècnica del corresponent conjunt caragol mascle femella.

- Les volanderes emprades també les proporciona l'empresa Simpson, i corresponen a la referència LL40/14/4. El material amb el qual es fabrica la volandera és d'acer inoxidable, fet que proporciona una classe resistent a la humitat de classe 3, idònia per l'entorn en la que es situarà. Es col·locaran dues per cada conjunt caragol mascle femella, una en contacte amb el cap del mascle i l'altre en contacte amb el cap de la femella, tal com s'indica en els plànols del projecte.



Il·lustració 105: Volandera

Font: SIMPSON Strong-Tie.

A l'annex 7 del present projecte s'adjunta la fitxa tècnica de la volandera emprada.

- Pel que fa la fixació del quartó transversal al penjador, el fabricant recomana que es realitzi amb els claus de fusta Simpson CNA 4.0x50S. A més a més, asseguruen una resistència a la humitat de classe 3.



Il·lustració 106: Clau de fusta emprat.

Font: SIMPSON Strong-Tie.

A l'annex 5 del present projecte s'adjunta la fitxa tècnica del tipus de clau emprat.

- El fet d'emprar els elements de fixació establerts pel fabricant del penjador es dona validesa a la Taula 50. Amb la qual cosa si els valors de la taula es comparen amb els resultats de valor màxim obtinguts en les bigues transversals en els diferents casos de simulacions es pot arribar a la conclusió que el penjador seleccionat amb els corresponents elements de fixació emprats resisteixen més que de sobres als casos de càrrega donats. Per arribar a aquesta conclusió, la relació de conceptes entre la Taula 50 i l'annex 2 és que R_{4k} correspon a força axial, R_{1k} i R_{2k} a Cortante 1, i R_{3k} a Cortante 2.

5.5.4. Unió jàssera-fonamentació

Per la unió entre les jàsseres i la fonamentació garantirà un suport de tipus simple tal com s'ha considerat en les simulacions realitzades. Aquesta característica es garantirà únicament si les jàsseres es deixen simplement suportades per la fonamentació. Entre les jàsseres i la fonamentació es col·locaran tires elastomèriques de neoprè que adaptaran les irregularitats de la fonamentació a la jàssera. La fonamentació disposarà de buits a mode de guia per realitzar un encaix de les jàsseres, considerant sempre les dilatacions dels

materials. El mateix pes de l'estructura junt amb la fricció del neoprè i la geometria de la fonamentació serà suficient per a subjectar la passarel·la.

Pel dimensionament de les sabates s'encarregarà un arquitecte extern que desenvoluparà un segon projecte de fonamentació a partir de les dades del present projecte i un estudi geològic de la zona. També s'encarregarà de dimensionar la junta electromèrica a causa que aquest factor ve definit per la geometria de la sabata. L'única condició que l'arquitecte a de garantir és que les sabates de la passarel·la resisteixin els valors màxims de les forces que es donen en les jàsseres, resultat de les simulacions, que s'adjunten a l'annex 2 d'aquest projecte.



Il·lustració 107: Junta elastomèrica de neoprè.

Font: Facultat d'enginyeria U.B.A.

5.6. Conclusions de l'anàlisi estructural

La passarel·la s'ha dissenyat per a que tots els materials disposin d'una classe resistent a la humitat de classe 3. Per assegurar una resistència estructural adequada a de la passarel·la la fusta emprada és una fusta d'abet gl 24 h de classe 3. Pel que fa la configuració dels elements estructurals, s'ha decidit col·locar dues jàsseres principals que van d'un extrem de la passarel·la fins a l'altre, amb un entramat lleuger fixat entre les dues jàsseres.

L'entramat lleuger permet donar rigidesa a l'estructura i baixar el centre de gravetat de la secció de la passarel·la i en conseqüència augmentar el moment de bolcada necessari per a la destrucció d'aquest. L'entramat lleuger es consta de tres nivells. Cada nivell ha sigut dimensionat amb càlculs analítics i optimitzat per prova i error en un full de càlcul del programa informàtic Microsoft Excel a partir dels casos de càrrega plantejats. El nivell superior correspon als taulers, el nivell entremig als quartons longitudinals i el tercer nivell correspon als quartons transversals. Els casos de càrrega s'han realitzat a partir del document IAP-11 i les condicions d'anàlisi a partir del document CTE-DB-SE-M.

La unió entre els taulers i els quartons longitudinals es realitza amb tirafons de fusta, la unió entre els quartons longitudinals amb els quartons transversals s'efectua per encaix i

la unió entre els quartons transversals i les jàsseres mitjançant penjadors de biga. Cadascuna d'aquestes unions és dimensionada i verificada per assegurar la seva resistència de cara a les hipotètiques condicions de càrrega. Es necessari remarcar que el dimensionament de les sabates i de les juntes elastomèriques l'haurà de realitzar un arquitecte a partir d'un estudi geològic del terreny i del present projecte, efectuant un segon projecte complementari a aquest. Per dimensionar les jàsseres s'ha aprofitat la comprovació de la passarel·la sencera enfront de les condicions de càrrega plantejats a causa de la complexitat de la verificació. La verificació de la passarel·la sencera s'ha efectuat a partir de la modelització d'aquesta amb ajuda del programa informàtic Solidworks.

Els resultats obtinguts de les simulacions realitzades han sigut satisfactoris, per tant, la vida útil de la passarel·la s'estipula a 100 anys.

6. Impacte ambiental

Tant a la fase d'execució com durant l'explotació del projecte, es produiran impactes sobre els factors que componen el medi físic i soci-econòmic. El grau d'importància dels mateixos no només depèn de la magnitud de les accions, sinó que entra en joc la fragilitat de l'element considerat i les seves característiques, entenent per fragilitat el mèrit que presenta cada factor per ésser conservat.

En funció de la descripció del medi físic i soci-econòmic que s'ha realitzat, s'identifica com a factor ambiental més fràgil, el propi ecosistema. Els factors referits de l'ecosistema són els següents:

- Sòl.
- Aigües superficials i subterrànies.
- Vegetació i fauna.
- Paisatge

En principi, la presència i funcionament del conjunt de les obres projectades, resulta altament positiva. No obstant, l'absència d'experimentació pel que fa referència als efectes que pot produir l'actuació prevista, aconsella l'elaboració d'un acurat Pla de Seguiment que confirmi l'eficàcia ambiental, global, o pel contrari, pugui detectar les possibles situacions adverses i dictamini les mesures a prendre, en cas necessari.

6.1. Identificació d'impactes

L'impacte de l'activitat de construcció i ús durant l'explotació es determina tenint en compte les qualitats intrínseques del territori, qualitat i fragilitat. En el present estudi, l'anàlisi dels impactes s'ha portat a terme mitjançant el model següent:

- Impactes en fase de construcció
 - Impactes sobre la geologia
 - Impactes sobre les aigües
 - Aigües superficials
 - Aigües subterrànies
 - Impactes sobre comunitats biològiques
 - Vegetació
 - Fauna
 - Impactes sobre el paisatge
 - Impactes sobre la qualitat de l'aire (producció de pols)
 - Impactes sobre el nivell sonors (producció de sorolls)
 - Impactes soci-econòmics

- Impactes en fase d'exploració
 - Qualitat de les aigües subterrànies i superficials
 - Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.
 - Soroll emès com a conseqüència del funcionament de les instal·lacions projectades.
 - Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.
 - Generació de residus.

6.2. Avaluació d'impactes

Un cop identificats els impactes, es procedeix a la seva caracterització i valoració emprant criteris referents a la seva naturalesa, magnitud, reversibilitat, etc.

A partir de la llei 21/2013 de 9 de desembre d'evaluació ambiental i amb ajuda del Reial Decret 1131/1988, de 30 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament per a l'execució del Reial Decret Legislatiu 1302/86, de 28 de juliol, d'Avaluació d'Impacte Ambiental, s'estableix un sistema per tal d'avaluar els impactes detectats seguint la terminologia que s'exposa a continuació:

- **Efecte notable o mínim (A o A1).**

L'efecte notable (A), és aquell que es manifesta com una modificació del medi ambient, dels recursos naturals o dels seus processos fonamentals de funcionament, que produeixi o pugui produir en el futur repercussions apreciables sobre els mateixos. S'exclouen, per tant, els efectes mínims.

L'efecte mínim (A1) és aquell que pot demostrar-se que no és notable.

- **Efecte positiu o negatiu (B o B1).**

L'efecte positiu (B) és aquell admès com a tal, tant per la comunitat tècnica i científica com per la població en general, dins el context d'una anàlisi completa de costos i beneficis genèrics i de les externalitats de l'actuació contemplada.

