



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: Determinació del mòdul de Young dinàmic i estàtic de peces ceràmiques

Document: Memòria del Treball Final de Grau

Alumne: Aleix Costa Serrats

Director/Tutor: Sr. Miquel Llorens Sulivera

Departament: Arquitectura i enginyeria de la construcció

Àrea: Construccions arquitectòniques

Convocatòria (mes/any): Juny 2014

Gràcies Pares, Família i Amics,
Gràcies Joan Llorens Sulivera,
Gràcies Miquel Llorens Sulivera,
Gràcies Pere Bellvehí Casadella,
Gràcies a tots.

ÍNDEX

1. Estat del coneixement	Pàg. 1
2. Objectius	Pàg. 3
3. Metodologia d'investigació	Pàg. 4
4. Procediment dels assaigs	Pàg. 5
4.1. Selecció de les peces	Pàg. 5
4.2. Nomenclatura de les peces	Pàg. 5
4.3. Preparació de les peces	Pàg. 6
4.4. Dimensions i toleràncies	Pàg. 7
4.5. Massa de les peces	Pàg. 9
4.6. Treballs a laboratori	Pàg. 11
4.6.1. Procediment de determinació del mòdul de Young dinàmic	Pàg. 11
4.6.1.1. Quadriculat de les peces	Pàg. 11
4.6.1.2. Adquisició de dades amb el programa PIMENTO	Pàg. 12
4.6.1.2.1. Material emprat a l'assaig	Pàg. 12
4.6.1.2.2. Procediment per l'adquisició	Pàg. 13
4.6.1.3. Visualització de les dades amb el programa TEST-LAB	Pàg. 17
4.6.1.3.1. Procediment per la visualització	Pàg. 17
4.6.2. Procediment de determinació del mòdul de Young estàtic	Pàg. 23
4.6.2.1. Condicionament previ a l'assaig destructiu	Pàg. 24
4.6.2.2. Col·locació dels transductors i aplicació de la càrrega	Pàg. 25
4.6.2.2.1. Material emprat a l'assaig	Pàg. 25
4.6.2.2.2. Instrumentació de l'assaig	Pàg. 26
4.6.2.2.3. Aplicació de la càrrega	Pàg. 29
4.6.2.3. Col·locació de galgues, transductors i aplicació de la càrrega	Pàg. 29
4.6.2.3.1. Material emprat a l'assaig	Pàg. 30
4.6.2.3.2. Instrumentació de l'assaig	Pàg. 31
4.6.2.3.3. Aplicació de la càrrega	Pàg. 34
4.7. Aproximació numèrica amb el programa ANSYS	Pàg. 34
5. Càlcul i expressió dels resultats	Pàg. 36
5.1. Expressió de les freqüències trobades amb l'assaig dinàmic	Pàg. 36
5.1.1. Freqüències experimentals de la família de peces A1	Pàg. 37
5.1.1.1. Conclusions parcials	Pàg. 38
5.1.2. Freqüències experimentals de la família de peces A2	Pàg. 38
5.1.2.1. Conclusions parcials	Pàg. 39

5.1.3. Freqüències experimentals de la família de peces A4	Pàg. 39
5.1.3.1. Conclusions parcials	Pàg. 40
5.1.4. Freqüències experimentals de la família de peces B1	Pàg. 40
5.1.4.1. Conclusions parcials	Pàg. 41
5.1.5. Freqüències experimentals de la família de peces B2	Pàg. 41
5.1.5.1. Conclusions parcials	Pàg. 42
5.1.6. Freqüències experimentals de la família de peces B3	Pàg. 42
5.1.6.1. Conclusions parcials	Pàg. 43
5.1.7. Freqüències experimentals de la família de peces C3	Pàg. 43
5.1.7.1. Conclusions parcials	Pàg. 44
5.2. Expressió dels resultats trobats amb l'assaig estàtic	Pàg. 44
5.2.1. Introducció al càlcul del mòdul de Young	Pàg. 44
5.2.2. Expressió dels resultats per cada peça	Pàg. 45
5.2.2.1. Peça A1.1 (Llambilles i 1,8cm gruix)	Pàg. 47
5.2.2.1.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 47
5.2.2.1.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 48
5.2.2.1.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 49
5.2.2.1.4. Patró de trencament	Pàg. 49
5.2.2.1.5. Conclusions parcials	Pàg. 50
5.2.2.2. Peça A1.2 (Llambilles i 1,8cm gruix)	Pàg. 50
5.2.2.2.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 50
5.2.2.2.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 52
5.2.2.2.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 53
5.2.2.2.4. Patró de trencament	Pàg. 53
5.2.2.2.5. Conclusions parcials	Pàg. 54
5.2.2.3. Peça A1.3 (Llambilles i 1,8cm gruix)	Pàg. 54
5.2.2.3.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 54
5.2.2.3.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 56
5.2.2.3.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 57
5.2.2.3.4. Patró de trencament	Pàg. 57
5.2.2.3.5. Conclusions parcials	Pàg. 57
5.2.2.4. Peça A1.4 (Llambilles i 1,8cm gruix)	Pàg. 58
5.2.2.4.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 58
5.2.2.4.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 60
5.2.2.4.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 61