L'efecte negatiu (B1), és aquell que es tradueix en pèrdua de valor naturalístic, estètic-cultural, paisatgístic, de productivitat ecològica, o en increment dels perjudicis derivats de la contaminació, de l'erosió o colmatació i demés riscos ambientals en discordança amb l'estructura ecològica-geogràfica, el caràcter i la personalitat d'una localitat determinada.

- **Efecte directe o indirecte (C o C1).**

L'efecte directe (C) és aquell que té una incidència immediata en qualsevol aspecte ambiental.

L'efecte indirecte o secundari (C1) és aquell que suposa una incidència immediata respecte a la interdependència o, en general, respecte a la relació d'un sector ambiental amb un altre.

- **Efecte simple, acumulatiu o sinèrgic (D, D1 o D2).**

L'efecte simple (D) és aquell que es manifesta sobre un únic component ambiental, o bé la seva manera d'accionar és individualitzada, sense conseqüències en la inducció de nous efectes, ni en la seva acumulació, ni en la seva sinergia.

L'efecte acumulatiu (D1) és aquell que al perllongar-se en el temps l'acció de l'agent inductor, incrementa progressivament la seva gravetat, al manca els mecanismes de l'eliminació amb efectivitat temporal similar a la de l'increment de l'agent causant del problema.

L'efecte sinèrgic (D2) és aquell que es produeix quan l'efecte conjunt de la presència simultània de diferents agents suposa una incidència ambiental major que l'efecte suma de les incidències individuals contemplades aïlladament. Tanmateix, s'inclou en aquest tipus aquell efecte en el que la seva manera d'acció indueix en el temps l'aparició d'altres nous.

- **Efecte a curt, mitjà i llarg termini (E, E1 o E2).**

És aquell en que la seva incidència pot manifestar-se, respectivament, en un termini de temps comprès en un cicle anual (E), abans de cinc anys (E1) o en un període superior (E2).

- **Efecte permanent o temporal (F o F1).**

L'efecte permanent (F) és aquell que suposa una alteració indefinida en el temps de factors d'acció predominant a l'estructura o a la funció dels sistemes de relacions ecològiques o ambientals presents en l'indret.

L'efecte temporal (F1) és aquell que suposa una alteració no permanent en el temps, amb un termini temporal de manifestació que pot estimar-se o determinar-se.

- **Efecte reversible o irreversible (G o G1).**

L'efecte reversible (G) és aquell en el qual l'alteració que suposa pot ser assimilada per l'entorn de forma mesurable, a mig plaç, a causa del funcionament dels processos naturals de la successió ecològica, i dels mecanismes d'autodepuració del medi.

L'efecte irreversible (G1) és aquell que suposa la impossibilitat, o la "dificultat extrema", de retornar a la situació anterior a l'acció que el produeix.

- **Efecte recuperable o irrecuperable (H o H1).**

L'efecte recuperable (H) és aquell en el qual l'alteració que suposa pot eliminar-se, bé per l'acció natural, bé per l'acció humana, i, tanmateix, aquell en el qual l'alteració que suposa pot ser substituïble.

L'efecte irrecuperable (H1) és aquell en el qual l'alteració o pèrdua que suposa és impossible de reparar o restaurar, tant per acció natural com per la humana.

■ **Efecte periòdic o d'aparició irregular (I o I1).**

L'efecte periòdic (I) és aquell que es manifesta amb un tipus d'acció intermitent i continua al llarg del temps.

L'efecte d'aparició irregular (I1) és aquell que es manifesta de manera imprevisible en el temps i del qual és precís avaluar les seves alteracions en funció d'una probabilitat de manifestació, principalment en aquelles circumstàncies no periòdiques ni contínues, però de gravetat excepcional.

■ **Efecte continu o discontinu (J o J1).**

L'efecte continu (J) és aquell que es manifesta amb una alteració constant en el temps, acumulada o no.

L'efecte discontinu (J1) és aquell que es manifesta a través d'alteracions irregulars o intermitents en la seva permanència.

Globalitzant aquesta caracterització i coneguts els tipus d'impactes i les seves característiques més significatives, es pot realitzar la valoració qualitativa de l'impacte pròpiament dit. L'expressió de tal valoració, malgrat ser difícilment aplicable a impactes que no siguin clarament ecològics, s'ha concretat en la següent escala, segons el RDL 1311/89 que aprova el Reglament de desenvolupament del RDL 1302/86 de 28 de Juny, d'Avaluació d'Impacte Ambiental:

- **IMPACTE AMBIENTAL COMPATIBLE:** Aquell la recuperació del qual és immediata després del final de l'activitat, i no necessita pràctiques protectores o correctores.
- **IMPACTE AMBIENTAL MODERAT:** Aquell la recuperació del qual no necessita pràctiques protectores o correctores intenses, i en el qual la consecució de les condicions ambientals inicials requereix cert temps.
- **IMPACTE AMBIENTAL SEVER:** Aquell en qual la recuperació de les condicions del medi exigeix l'adequació de mesures protectores o correctores, i en el qual, malgrat amb aquestes mesures, aquella recuperació requereix un període de temps dilatat.
- **IMPACTE AMBIENTAL CRÍTIC:** Aquell la magnitud del qual és superior al llindar acceptable. Es produeix amb ell una pèrdua permanent de la qualitat de les condicions ambientals, sense recuperació possible, inclús amb l'adopció de mesures protectores o correctores.

Caracteritzats i avaluats els impactes, es defineixen, per a cada impacte qualificat com a MODERAT o SEVER, les mesures correctores que poden minimitzar-los.

6.2.1. Fase de construcció

A continuació es procedeix a la descripció dels impactes més significatius ocasionats al llarg de la fase de construcció del pont.

6.2.1.1. Impacte sobre la geologia

6.2.1.1.1. Alteracions sobre la geomorfologia

Les accions que poden produir impactes sobre aquest factor, es presenten únicament en la fase de construcció.

L'actuació més pertorbadora serà el moviment de terres que pot originar tota una sèrie d'accions susceptibles a provocar impactes diversos. Entre aquestes actuacions cal destacar:

- Desbrossada del terreny.
- Excavacions i replens.
- Elecció de zones d'abocament, aplec o préstecs.

En el cas estudiat, el volum d'excavació ascendeix aproximadament a 1000 m³. D'aquest volum de terres, la major part, són terres sobrants, essent necessari el transport del material cap a abocador autoritzat. Només es conservaran per a la seva distribució posterior, les partides de roca de similars característiques a les que afloren actualment, per ajudar a la millor uniformitat paisatgística, una vegada acabades les obres principals. Serà necessària l'aportació de terres de préstec, d'uns 500 m³, aproximadament.

Pel que respecta als riscos geològics l'impacte es caracteritza, segons el quadre adjunt, com:

NOTABLE	X	MÍNIM	
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 51: Valoració dels impactes sobre la geomorfologia.

Font: Pròpia.

L'impacta s'ha classificat com a MODERAT, essent necessari l'aplicació de mesures correctores.

6.2.1.1.2. Riscs d'erosió dels talussos generats

Com a conseqüència de l'alteració geomorfològica, donat que es realitzaran aplecs, s'obriran rases, etc., complementat amb una eliminació de la coberta vegetal, es produirà un risc d'erosió dels talussos recentment generats.

Els talussos resultants del moviment de terres dins de la zona on s'efectuarà la construcció, suposen l'aparició de terraplens i desmuntats, tots amb pendent 3H/2V, i en quant als talussos generats amb la construcció del camí d'accés a la construcció també tindran pendents 3H/2V. Per les característiques geotècniques dels materials presents a la zona, en principi, els talussos resultants seran estables. Per tot això l'impacta s'avalua segons el quadre adjunt:

NOTABLE	X	MÍNIM	
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE		ACUMULATIU	X
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 52: Valoració dels riscos d'erosió dels talussos generats.

Font: Pròpia.

La magnitud de l'impacte es pot classificar de MODERAT.

6.2.1.1.3. Pèrdua de sòl

La nova construcció s'ubicarà en un terreny actualment amb poques restes de l'arbrat original. El mateix passa amb el camí d'accés, el traçat del qual ja s'ha estudiat per evitar impactes a la vegetació existent. No son doncs rellevants les pèrdues d'un futur sol conreable.

L'anàlisi de l'impacta permet classificar-lo doncs, com:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
CONTINU	X	DISCONTINU	

Taula 53: Valoració de l'impacta en pèrdues de sòl.

Font: Pròpia.

En el moment de l'execució de les obres, s'haurà de realitzar un càlcul de les superfícies que han de ser revegetades, estimant-se la quantitat de terra vegetal que s'haurà de conservar separada de la resta de terres, en cordons o piles inferiors a 1,5 m, i que es mantindrà adientment. Les recomanacions de conservació de la terra vegetal es desenvolupen en el capítol corresponent a les mesures correctores

6.2.1.2. Impacte sobre les aigües

6.2.1.2.1. Aigües superficials

Les obres suposaran un desplaçament continu de personal i maquinària, que sense les mesures correctores adients poden afectar directament als recursos d'aigua de la zona o sobre els sòls. La contaminació pot tenir diferents procedències:

- Abocaments de restes de formigó, procedents de la neteja de les cubes formigoneres, etc.
- Abocaments d'aigües residuals, procedents del rentat de la maquinària.
- Abocament d'olis i lubricants procedents del manteniment de la maquinària.
- Altres

L'avaluació dels impactes sobre les aigües superficials quedaria reflectida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE		ACUMULATIU	X
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 54: Valoració de l'impacte en aigües superficials.

Font: Pròpia.

Els efectes que es podrien produir sobre les aigües superficials serien immediats, tractant-se d'un impacte que es podria classificar de MODERAT si no s'adopten mesures preventives durant l'execució de les obres, i no s'aposta per la formació ambiental del personal operari.

6.2.1.2.2. Aigües subterrànies

Els tipus d'alteracions que poden originar les obres sobre les aigües subterrànies, seran de la mateixa natura que l'especificat en el capítol referent a les aigües superficials. Les infiltracions de contaminants al sòl no tan sols afectarien al terreny, sinó també als aqüífers de la zona.

Els efectes negatius tindrien una repercussió immediata, temporal i d'aparició a curt termini, tractant-se d'un impacte que, en aquest cas, es classifica com a MODERAT.

6.2.1.3. Impactes sobre les comunitats biològiques

6.2.1.3.1. Vegetació

Les alteracions que les obres projectades produiran sobre la vegetació, es concentren exclusivament en la fase de construcció.

La desbrossada i el moviment de terres provocarà la desaparició de la coberta vegetal sobre la superfície afectada per la construcció del pont i el camí d'accés.

En general, la desaparició de la vegetació de la superfície considerada, no afectarà a cap comunitat d'especial valor o singularitat.

Per tant, l'avaluació dels impactes sobre la vegetació queda definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 55: Valoració de l'impacta en la vegetació.

Font: Pròpia.

L'impacta s'ha classificat com a MODERAT, essent necessari l'aplicació de mesures correctores, però sobretot mesures de tipus preventiu.

6.2.1.3.2. Fauna

Les alteracions que l'obra projectada produirà sobre les comunitats animals existents en la zona d'estudi es concentren, fonamentalment, en la fase de construcció.

Durant aquesta fase, les accions del projecte susceptibles de produir majors impactes seran les de desbrossada que impliquen la desaparició de la coberta vegetal.

La maquinària pesada, així com la infraestructura auxiliar que comporta els moviments de terra, produiran temporalment uns nivells de sorolls i una generació de pols que afectaran a la fauna existent, originant un desplaçament d'animals que empobriran les zones properes a la construcció, mentre durin les obres. Tot i així, donades les característiques de les comunitats afectades i la grandària de la superfície de la parcel·la, l'impacta es pot considerar de baixa magnitud.

Així doncs, l'avaluació dels impactes queda definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREGULAR	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 56: Valoració de l'impacta en la fauna.

Font: Pròpia.

L'impacta es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessària l'aplicació de mesures correctores, donat que la fauna desplaçada es recuperarà per si sola un cop finalitzades les obres.

6.2.1.4. Impacte sobre el paisatge

El concepte de paisatge està lligat a la percepció, entenent com a elements bàsics de la percepció els següents punts:

- El paisatge o composició de formes naturals i antròpiques.
- La visibilitat o zona de visió física entre observador i paisatge.
- L'observador i la seva posició respecte al seu entorn, que li proporciona diferents perspectives.
- La interpretació sobre el contingut i el significat de l'escena.

La utilització i el moviment de maquinària, així com l'ocupació del sòl amb abocadors temporals, l'emmagatzematge de materials, l'obertura de rases per les canalitzacions, etc., disminuiran la qualitat visual de l'entorn de les obres.

Durant la fase de construcció, la principal conseqüència que l'execució de les obres tindrà sobre el paisatge, és l'impacta visual que els moviments de terres suposaran sobre l'entorn. Aquestes alteracions estaran minimitzades donat que els moviments de terres seran de caràcter temporal, reconstituïnt-se les condicions topogràfiques de la zona, un cop finalitzades les obres.

L'anàlisi de l'impacta queda definida segons el quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 57: Valoració de l'impacta sobre el paisatge.

Font: Pròpia.

En base a la qualitat visual de la zona, l'impacta es pot classificar com a MODERAT, essent necessari aplicar mesures correctores d'integració a l'entorn.

6.2.1.5. Impactes sobre els nivells sonors (producció de sorolls)

En quant al soroll emès per la maquinària treballant, s'estima per a distància d'uns 15 m els següents valors:

Eina:	Soroll:
Tronçadora de taula per a fusta	105 dB
Esmeriladora radial portàtil	105 dB
Pistoles fixaclus d'impacte	150 dB
Pala carregadora de pneumàtics	84-90 dB
Tractor d'orugues	100 dB
Pala carregadora d'orugues	95-100 dB
Mototrailla	105 dB
Martell perforador	110 dB
Grua autoportant	90 dB
Excavadora	95 dB
Camions i dumpers	80 dB
Esmeriladora de peu	60-75 dB
Martell pneumàtic (a l'aire lliure)	94 dB
Martell pneumàtic (en recinte tancat)	103 dB
Formigonera mitjana > 500 lts.	60 dB
Formigonera petita < 500 lts.	72 dB
Equip de clavar pilots (a 15 m de distància)	82 dB
Compressor	82-94 dB

Taula 58: Soroll emès per les màquines treballant a una distància de 15m.

Font: Reparació danys Pont del Petroli, Annex 05. Seguretat i salut. Memòria, Enginyers Reventos .

No obstant, aquesta afecció, que es produirà durant la fase d'obres, es considera de caire temporal i reversible, ja que quan acabi l'actuació, acabarà el seu efecte. D'altra banda, no hi ha cap edificació habitat a una distància inferior a 200 m de la zona de les obres.

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREG.	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 59: Valoració de l'impacta sonor.

Font: Pròpia.

L'impacta es classifica com a COMPATIBLE ja que, un cop finalitzades les obres, cessarà l'impacta.

6.2.1.6. Impactes sobre la qualitat de l'aire.

En funció de la procedència de la pols generada a l'obra, es poden diferenciar dos grups d'emissors:

Puntuals:

Lineals. Com són les pistes de circulació de vehicles. S'estima que el seu factor d'emissió és aproximadament 0,25-0,69 kg/km recorregut.

Mòbils. Com els tubs d'escapament, sota condicions normals de combustió, un motor diesel emet un 73% de nitrògen, 13% de diòxid de carboni i un 44% de vapor d'aigua.

Fixes. Com té lloc al carregar un volquet amb una excavadora, que presenta un factor d'emissió més gran a 0,5 kg/Tn, o de descarregar un volquet, que presenta un factor d'emissió de 0,00017-0,02 kg/Tn.

Difuses: Com és la superfície de les graveres, abocadors o pedreres sense revegetar.

L'anàlisi de l'impacte queda caracteritzada al quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE		ACUMULATIU	X
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREG.	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 60: Valoració de l'impacte sobre la qualitat de l'aire.

Font: Pròpia.

La pols generada per les obres de la nova construcció crearà impactes sobre la vegetació. No es previsible que afectin les zones urbanes situades a més de 200 m de les obres. Tenint en compte que poden aplicar-se nombroses tècniques de minimització i correcció d'aquest impacte, es valora, doncs, com a COMPATIBLE amb l'entorn, sempre que s'apliquin les pertinents mesures preventives i correctores.

6.2.1.7. Impacte socio-econòmics

Durant la fase de construcció s'emetran partícules de pols, i s'incrementaran els nivells sonors, que provocaran molèsties a la població més propera. Tanmateix, el pas de maquinària mentre durin les obres, així com l'alteració temporal del paisatge que es produirà, poden originar molèsties als habitants de la zona.

L'impacte es classifica com a COMPATIBLE, quedant la seva avaluació definida de la següent manera:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREG.	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 61: Valoració de l'impacte social.

Font: Pròpia.

Per altra banda, el desenvolupament de la fase de construcció pot precisar mà d'obra local. L'efecte d'aquesta activitat sobre la població serà temporal, directa i immediata, considerant-se en aquest cas, un efecte POSITIU, al incrementar la demanda d'actius.