5.2.2.4.4. Patró de trencament	Pàg. 61
5.2.2.4.5. Conclusions parcials	Pàg. 62
5.2.2.5. Peça A1.5 (Llambilles i 1,8cm gruix)	Pàg. 62
5.2.2.5.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 62
5.2.2.5.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 64
5.2.2.5.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 65
5.2.2.5.4. Patró de trencament	Pàg. 65
5.2.2.5.5. Conclusions parcials	Pàg. 66
5.2.2.6. Peça A2.1 (Llambilles i 3,2cm gruix)	Pàg. 66
5.2.2.6.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 66
5.2.2.6.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 68
5.2.2.6.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 69
5.2.2.6.4. Patró de trencament	Pàg. 69
5.2.2.6.5. Conclusions parcials	Pàg. 70
5.2.2.7. Peça A2.2 (Llambilles i 3,2 cm gruix)	Pàg. 70
5.2.2.7.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 70
5.2.2.7.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 72
5.2.2.7.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 73
5.2.2.7.4. Patró de trencament	Pàg. 73
5.2.2.7.5. Conclusions parcials	Pàg. 74
5.2.2.8. Peça A2.3 (Llambilles i 3,2cm gruix)	Pàg. 74
5.2.2.8.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 74
5.2.2.8.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 76
5.2.2.8.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 77
5.2.2.8.4. Patró de trencament	Pàg. 77
5.2.2.8.5. Conclusions parcials	Pàg. 78
5.2.2.9. Peça A2.4 (Llambilles i 3,2cm gruix)	Pàg. 78
5.2.2.9.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 78
5.2.2.9.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 80
5.2.2.9.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 81
5.2.2.9.4. Patró de trencament	Pàg. 81
5.2.2.9.5. Conclusions parcials	Pàg. 82
5.2.2.10. Peça A2.5 (Llambilles i 3,2cm gruix)	Pàg. 82
5.2.2.10.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 82
5.2.2.10.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 84

5.2.2.10.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 85
5.2.2.10.4. Patró de trencament	Pàg. 85
5.2.2.10.5. Conclusions parcials	Pàg. 86
5.2.2.11. Peça A4.1 (Llambilles i 7cm gruix)	Pàg. 86
5.2.2.11.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 86
5.2.2.11.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 88
5.2.2.11.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 89
5.2.2.11.4. Patró de trencament	Pàg. 90
5.2.2.11.5. Conclusions parcials	Pàg. 90
5.2.2.12. Peça A4.2 (Llambilles i 7cm gruix)	Pàg. 91
5.2.2.12.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 91
5.2.2.12.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 92
5.2.2.12.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 93
5.2.2.12.4. Patró de trencament	Pàg. 94
5.2.2.12.5. Conclusions parcials	Pàg. 94
5.2.2.13. Peça A4.3 (Llambilles i 7cm gruix)	Pàg. 95
5.2.2.13.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 95
5.2.2.13.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 96
5.2.2.13.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 97
5.2.2.13.4. Patró de trencament	Pàg. 98
5.2.2.13.5. Conclusions parcials	Pàg. 98
5.2.2.14. Peça A4.4 (Llambilles i 7cm gruix)	Pàg. 99
5.2.2.14.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 99
5.2.2.14.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 100
5.2.2.14.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 101
5.2.2.14.4. Patró de trencament	Pàg. 102
5.2.2.14.5. Conclusions parcials	Pàg. 102
5.2.2.15. Peça A4.5 (Llambilles i 7cm gruix)	Pàg. 103
5.2.2.15.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 103
5.2.2.15.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 105
5.2.2.15.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 107
5.2.2.15.4. Patró de trencament	Pàg. 108
5.2.2.15.5. Conclusions parcials	Pàg. 108
5.2.2.16. Peça B1.1 (El Bruc i 1,8cm gruix)	Pàg. 109
5.2.2.16.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 109