En aquest sentit, les obres de construcció poden classificar-se com a COMPATIBLES amb l'entorn i l'avaluació de l'impacte queda reflectida tal i com segueix:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU	X	NEGATIU	
DIRECTE	X	INDIRECTE	

Taula 62: Valoració de l'impacte econòmic.

Font: Pròpia.

6.2.1.8. Gestió de residus

Durant la fase de construcció s'originaran una sèrie de residus de diferent procedència que s'hauran de gestionar correctament. Alguns d'aquests residus generats són les terres sobrants, les restes de formigó, i altres com restes vegetals, olis provinents del manteniment de la maquinària, plàstics, piles, etc.

La manipulació dels residus generats, el sistema de recollida i el seu destí definitiu, seran accions susceptibles a provocar impactes si no es gestionen i organitzen convenientment.

L'avaluació de l'impacte queda segons el quadre següent:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT		TEMPORAL	X
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	
PERIÒDIC		APARICIÓ IRREG.	X
CONTINU		DISCONTINU	X

Taula 63: Valoració de l'impacte en la gestió de residus.

Font: Pròpia.

Podem considerar, doncs, l'impacte com a COMPATIBLE, no essent necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.2.2. Fase d'exploració

Els objectius que es persegueixen amb la construcció del pont són de caràcter positiu donada la millora que representarà en la infraestructura de comunicació per a vianants en la zona nord-oest de Pineda de Mar.

Tot i així, a continuació es procedeix a la descripció dels impactes més significatius ocasionats durant la fase d'exploració dels elements que constitueixen al seu us:

6.2.2.1. Qualitat de les aigües subterrànies i superficials

No es produirà cap tipus d'afectació. Es tracta doncs, d'un impacte que es pot classificar com a POSITIU. L'avaluació queda establerta de la següent manera:

NOTABLE	X	MÍNIM	
POSITIU	X	NEGATIU	
DIRECTE	X	INDIRECTE	

Taula 64: Valoració de l'impacte en la qualitat de les aigües subterrànies i superficials.

Font: Pròpia.

6.2.2.2. Qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.

L'impacte més destacat el contribueix la pròpia estructura del pont. Aquest es visible des de les zones pròximes i també des de la carretera Passeig d'Hortsavinyà. Per aquest motiu el projecte ja s'ha desenvolupat per minimitzar aquests efectes. D'una banda, s'ha aprofitat al màxim la possibilitat de fer el pont a nivell de les esplanades colindants. En cap cas es sobrepassa visualment l'altura mitjana d'un adult. El pont es construirà amb elements de fusta i ferro amb colors marronosos i negres de tal manera que s'inserti en una estètica rural i es camufla i s'integra amb el fons on es projecta visualment.

El projecte preveu l'adequació i ajardinament de la part afectada, amb la plantació d'espècies vegetals del mateix tipus de les que encara resten en la muntanya, i arbres (pins i alzines), col·locats estratègicament per fer de pantalla vegetal des dels punts de vista més sensibles. Tots els petits talussos i desmunts, tant del dipòsit com els que es generin en la preparació del camí d'accés, es sembraran per fer-los menys visibles, al temps que ajudi a protegir-los de eventuais erosions.

Especial atenció s'ha tingut en l'apartat de la protecció de les roques que afloren sobre el terreny, i que són una característica del paisatge dels voltants de la riera de Pineda de Mar. Les roques, actualment soterrades, que puguin sortir durant les excavacions, es guardaran per distribuir-les en les zones colindants i petits desmunts, per ajudar a la seva integració visual.

El camí s'ha traçat de manera que quedin afectades el mínim possible, amb rasants que eviten haver-les de tocar. Aquest traçat, tot i perjudicar els pendents i l'accessibilitat còmoda de maquinària, s'ha fet amb la mínima llargada possible per evitar al màxim la seva visió.

Així doncs aplicant les mesures correctores pertinents podem classificar l'impacte com a COMPATIBLE

L'anàlisi de l'impacte es detalla a la següent taula.

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 65: Valoració de l'impacte sobre la qualitat visual per la presència d'estructures o edificacions.

Font: Pròpia.

6.2.2.3. Soroll emès com a conseqüència del funcionament de la construcció

No es preveu l'emissió de sorolls per part de cap element construït, no obstant, el pas del aire per l'estructura del pont pot realitzar algun petit soroll. En aquest cas, l'anàlisi determina que l'impacte és:

NOTABLE		MÍNIM	X
POSITIU		NEGATIU	X
DIRECTE	X	INDIRECTE	
SIMPLE	X	ACUMULATIU	
A CURT TERMINI	X	A MIG TERMINI	
PERMANENT	X	TEMPORAL	
REVERSIBLE	X	IRREVERSIBLE	
RECUPERABLE	X	IRRECUPERABLE	

Taula 66: Valoració de l'impacte sobre el soroll emès.

Font: Pròpia.

L'impacte es classifica com a COMPATIBLE i no serà necessari aplicar les mesures

6.2.2.3. Qualitat de l'aire per l'emissió d'olors.

No és previsible l'emissió de cap tipus d'olor. En aquest cas l'impacte es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessàries mesures correctores.

6.2.2.4. Generació de residus.

No és previsible la generació de cap tipus de residu. En aquest cas l'impacte es pot classificar com a COMPATIBLE, no essent necessàries mesures correctores.

6.3. Mesures preventives, compensatòries i correctores recomanades.

Continuant amb l'exposat a la metodologia general i responent a la finalitat del present estudi, s'han elaborat, en funció del medi afectat i de les causes originades dels impactes, una sèrie de mesures correctores dels mateixos, preventives en molts casos, pal·liatives en altres, que tendeixen sempre a minimitzar els aspectes negatius o, en última instància, a compensar la carència induïda.

Aquestes mesures es basen en l'anàlisi detinguda de la conformació dels impactes, per a incidir a les primeres fases de la seva generació, a l'objecte de que, a més de reduir les conseqüències negatives, disminueixin els costos d'operació i, sobre tot, els de restauració.

A partir de l'anàlisi dels impactes, s'observa que sobre un mateix factor ambiental poden incidir diverses causes agents amb idèntiques conseqüències, i que poden minimitzar-se amb l'aplicació d'una mateixa mesura correctora, o bé, una mateixa pot incidir sobre diversos factors, amb diferents conseqüències, podent-se corregir amb una sola acció minimitzadora.

S'han establert tres tipologies de mesures:

- Mesures precautòries, preventives i/o protectores: Aquest tipus de mesures són les aplicables, bé sobre l'activitat, ja que modificant les característiques de l'actuació es pot minvar l'agressivitat de la mateixa, o bé sobre el factor o factors potencialment alterats, en un intent de minvar la seva fragilitat. Per tant, les mesures incloses en aquest grup eviten l'aparició d'un impacte o disminueix la seva intensitat "a priori", i s'han d'adaptar prèviament a l'aparició del mateix.
- Mesures compensatòries: Es tracta de normes o actuacions aplicables quan un impacte és inevitable o de difícil correcció, que tendeixen a compensar l'efecte negatiu d'aquest, mitjançant la generació d'efectes positius relacionats amb el mateix. En altres casos pot tractar-se d'accions que aprofiten la potencialitat d'un recurs o del territori, de forma que es generin beneficis addicionals.
- Mesures correctores: Són les necessàries per a minimitzar o corregir impactes ja originats, en un intent de recuperar l'estat inicial o, al menys, minvar la magnitud de l'efecte.

6.3.1. Mesures preventives

S'han identificat com a mesures preventives una sèrie de recomanacions i actuacions enfocades a la minimització d'impactes generats per l'emissió de substàncies contaminants al medi.

A continuació es presenten les consideracions més importants:

6.3.1.1. Fase de construcció

6.3.1.1.1. Moviment general de terres

No s'ocuparà més sòl del necessari, per això se senyalitzaran, mitjançant tancament o altres, els accessos, de manera que tot el trànsit i maniobres es realitzin dins de la zona acotada per les mateixes. Tanmateix, es procedirà a l'establiment de les mesures de seguretat i salut en el treball per tal d'evitar accidents, principalment durant la nit.

Establir una correcta planificació de les obres i apostar per la formació ambiental del personal operari, principalment dels encarregats dels equips d'obra, constitueixen unes de les millors mesures a aplicar en aquest sentit.

Es donarà preferència a la utilització com a zones d'aplec temporal de terres i espais d'abocadors de materials sobrants, terrenys degradats o camps abandonats, evitant, sempre que sigui possible, àrees forestals o terrenys propers a cursos d'aigua. S'aconsella que aquestes zones estiguin acotades i controlades per evitar contaminacions fora de les àrees restringides per aquest ús.

Quan el material procedent de les excavacions sigui insuficient o no pugui utilitzar-se per a reompliments donat que no compleix les especificacions assenyalades en el PG-3, respecte a ser un sòl tolerable, adient o seleccionat, es procedirà a la utilització de terres procedents de préstec. Es recomana que aquesta aportació sigui de pedreres existents o indrets de poc valor ecològic, seguint les mateixes recomanacions pels abocadors i els aplecs temporals. Aquesta mesura evitarà que l'activitat extractiva afecti als recursos hídrics, tant superficials com subterranis.

Un altre aspecte relacionat amb els moviments de terra serà la recuperació i aprofitament de la capa de terra vegetal existent, mitjançant el decapatge dels últims centímetres més superficials del sòl (20 ó 30 cm, horitzó A), amb el seu posterior aplec en cordons o piles d'alçada inferior a 1,5 m. Es realitzaran totes les operacions necessàries de conservació i millora de les seves característiques: oxigenació, adobat, sembra, incorporació de matèria orgànica, etc., fins la seva reutilització posterior. La ubicació dels aplecs s'haurà de realitzar en zones apartades per evitar el trepig de vehicles i maquinària pesada procedent de l'obra. El manteniment de les terres vegetals servirà per potenciar el creixement de les espècies vegetals escollides per l'ajardinament de les zones verdes.

S'hauran de preveure els possibles problemes d'estabilitat dels talussos resultants del moviment de terres i dels fenòmens d'erosionabilitat del sòl per factors hídrics i climàtics. En aquest cas, l'afecció serà mínima donat que es tracta de terrenys que suporten els talussos dissenyats.

L'elecció de zones d'ubicació del parc de maquinària i l'equip del formigó projectat, es realitzarà preferentment, en espais allunyats de cursos d'aigua i sobre àrees d'escàs valor biològic. En aquestes zones, s'aplicaran les mesures correctores de recollida d'olis i lubricants procedents de la reparació de maquinària, per exemple mitjançant l'establiment d'arquetes estanques de recollida. Per les formigoneres, s'establiran basses de decantació

per la neteja de formigons sobrants, que posteriorment seran netejades, portant els residus generats a abocadors autoritzats.

6.3.1.1.2. Hidrologia

Per evitar impactes sobre la qualitat de les aigües, així com sobre la vegetació i fauna associada, tan sols es creuaran els passos naturals d'aigua pels camins existents actualment. Així mateix, no es durà a terme cap operació de manteniment de la maquinària ni es repararà cap aparell en zones properes a passos natural d'aigua.

S'extremaran les precaucions per tal d'evitar la contaminació del subsòl o la filtració de substàncies contaminants que puguin afectar a les aigües subterrànies. En aquest sentit, es recomanen, tal i com s'ha comentat al punt anterior, les següents mesures preventives:

- Marcatge previ de les àrees d'actuació.
- Establiment del parc de maquinària allunyat de cursos d'aigua, procedint a la recollida ràpida d'olis i substàncies contaminants, de vessaments accidentals, etc.
- Aplegament de terres i altres materials de l'obra en zones allunyades de cursos d'aigua, per minimitzar l'aportació accidental de sòlids.

Per altra banda, una correcta planificació de les obres, que tingui en compte, a més a més dels aspectes constructius, els ambientals, evitaria, en molts casos, contaminacions innecessàries.

6.3.1.1.3. Vegetació

La principal mesura preventiva serà la correcta senyalització de les obres per evitar l'afecció, pel pas de vehicles y personal de l'obra, de més superfície de l'estrictament necessària.

6.3.1.1.4. Fauna

Respecte a la fauna, no s'estableixen mesures preventives donat que les poblacions d'aus i mamífers de la zona es desplaçaran de l'àrea d'influència de les obres a altres més tranquil·les i seran recuperades un cop establertes les noves activitats.

6.3.1.1.5. Paisatge

A més de les mesures establertes en el punt referent als moviments de terres, per tal de minimitzar l'impacte que s'origina com a disminució de la qualitat visual del paisatge durant la construcció de les diferents estructures, es procurarà escollir indrets amagats de vistes per l'emmagatzematge de materials, la utilització de maquinària i l'elecció d'abocadors.

Es proposa que el disseny de l'estructura sigui el més integrat possible a la zona. Per això, es recomana la utilització de materials i colors que no contrastin excessivament amb l'estètica de la zona.

6.3.1.1.6. Soroll

Tot i que els habitatges de la zona estan a més de 200 m, es recomana l'execució de les obres en horaris que provoquin la mínima afecció sonora possible, és a dir, les diürnes (laborables de 8:00 a 20:00 hores).

6.3.1.1.7. Pols

El pas de maquinària pesada generarà pols en la zona de les obres, per la qual cosa s'aconsella el reg periòdic de pistes i accessos (principalment en èpoques seques).

Així mateix, es recomana el control de les emissions dels motors diesel, mitjançant depuradores catalítiques, filtres, etc. En aquest cas, la revisió periòdica dels vehicles relacionats amb les obres serà una de les mesures preventives més adients.

6.3.1.1.8. Residus

Les restes vegetals s'hauran de transportar a la planta comarcal de compostatge.

Com ja s'ha indicat, la gestió dels abocaments i escombraries generats en fase de construcció, es realitzarà portant-los a abocadors controlats i en indrets autoritzats.

Es prendran les precaucions oportunes durant el transport, manipulació i eliminació dels residus; especialment amb les restes de formigó dels camions cuba, que s'abocaran en indrets específics i mai en zones no autoritzades.

6.3.1.1.9. Patrimoni cultural

Tot i que no es preveuen jaciments arqueològics afectats per les obres, durant les excavacions es tindrà cura d'observar el material extret, notificant a l'Administració competent l'aparició de qualsevol troballa sospitosa.

6.3.1.2. Fase d'exploració

6.3.1.2.1. Hidrologia

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.1.2.2. Vegetació i fauna

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.1.2.3. Soroll

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.1.2.4. Residus

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.1.2.5. Olors

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.2. Mesures correctores

6.3.2.1. Geologia

Un cop finalitzades les obres, es procedirà a la neteja de la zona afectada i a l'establiment d'una coberta vegetal, a base de la implantació d'espècies herbàcies, arbustives i arbòries, sobre les superfícies nues, que evitaran problemes d'erosió per factors climàtics.

6.3.2.2. Integració paisatgística

Es recomana la plantació preferentment amb espècies autòctones de la zona en aquells punts susceptibles de poder realitzar-se, amb la finalitat de minvar l'impacte en el paisatge produït per les edificacions.

S'hauran de recuperar els espais utilitzats com abocadors, aplecs i/o préstecs, mitjançant restauració topogràfica i a ser possible, l'establiment de plantacions per integrar la zona afectada per l'entorn.

Tal i com s'apuntava en el capítol de mesures preventives, per efectuar correctament la revegetació de les àrees destinades a l'ajardinament, es recomana la utilització de la capa de terra vegetal que s'haurà d'haver conservat correctament, donat que és rica en material vegetal de la zona. La terra vegetal s'estendrà sobre les superfícies de restauració amb un gruix mínim de 20 cm.

Per últim, la utilització de materials d'obra i de colors que s'integrin en el paisatge de la zona serà una altra de les mesures correctores a aplicar.

Tots els talussos i desmunts, que es puguin generar en la preparació del camí d'accés, es sembraran per fer-los menys visibles, al temps que ajudi a protegir-los de eventuais erosions.

6.3.2.3. Sorolls

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.3.2.4. Olors

No es preveu cap tipus d'afectació, i per tant no es considera necessària l'aplicació de mesures correctores.

6.4. Programa de vigilància ambiental

6.4.1. Objecte del programa

L'objecte del present Programa és establir les actuacions que s'haurien de realitzar pel control i seguiment de les mesures protectores, correctores i compensatòries dissenyades.

L'establiment d'un Programa de Vigilància Ambiental durant la fase d'execució de les obres y durant l'explotació, serà decisió de l'Òrgan Administratiu responsable.

En els següents apartats, es desenvolupen les tasques que haurien d'assolir els responsables ambientals en el cas de que es decidís establir un equip de control.

6.4.2. Desenvolupament del programa

6.4.2.1. Fases i durada del programa

El Programa de vigilància es dividirà en dues fases, de diferent durada:

Primera fase: Es correspondrà amb la fase d'execució del Projecte de Mesures Correctores, que s'estendrà des de la data de l'acta de replanteig fins a la de recepció de les obres.

Segona fase: S'engloba a la fase d'explotació de les obres, estenent-se durant 12 mesos des de l'acta de recepció de les obres.