5.2.2.16.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 110
5.2.2.16.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 111
5.2.2.16.4. Patró de trencament	Pàg. 111
5.2.2.16.5. Conclusions parcials	Pàg. 112
5.2.2.17. Peça B1.2 (El Bruc i 1,8cm gruix)	Pàg. 112
5.2.2.17.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 112
5.2.2.17.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 114
5.2.2.17.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 115
5.2.2.17.4. Patró de trencament	Pàg. 115
5.2.2.17.5. Conclusions parcials	Pàg. 116
5.2.2.18. Peça B1.3 (El Bruc i 1,8cm gruix)	Pàg. 116
5.2.2.18.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 116
5.2.2.18.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 118
5.2.2.18.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 119
5.2.2.18.4. Patró de trencament	Pàg. 119
5.2.2.18.5. Conclusions parcials	Pàg. 120
5.2.2.19. Peça B1.4 (El Bruc i 1,8cm gruix)	Pàg. 120
5.2.2.19.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 120
5.2.2.19.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 122
5.2.2.19.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 123
5.2.2.19.4. Patró de trencament	Pàg. 123
5.2.2.19.5. Conclusions parcials	Pàg. 124
5.2.2.20. Peça B1.5 (El Bruc i 1,8cm gruix)	Pàg. 124
5.2.2.20.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 124
5.2.2.20.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 126
5.2.2.20.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 127
5.2.2.20.4. Patró de trencament	Pàg. 127
5.2.2.20.5. Conclusions parcials	Pàg. 128
5.2.2.21. Peça B2.1 (El Bruc i 3,2cm gruix)	Pàg. 128
5.2.2.21.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 128
5.2.2.21.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 131
5.2.2.21.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 133
5.2.2.21.4. Patró de trencament	Pàg. 133
5.2.2.21.5. Conclusions parcials	Pàg. 134
5.2.2.22. Peça B2.2 (El Bruc i 3,2cm gruix)	Pàg. 134

5.2.2.22.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 134
5.2.2.22.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 136
5.2.2.22.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 137
5.2.2.22.4. Patró de trencament	Pàg. 137
5.2.2.22.5. Conclusions parcials	Pàg. 138
5.2.2.23. Peça B2.3 (El Bruc i 3,2cm gruix)	Pàg. 138
5.2.2.23.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 138
5.2.2.23.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 140
5.2.2.23.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 141
5.2.2.23.4. Patró de trencament	Pàg. 141
5.2.2.23.5. Conclusions parcials	Pàg. 142
5.2.2.24. Peça B2.4 (El Bruc i 3,2cm gruix)	Pàg. 142
5.2.2.24.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 142
5.2.2.24.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 144
5.2.2.24.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 145
5.2.2.24.4. Patró de trencament	Pàg. 145
5.2.2.24.5. Conclusions parcials	Pàg. 146
5.2.2.25. Peça B2.5 (El Bruc i 3,2cm gruix)	Pàg. 146
5.2.2.25.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 146
5.2.2.25.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 148
5.2.2.25.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 149
5.2.2.25.4. Patró de trencament	Pàg. 149
5.2.2.25.5. Conclusions parcials	Pàg. 150
5.2.2.26. Peça B3.1 (El Bruc i 5cm gruix)	Pàg. 150
5.2.2.26.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 150
5.2.2.26.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 152
5.2.2.26.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 153
5.2.2.26.4. Patró de trencament	Pàg. 154
5.2.2.26.5. Conclusions parcials	Pàg. 154
5.2.2.27. Peça B3.2 (El Bruc i 5cm gruix)	Pàg. 155
5.2.2.27.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 155
5.2.2.27.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 156
5.2.2.27.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 157
5.2.2.27.4. Patró de trencament	Pàg. 158
5.2.2.27.5. Conclusions parcials	Pàg. 158