6.4.2.2. Equip de treball

L'equip encarregat de portar a terme el present Programa estarà format per un titulat superior o de grau mitjà competent responsable del mateix, comptant amb un ajudant i amb la resta de personal que fos necessari per al seu correcte desenvolupament.

6.4.2.3. Tramitació d'informes

Els informes hauran de ser enviats a l'Òrgan Administratiu competent en matèria de Medi Ambient, que acreditarà el seu contingut i conclusions.

6.4.3. Primera fase: Pla de seguiment i control durant l'execució de les obres

6.4.3.1. Consideracions generals

En aquesta fase, el Programa de Vigilància se centrarà en el control del desenvolupament i execució de les mesures protectores, correctores i compensatòries projectades.

Si durant aquest període de construcció es detectessin afeccions no previstes al medi on s'emplacen les obres, l'Equip de Control i Vigilància haurà de proposar les mesures necessàries per a evitar-les o corregir-les.

6.4.3.2. Seguiment de mesures protectores o preventives

6.4.3.2.1. Control del moviment general de terres

Protecció dels valors arqueològics. Si durant la fase de moviments de terres es descobrissin valors arqueològics, l'Equip de Control i Vigilància informará a l'arqueòleg especialista el més aviat possible, qui determinarà les actuacions a adoptar per evitar la seva afecció. Tanmateix, es posará en coneixement de l'Administració perquè dicti les mesures oportunes.

Retirada i aplec de terra vegetal. Es controlarà que es retiri la terra vegetal en la profunditat assenyalada, evitant, de forma especial, excavacions en una major profunditat i s'aplegui de forma adequada, d'acord amb el Plec del Projecte, mantenint les seves propietats, a fi i efecte d'utilitzar-la en la restauració dels terrenys afectats per les obres.

6.4.3.2.2. Control de les àrees de moviment de maquinària

De forma paral·lela a l'acta de replanteig de les obres es delimitaran les zones de moviment de la maquinària, acotant-les si fos precís.

Es controlarà de forma exhaustiva el respecte d'aquestes àrees, havent de sol·licitar el Contractista autorització per a l'obertura de nous camins o l'ampliació de dita zona.

6.4.3.2.3. Control d'operacions sorolloses

Els sorolls generats durant la fase de construcció ocasionen uns impactes sobre la població pròxima, el personal de l'obra i la fauna de l'entorn.

A aquest respecte, s'haurà de controlar que els horaris d'execució d'activitats sorolloses s'efectuïn entre les 8 i 20 h com a norma general. Si es necessita realitzar treballs nocturns, el Contractista haurà de sol·licitar autorització escrita al responsable del present Programa.

6.4.3.2.4. Control de la qualitat de l'aire

Per evitar la generació de pols a conseqüència dels moviments de terres, s'hauran de regar les esplanades dels camins d'obra, segons s'indica en l'apartat de mesures correctores.

Es controlarà l'execució d'aquesta operació, així com els nivells de pols i partícules en suspensió, adequant les mesures als nivells mesurats.

6.4.3.2.5. Control dels residus

Es controlaran periòdicament els residus derivats de les activitats realitzades a les instal·lacions d'obra i parc de maquinària. Seran objecte d'especial control:

Canvis d'oli de maquinària. Es comprovarà que no es produeixin abocaments de forma incontrolada. Per això, s'exigirà un certificat del lloc final de destí d'aquests olis, que haurà d'ésser una indústria de reciclatge o d'eliminació de residus autoritzada.

Escombraries: Es comprovarà el destí de les escombraries generades a les obres, exigint-se un certificat del lloc de destí, que haurà d'ésser un centre de tractament de residus o abocador autoritzat. No s'acceptaran abocadors d'escombreries en l'àrea de les obres.

6.4.3.2.6. Control d'ubicació de pèrdues, zones de préstec, abocadors i zones d'aplec temporal

Es mantindrà un seguiment de l'explotació de les pedreres, de forma que es realitzi a les zones previstes i amb les profunditats assenyalades.

En cas de ser necessari utilitzar terres de préstec, prèviament al començament de l'extracció de materials, es controlarà l'adequat replanteig d'aquestes àrees.

Si durant l'execució de les obres fos precis ampliar aquestes zones, l'equip de control i vigilància serà l'encarregat de dictar les pautes per a evitar afeccions al medi.

Es controlarà que els materials sobrants són dipositats en els abocadors autoritzats, tal com proposa el present Estudi.

En cas de precisar-se altres abocadors per a terres sobrants, o zones d'extracció i préstecs, el Contractista haurà de sol·licitar una autorització que hauran d'acceptar:

- El Director de les obres.
- El responsable del present Programa.
- L'òrgan autonòmic competent.
- El responsable del municipi en què s'ubiqui.
- El propietari, en cas d'ésser un terreny privat.

Amb la sol·licitud de la concessió, s'haurà d'acompanyar una memòria sobre Impacte Ambiental i un Projecte de restauració ambiental, un cop s'hagi finalitzat l'explotació, que serà revisat per l'Equip de Control i Vigilància.

De forma prèvia a l'abocament, es procedirà al replanteig de la zona d'abocament, havent de vigilar-se que aquesta sigui respectada.

6.4.3.2.7. Manteniment de serveis i servituds

Durant les obres s'haurà d'assegurar l'accés permanent a tots els terrenys que actualment en tinguin.

6.4.3.2.8. Seguiment de mesures correctores

Seràn objecte de seguiment i control les següents actuacions:

Estesa de terra vegetal. Es verificarà l'estesa de terra vegetal a totes les superfícies afectades, amb el gruix exigít.

Època d'execució de les obres i seqüència de les mateixes. Es vigilarà que les plantacions s'executin en els períodes assenyalats.

Plantacions. Es comprovarà que les espècies, edats i presentació de les plantes siguin les exigides en el projecte. Es vigilarà especialment que les plantes presentin un estat i característiques adequades per a la seva utilització.

Amb anterioritat a l'emissió de l'Acta de Recepció Provisional de les Obres, es realitzarà una visita de control per a comprovar que les instal·lacions d'obra han estat retirades i desmantellades, i que a la zona d'ocupació de dites instal·lacions s'ha procedit a la restauració ambiental conforme a l'estipulat en el Plec de Prescripcions del Projecte.

6.4.3.3. Informes

6.4.3.3.1. Informes ordinaris

Es presentaran durant tota la durada de les obres, de manera mensual, a partir de la data de replanteig.

Al primer d'aquests informes es recolliran les observacions relatives a la protecció acústica, emissions de pols, obtenció de materials i el seu abocament, i actuacions a la zona d'instal·lacions i parc de maquinària.

6.4.3.3.1. Informes extraordinaris

Els informes extraordinaris que es presentaran durant aquesta fase seran:

Informe Previ a l'Acta de Recepció de les Obres.

Es presentarà un informe sobre les mesures preventives, correctores i compensatòries realment executades. A l'esmentat informe es recolliran els següents aspectes:

- Unitats realment executades de cada actuació recollides al Plec de Prescripcions del Projecte.
- Unitats previstes al Projecte. En cas de no coincidir la previsió amb allò realment executat, sigui per excés o bé per defecte, s'assenyalaran les causes de l'esmentada discordança.
- Forma de realització de les esmentades mesures, i materials utilitzats.
- En les actuacions en que sigui possible, resultats obtinguts fins a la data de redacció de l'informe. En cas de resultar negatius, esmentar-ne les causes.
- Actuacions pendents d'execució.
- Propostes de millora.

Informes especials.

Sempre que es detecti qualsevol afecció al medi no prevista amb antelació, amb caràcter negatiu, i que precisi d'una actuació per a ser evitada o corregida, s'emetrà un informe amb caràcter urgent aportant tota la informació necessària per a actuar en conseqüència.

Tanmateix, podran emetre's informes especials quan qualsevol aspecte de l'obra estigui generant uns impactes superiors als previstos o bé es considerin intolerables.

6.4.4. Segona Fase: Pla de seguiment i control durant l'exploració de les instal·lacions

Donat que s'ha considerat que el funcionament de les instal·lacions és compatible, sense mesures correctores, no es proposa cap pla de seguiment.

La única obligació de seguiment consistirà en assegurar, durant el primer any que segueixi a la signatura de l'acta de recepció de les obres, la supervivència de les espècies vegetals plantades, amb una correcta aplicació dels recs, tractaments i neteges.

Un cop efectuada la revegetació dels terrenys afectats per les obres, haurà de realitzar-se un seguiment dels mateixos, amb l'objectiu d'assegurar el desenvolupament adient de les espècies plantades. Durant aquesta fase es comprovarà, mitjançant mostreigs en visites periòdiques, l'evolució de la coberta vegetal implantada, tant la brotació de les sèmbrs com la supervivència i desenvolupament de les plantacions.