5.2.2.28. Peça B3.3 (El Bruc i 5cm gruix)	Pàg. 159
5.2.2.28.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 159
5.2.2.28.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 160
5.2.2.28.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 161
5.2.2.28.4. Patró de trencament	Pàg. 162
5.2.2.28.5. Conclusions parcials	Pàg. 162
5.2.2.29. Peça B3.4 (El Bruc i 5cm gruix)	Pàg. 163
5.2.2.29.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 163
5.2.2.29.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 164
5.2.2.29.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 165
5.2.2.29.4. Patró de trencament	Pàg. 166
5.2.2.29.5. Conclusions parcials	Pàg. 166
5.2.2.30. Peça B3.5 (El Bruc i 5cm gruix)	Pàg. 167
5.2.2.30.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 167
5.2.2.30.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 169
5.2.2.30.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 171
5.2.2.30.4. Patró de trencament	Pàg. 172
5.2.2.30.5. Conclusions parcials	Pàg. 172
5.2.2.31. Peça C3.1 (Laboratori i 5cm gruix)	Pàg. 173
5.2.2.31.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 173
5.2.2.31.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 174
5.2.2.31.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 175
5.2.2.31.4. Patró de trencament	Pàg. 176
5.2.2.31.5. Conclusions parcials	Pàg. 176
5.2.2.32. Peça C3.2 (Laboratori i 5cm gruix)	Pàg. 177
5.2.2.32.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 177
5.2.2.32.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 178
5.2.2.32.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 179
5.2.2.32.4. Patró de trencament	Pàg. 180
5.2.2.32.5. Conclusions parcials	Pàg. 180
5.2.2.33. Peça C3.3 (Laboratori i 5cm gruix)	Pàg. 181
5.2.2.33.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 181
5.2.2.33.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 182
5.2.2.33.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 183
5.2.2.33.4. Patró de trencament	Pàg. 184

5.2.2.33.5. Conclusions parcials	Pàg. 184
5.2.2.34. Peça C3.4 (Laboratori i 5cm gruix)	Pàg. 185
5.2.2.34.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 185
5.2.2.34.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 186
5.2.2.34.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 187
5.2.2.34.4. Patró de trencament	Pàg. 188
5.2.2.34.5. Conclusions parcials	Pàg. 188
5.2.2.35. Peça C3.5 (Laboratori i 5cm gruix)	Pàg. 189
5.2.2.35.1. Dades referents a l'assaig	Pàg. 189
5.2.2.35.2. Càlcul mòdul de Young	Pàg. 190
5.2.2.35.3. Càlcul de la tensió de ruptura	Pàg. 191
5.2.2.35.4. Patró de trencament	Pàg. 192
5.2.2.35.5. Conclusions parcials	Pàg. 192
5.2.3. Taules resum del mòdul de Young estàtic	Pàg. 193
5.2.3.1. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A1	Pàg. 193
5.2.3.1.1. Conclusions parcials	Pàg. 193
5.2.3.2. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A2	Pàg. 193
5.2.3.2.1. Conclusions parcials	Pàg. 194
5.2.3.3. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A4	Pàg. 194
5.2.3.3.1. Conclusions parcials	Pàg. 195
5.2.3.4. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B1	Pàg. 195
5.2.3.4.1. Conclusions parcials	Pàg. 196
5.2.3.5. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B2	Pàg. 196
5.2.3.5.1. Conclusions parcials	Pàg. 196
5.2.3.6. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B3	Pàg. 197
5.2.3.6.1. Conclusions parcials	Pàg. 198
5.2.3.7. Mòdul de Young estàtic de la família de peces C3	Pàg. 198
5.2.3.7.1. Conclusions parcials	Pàg. 199
5.2.4. Taula resum de les tensions de ruptura	Pàg. 199
5.2.4.1. Tensions de ruptura de peces A1, A2, B1 i B2	Pàg. 199
5.2.4.1.1. Conclusions parcials	Pàg. 200
5.2.4.2. Tensions de ruptura normalitzades de A4, B3 i C3	Pàg. 200
5.2.4.2.1. Conclusions parcials	Pàg. 201
5.3. Expressió de les freqüències teòriques	Pàg. 201
5.3.1. Peça A4.5	Pàg. 202

5.3.1.1. Conclusions parcials	Pàg. 202
5.3.2. Peça B2.1	Pàg. 203
5.3.2.1. Conclusions parcials	Pàg. 203
5.3.3. Peça B3.5	Pàg. 204
5.3.3.1. Conclusions parcials	Pàg. 204
6. Conclusions	Pàg. 206
7. Futurs treballs d'investigació	Pàg. 209
8. Bibliografia	Pàg. 210
9. Annexos	Pàg. 212
9.1. Fitxes de les peces per introduir a ANSYS	Pàg. 212
9.2. Fitxes tècniques	Pàg. 216

ÍNDEX D'IMATGES I FOTOGRAFIES

- Imatges

Imatge 1 Realització mesures	Pàg. 7
Imatge 2 Paral·lelisme cantonades	Pàg. 9
Imatge 3 Esquema col·locació acceleròmetres	Pàg. 14
Imatge 4 Measurement/Properties/Channel Selections	Pàg. 14
Imatge 5 Measurement/Properties/Channel Description/Sensor	Pàg. 15
Imatge 6 Measurement/Properties/Channel Description/Description	Pàg. 15
Imatge 7 Measurement/Parameter Setup/ Control	Pàg. 16
Imatge 8 Navigator/Data Viewing/Folders	Pàg. 18
Imatge 9 Navigator/Data Viewing/ Search	Pàg. 19
Imatge 10 Navigator/Data Viewing/Folders/Name	Pàg. 19
Imatge 11 Geometry/Nodes	Pàg. 20
Imatge 12 Geometry/Lines	Pàg. 20
Imatge 13 Modal Data Selection	Pàg. 21
Imatge 14 Time MDOF/Band	Pàg. 21
Imatge 15 Time MDOF/Stabilisation	Pàg. 22
Imatge 16 Selecció de les S	Pàg. 22
Imatge 17 Freqüències experimentals	Pàg. 23
Imatge 18 Freqüències experimentals	Pàg. 36
Imatge 19 Diagrama tensió – deformació (font: Vikipèdia)	Pàg. 45

- Fotografies

Fotografia 1 Peces ceràmiques	Pàg. 5
Fotografia 2 Taula de tall	Pàg. 6
Fotografia 3 Estufa ventilada	Pàg. 11
Fotografia 4 Quadriculat de les peces	Pàg. 11
Fotografia 5 Estructura de suport	Pàg. 12
Fotografia 6 Equip d'adquisició	Pàg. 12
Fotografia 7 Martell	Pàg. 13
Fotografia 8 Acceleròmetres	Pàg. 13
Fotografia 9 Assaig dinàmic	Pàg. 16
Fotografia 10 Acceptació impactes	Pàg. 17