Tanmateix, durant la primera etapa d'aquesta segona fase, serà objecte de l'Equip responsable del present Programa, el control de les operacions de reposició dels exemplars que no prosperin, que es durà a terme seguint les pautes de control i seguiment establertes a la primera fase del present Pla.

A les esmentades visites, seran objecte de control els possibles processos erosius que hagin tingut lloc, establint-se a l'informe corresponent, les mesures correctores d'urgència a aplicar per tal de frenar aquests fenòmens.

6.4. Conclusions de l'Estudi d'impacte Ambiental

Un cop elaborat el present Estudi d'Impacte Ambiental, i com a resum de l'exposat en els diferents apartats, a l'objecte d'optimitzar els resultats que del seu examen puguin derivar-se, es pot concloure que:

- No hi ha cap acció concreta del Projecte que origini impacte ambiental crític o sever.
- L'impacte negatiu de major consideració que s'ha identificat és la presència del propi pont, des del punt de vista de la possible afectació visual. Aquesta afectació queda minimitzada per l'aplicació de les mesures correctores i per les actuacions previstes en el propi projecte.
- Entre els impactes positius s'han de considerar l'objectiu mateix del projecte, és a dir, la millora del servei públic de connexió viària a Pineda de Mar

Seguint l'exposat a la Metodologia general i responent a la finalitat del present estudi, s'han identificat en funció del medi afectat i de les causes originàries dels impactes, unes mesures correctores que tendeixen a minimitzar els aspectes negatius o, en última instància, a compensar la carència induïda.

En conseqüència, del present Estudi d'Impacte Ambiental es dedueix que els aspectes positius del desenvolupament del projecte de construcció d'un pont peatonal, son la millora del servei públic d'interconnexió viària per al Poble de Pineda de Mar, mentre

que els efectes negatius identificats, es poden considerar, després d'aplicar les mesures preventives i correctores corresponents, ambientalment COMPATIBLES amb l'entorn en que s'inscriuen.

Per això, la incidència ambiental del projecte, no ha de representar cap obstacle per a la seva autorització en l'emplaçament indicat i amb les característiques que s'ha dissenyat.

8. Planificació del projecte

El projecte disposa d'una sèrie de fases d'execució a dos nivells. Pel que fa a l'entrega de la documentació i a quant a l'execució del projecte.

Per una banda, l'entrega de documentació existeix ja definit una sèrie de dates amb un marge d'error inexistent. És de vital importància l'entrega de la documentació a les dates estipulades que es presenten a la següent taula per tal de no endarrerir l'execució del projecte.

Documentació:	Data
Avantprojecte	12/02/2021
Memòria intermèdia	22/04/2021
Memòria al detall	18/06/2021

Taula 67: Entrega de documentació.

Font: Client.

D'altra banda, la planificació dels diferents processos d'execució del programa s'ha considerat amb un marge d'error del 10% per possibles imprevistos. Per mostrar la distribució de les diferents tasques que és preveuen realitzar es realitza el diagrama de Gantt que es presenta a continuació.

Activitats:	MESOS I SETMANES DE LES OBRES.															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4
DEMOLICIO I MOVIMENT DE TERRES	■															
OBRA DE PALETA I PAVIMENTACIÓ	■	■	■	■	■	■										
OBRES D'ENDEGAMENT DE LA RIERA	■	■	■	■	■	■	■									
CONSTRUCCIÓ DE L'ESTRUCTURA							■	■	■	■	■	■				
ENLLUMENAT PÚBLIC						■	■	■	■	■	■	■	■	■		
ABASTAMENT D'AIGUA POTABLE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
REG							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VARIS INSTAL·LACIONS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ABASTAMENT D'ELECTRICITAT	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Taula 68: Diagrama de Gantt per l'execució de les diferents tasques del projecte.

Font: Pròpia.

Les primeres tasques comencen a la setmana 1. Una de les tasques consisteix en la demolició del pont vell i netejament d'escombraries de la zona. S'estipula una duració de dues setmanes. Els paletes efectuaran obres de fonamentació que és començarà a preparar des de l'inici del projecte fins aproximadament tres mesos.

L'abastament d'aigua potable serà necessari quasi en tota la duració del projecte a excepció de l'últim parell de setmanes. Aquest fet es deu al reg continu de la vegetació al voltant de l'emplaçament del projecte i d'hidratació dels treballadors.

El subministrament d'electricitat és necessari en el transcurs de tot el projecte, ja que qualsevol reparació, instal·lació i construcció és molt possible que sigui necessari algun aparell elèctric.

La construcció de l'estructura s'iniciarà a la segona setmana del mes 4 un cop tots els fonaments estiguin acabats. És preveu una durada de 10 setmanes.

Per acabar, l'instal·lació de l'enllumenat públic és realitzarà en dues fases. La primera fase consistirà en la instal·lació del cablejat que es dirigeix cap a la passarel·la i un cop acabat la construcció de la passarel·la s'instal·larà al voltant els dispositius d'enllumenat.

Els primers dies del més vuit s'inaugurarà la passarel·la.

El present projecte es refereix a una obra completa susceptible de ser lliurada a l'ús públic una vegada acabada, reunint els requisits exigits en la Llei de Contractes del Sector Públic (Llei 30/2007 de 30 d'octubre).

El termini d'execució de les obres objecte del present Projecte serà de VUIT (8) mesos a partir de la data de l'Acta de Replanteig.

9. Conclusions

La solució proposada per la problemàtica d'accés a la nova zona urbanitzable situat al Barri les Creus de Pineda de Mar és la construcció d'una passarel·la a nivell que permeti la circulació de vianants a través de la riera de Pineda de Mar, l'accident geogràfic que ho impedeix.

Primerament, s'ha realitzat el càlcul hidrològic de la riera de Pineda de Mar. Es realitza l'estudi d'inundabilitat de la conca a partir del Mètode Racional que estableix l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA). A partir de l'estudi d'inundabilitat s'extreu el cabal del riu per a tres períodes de retorn, 10 anys, 100 anys i 500 anys. Amb el cabal més desfavorable, en aquest cas el que s'obté amb el període de retorn de 500 anys que equival a 118,07 m³/s, es compara amb la capacitat de desguàs de la secció lliure sota la passarel·la. Si la capacita de desguàs és major que el cabal del riu es podrà assegurar la no inundabilitat de la passarel·la, en cas contrari, s'hauria d'efectuar mesures correctores. Segons l'equació de Manning, el valor del cabal que pot desguassar la secció lliure sota la passarel·la és de 250,86 m³/s, amb la qual cosa, s'assegura la no inundabilitat de la passarel·la.

Seguidament, s'ha realitzat un estudi estructural per tal de dimensionar una passarel·la capaç de suportar les possibles condicions de càrrega que es poden donar i al mateix temps assegurar l'optimització de recursos. Per a reduir l'impacte ambiental es decideix emprar com material estructural la fusta. Per assegurar una resistència estructural òptima i una resistència a la humitat adequada a l'emplaçament de la passarel·la la fusta emprada és una fusta d'abet gl 24 h de classe 3. En quant a la configuració dels elements estructurals, s'ha decidit col·locar dues jàsseres principals que van d'un extrem de la passarel·la fins a l'altre, amb un entramat lleuger fixat entre les dues jàsseres. L'entramat lleuger permet donar rigidesa a l'estructura i baixar el centre de gravetat de la secció de la passarel·la i en conseqüència augmentar el moment de bolcada necessari per a la destrucció d'aquest. L'entramat lleuger es consta de tres nivells. Cada nivell ha sigut dimensionat amb càlculs analítics i optimitzat per prova i error en un full de càlcul del programa informàtic Microsoft Excel a partir dels casos de càrrega plantejats. El nivell superior correspon als taulers, el nivell entremig als quartons longitudinals i el tercer nivell correspon als quartons transversals. La unió entre els taulers i els quartons longitudinals es realitza amb tirafons, la unió entre els quartons longitudinals amb els quartons transversals s'efectua per encaix i la unió entre els quartons transversals i les jàsseres mitjançant penjadors de biga. Cadascuna d'aquestes unions és dimensionada i verificada per assegurar la seva resistència de cara a les hipotètiques condicions de càrrega. Per dimensionar les jàsseres s'ha aprofitat la comprovació de la passarel·la sencera enfront de les condicions de càrrega plantejats a causa de la complexitat de la verificació. La verificació de la passarel·la sencera s'ha efectuat a partir de la modelització d'aquesta amb ajuda del programa informàtic Solidworks. Els resultats obtinguts de les simulacions realitzades han sigut satisfactoris, per tant, la vida útil de la passarel·la s'estipula a 100 anys. Cal remarcar que el càlcul de la fonamentació de les sabates de la passarel·la l'haurà de

realitzar un arquitecte a partir d'un estudi geològic del terreny i de les condicions descrites en el corresponent apartat, efectuant un segon projecte complementari a aquest.