Fotografia 11 Acceptació impactes	Pàg. 17
Fotografia 12 Condicionament per immersió	Pàg. 24
Fotografia 13 Condicionament per sec de l'aire	Pàg. 25
Fotografia 14 Premsa hidràulica	Pàg. 25
Fotografia 15 Estructura de suport	Pàg. 26
Fotografia 16 Transductors	Pàg. 26
Fotografia 17 Terç central de la peça	Pàg. 27
Fotografia 18 Anivellació de la ròtula	Pàg. 27
Fotografia 19 Col·locació platines	Pàg. 28
Fotografia 20 Col·locació fixadors transductors	Pàg. 28
Fotografia 21 Instal·lació transductors	Pàg. 29
Fotografia 22 Galgues de ferro	Pàg. 30
Fotografia 23 Galgues de formigó	Pàg. 30
Fotografia 24 Situació galga	Pàg. 31
Fotografia 25 Extracció impureses	Pàg. 32
Fotografia 26 Capa de cola adhesiva	Pàg. 32
Fotografia 27 Llimar capa de cola	Pàg. 32
Fotografia 28 Fixació galga	Pàg. 33
Fotografia 29 Peça amb galgues	Pàg. 33
Fotografia 30 Soldar amb connectors	Pàg. 34
Fotografia 31 Patró trencament A1.1	Pàg. 49
Fotografia 32 Patró trencament A1.2	Pàg. 53
Fotografia 33 Patró trencament A1.3	Pàg. 57
Fotografia 34 Patró trencament A1.4	Pàg. 61
Fotografia 35 Patró trencament A1.5	Pàg. 65
Fotografia 36 Patró trencament A2.1	Pàg. 69
Fotografia 37 Patró trencament A2.2	Pàg. 73
Fotografia 38 Patró trencament A2.3	Pàg. 77
Fotografia 39 Patró trencament A2.4	Pàg. 81
Fotografia 40 Patró trencament A2.5	Pàg. 85
Fotografia 41 Patró trencament A4.1	Pàg. 90
Fotografia 42 Patró trencament A4.2	Pàg. 94
Fotografia 43 Patró trencament A4.3	Pàg. 98
Fotografia 44 Patró trencament A4.4	Pàg. 102
Fotografia 45 Patró trencament A4.5	Pàg. 108

Fotografia 46 Patró trencament B1.1	Pàg. 111
Fotografia 47 Patró trencament B1.2	Pàg. 115
Fotografia 48 Patró trencament B1.3	Pàg. 119
Fotografia 49 Patró trencament B1.4	Pàg. 123
Fotografia 50 Patró trencament B1.5	Pàg. 127
Fotografia 51 Patró trencament B2.1	Pàg. 133
Fotografia 52 Patró trencament B2.2	Pàg. 137
Fotografia 53 Patró trencament B2.3	Pàg. 141
Fotografia 54 Patró trencament B2.4	Pàg. 145
Fotografia 55 Patró trencament B2.5	Pàg. 149
Fotografia 56 Patró trencament B3.1	Pàg. 154
Fotografia 57 Patró trencament B3.2	Pàg. 158
Fotografia 58 Patró trencament B3.3	Pàg. 162
Fotografia 59 Patró trencament B3.4	Pàg. 166
Fotografia 60 Patró trencament B3.5	Pàg. 172
Fotografia 61 Patró trencament C3.1	Pàg. 176
Fotografia 62 Patró trencament C3.2	Pàg. 180
Fotografia 63 Patró trencament C3.3	Pàg. 184
Fotografia 64 Patró trencament C3.4	Pàg. 188
Fotografia 65 Patró trencament C3.5	Pàg. 192
Fotografia 66 Esquerda/Fissura vertical	Pàg. 207
Fotografia 67 Compressió del material	Pàg. 207

ÍNDIX DE GRÀFIQUES

Gràfica 1 Freqüències experimentals A1	Pàg. 38
Gràfica 2 Freqüències experimentals A2	Pàg. 39
Gràfica 3 Freqüències experimentals A4	Pàg. 40
Gràfica 4 Freqüències experimentals B1	Pàg. 41
Gràfica 5 Freqüències experimentals B2	Pàg. 42
Gràfica 6 Freqüències experimentals B3	Pàg. 43
Gràfica 7 Freqüències experimentals C3	Pàg. 44
Gràfica 8 Temps – força A1.1	Pàg. 47
Gràfica 9 Temps – desplaçament transductors A1.1	Pàg. 47
Gràfica 10 Temps – mòdul de Young transductors A1.1	Pàg. 48
Gràfica 11 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.1	Pàg. 48
Gràfica 12 Temps – força A1.1	Pàg. 49
Gràfica 13 Temps – força A1.2	Pàg. 50
Gràfica 14 Temps – desplaçament transductors A1.2	Pàg. 51
Gràfica 15 Temps – mòdul de Young transductors A1.2	Pàg. 51
Gràfica 16 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.2	Pàg. 52
Gràfica 17 Temps – força A1.2	Pàg. 53
Gràfica 18 Temps – força A1.3	Pàg. 54
Gràfica 19 Temps – desplaçament transductors A1.3	Pàg. 55
Gràfica 20 Temps – mòdul de Young transductors A1.3	Pàg. 55
Gràfica 21 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.3	Pàg. 56
Gràfica 22 Temps – força A1.3	Pàg. 57
Gràfica 23 Temps – força A1.4	Pàg. 58
Gràfica 24 Temps – desplaçament transductors A1.4	Pàg. 59
Gràfica 25 Temps – mòdul de Young transductors A1.4	Pàg. 59
Gràfica 26 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.4	Pàg. 60
Gràfica 27 Temps – força A1.4	Pàg. 61
Gràfica 28 Temps – força A1.5	Pàg. 62
Gràfica 29 Temps – desplaçament transductors A1.5	Pàg. 63
Gràfica 30 Temps – mòdul de Young transductors A1.5	Pàg. 63
Gràfica 31 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.5	Pàg. 64
Gràfica 32 Temps – força A1.5	Pàg. 65
Gràfica 33 Temps – força A2.1	Pàg. 66
Gràfica 34 Temps – desplaçament transductors A2.1	Pàg. 67