Per avaluar l'impacte que suposa la realització de la construcció s'efectua un anàlisi d'impacte elaborat on s'analitzen els impactes produïts en fase de construcció i en fase d'exploració. Posteriorment es proposen solucions a efectuar per reduir els impactes més significatius. La conclusió general quant a l'estudi d'impactes es categoritza com a construcció compatible.

La planificació del present projecte també és un apartat clau. S'arguementen les activitats a realitzar en el procés de construcció de la passarel·la amb els corresponents terminis d'execució. El compliment dels terminis és d'obligat compliment per inaugurar la construcció en el termini establert.

Per acabar, amb la finalitat de mostrar al client la posada en escena de la construcció es realitza una representació gràfica en 3D del resultat de l'execució del present projecte. La representació es realitza amb ajuda del programa Dialux i el resultat es pot observar en el reportatge de captures del model que es troba a continuació. Cal esmentar que tota la representació s'ha realitzat amb mesures reals amb la qual cosa la relació de dimensions entre objectes és idèntica.



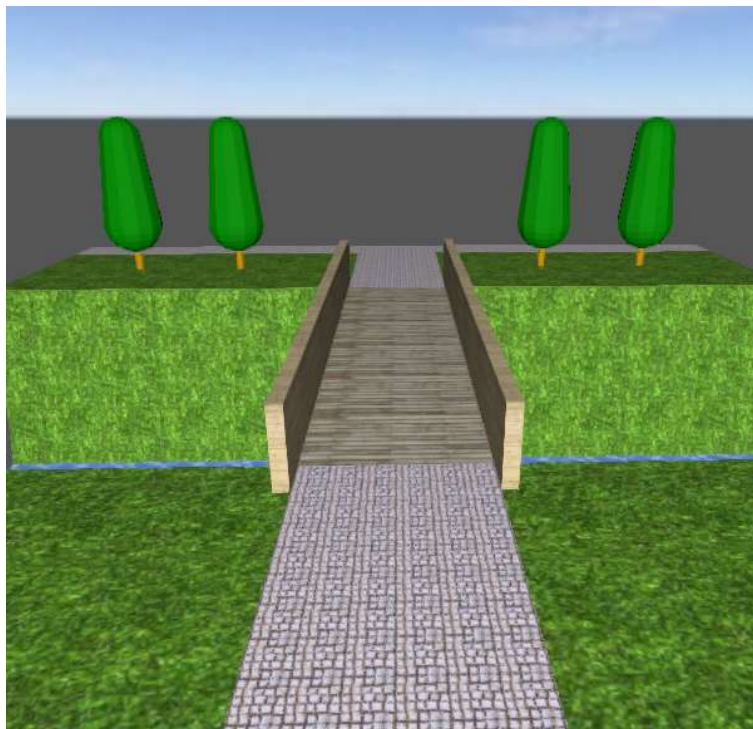
Il·lustració 108: Captura de la representació de la construcció final.

Font: Pròpia.



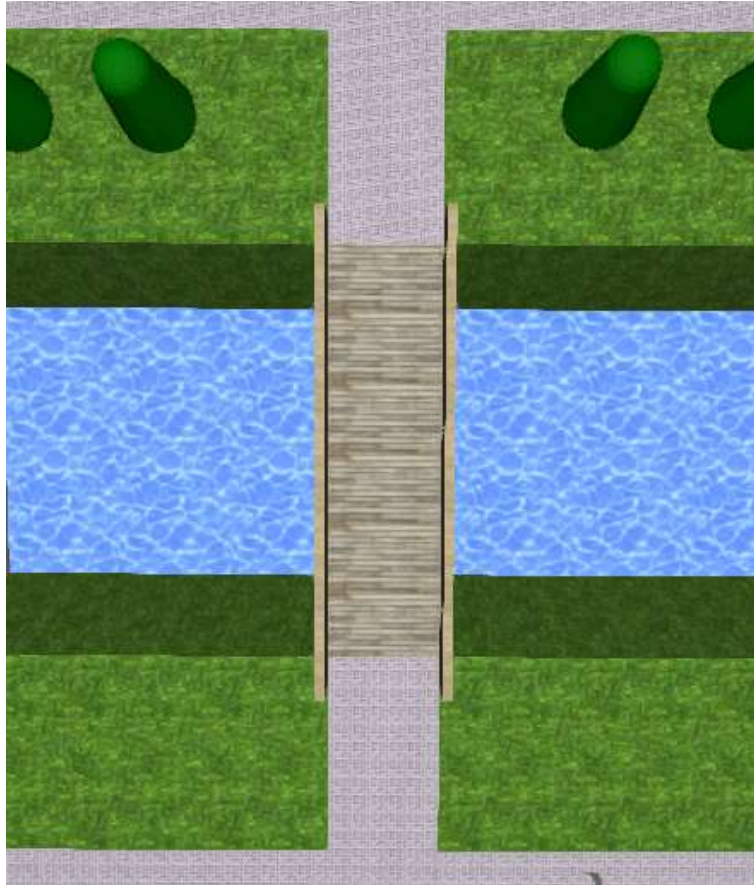
Il·lustració 109: Captura de la representació de la construcció final.

Font: Pròpia.



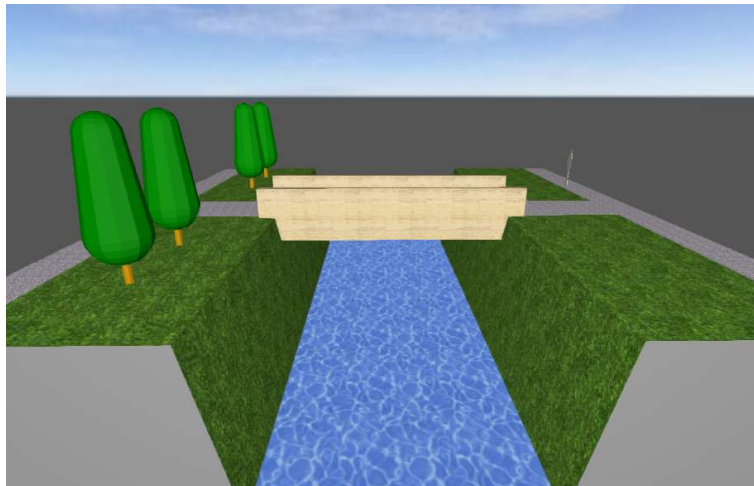
Il·lustració 110: Captura de la representació de la construcció final.

Font: Pròpia.



Il·lustració 111: Captura de la representació de la construcció final.

Font: Pròpia.



Il·lustració 112: Captura de la representació de la construcció final.

Font: Pròpia.

10. Referències

10.1 Compliment de les normes vigents

- [1] Direcció general de carreteres. (2012). IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” generat per BOE.
<https://www.aulacarreteras.com/iap-11-puentes-de-carretera/>

- [2] Ministeri de foment. (2008). Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07).
https://iisee.kenken.go.jp/worldlist/49_Spain/NCSP-07.pdf

- [3] Ministeri de foment. (2019). Documento Básico Seguridad Estructural de la Madera, CTE-DB-SE-M.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-M.pdf>

- [4] Llei de Contractes del Sector Públic, Llei 30/2007 del 30 d'octubre

- [5] Llei d'avaluació ambiental, Llei 21/2013 del 9 de desembre

- [6] Llei FOM/2842/2011, del 29 de setembre

- [7] Normes UNE de compliment obligatori en el Ministeri d'Obres Públiques i Urbanisme.

10.2 Bibliografia

- [8] Pedro Casariego. (2020) Apunts assignatura “Estructures”, Universitat Tecnocampus.
- [9] Salvador Monleón Cremades. (2016). Diseño estructural de puentes, , Universitat Politècnica de València.
- [10] Robert Maillart. (1991). Robert Maillart’s bridges” Billington D. P
- [11] Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, ICGC. (2016). Geoquímica ambiental a Catalunya.
- [12] Generalitat de Catalunya. (2014) Mapa de sòls de Catalunya, Soil Taxonomy, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.
<https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Descarregues/Cartografia-geologica-i-geotematica/Cartografia-de-sols/Mapa-de-sols-1-250.000>
- [13] Agència Catalana de l’Aigua, ACA. (2003). Recomanacions tècniques per als estudis d’inundabilitat d’àmbit local.
<https://www.diba.cat/documents/429360/0/Guia+T%C3%A8cnica+Estudis+Inundabilitat/f21b5b74-95b7-4d6b-8c1c-db724c66703b>