Gràfica 35 Temps – mòdul de Young transductors A2.1	Pàg. 67
Gràfica 36 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.1	Pàg. 68
Gràfica 37 Temps – força A2.1	Pàg. 69
Gràfica 38 Temps – força A2.2	Pàg. 70
Gràfica 39 Temps – desplaçament transductors A2.2	Pàg. 71
Gràfica 40 Temps – mòdul de Young transductors A2.2	Pàg. 71
Gràfica 41 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.2	Pàg. 72
Gràfica 42 Temps – força A2.2	Pàg. 73
Gràfica 43 Temps – força A2.3	Pàg. 74
Gràfica 44 Temps – desplaçament transductors A2.3	Pàg. 75
Gràfica 45 Temps – mòdul de Young transductors A2.3	Pàg. 75
Gràfica 46 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.3	Pàg. 76
Gràfica 47 Temps – força A2.3	Pàg. 77
Gràfica 48 Temps – força A2.4	Pàg. 78
Gràfica 49 Temps – desplaçament transductors A2.4	Pàg. 79
Gràfica 50 Temps – mòdul de Young transductors A2.4	Pàg. 79
Gràfica 51 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.4	Pàg. 80
Gràfica 52 Temps – força A2.4	Pàg. 81
Gràfica 53 Temps – força A2.5	Pàg. 82
Gràfica 54 Temps – desplaçament transductors A2.5	Pàg. 83
Gràfica 55 Temps – mòdul de Young transductors A2.5	Pàg. 83
Gràfica 56 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.5	Pàg. 84
Gràfica 57 Temps – força A2.5	Pàg. 85
Gràfica 58 Temps – força A4.1	Pàg. 86
Gràfica 59 Temps – desplaçament transductors A4.1	Pàg. 87
Gràfica 60 Temps – mòdul de Young transductors A4.1	Pàg. 87
Gràfica 61 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.1	Pàg. 88
Gràfica 62 Temps – força A4.1	Pàg. 89
Gràfica 63 Temps – força A4.2	Pàg. 91
Gràfica 64 Temps – desplaçament transductors A4.2	Pàg. 91
Gràfica 65 Temps – mòdul de Young transductors A4.2	Pàg. 92
Gràfica 66 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.2	Pàg. 92
Gràfica 67 Temps – força A4.2	Pàg. 93
Gràfica 68 Temps – força A4.3	Pàg. 94
Gràfica 69 Temps – desplaçament transductors A4.3	Pàg. 94

Gràfica 70 Temps – mòdul de Young transductors A4.3	Pàg. 95
Gràfica 71 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.3	Pàg. 95
Gràfica 72 Temps – força A4.3	Pàg. 97
Gràfica 73 Temps – força A4.4	Pàg. 99
Gràfica 74 Temps – desplaçament transductors A4.4	Pàg. 99
Gràfica 75 Temps – mòdul de Young transductors A4.4	Pàg. 100
Gràfica 76 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.4	Pàg. 100
Gràfica 77 Temps – força A4.4	Pàg. 101
Gràfica 78 Temps – força A4.5	Pàg. 103
Gràfica 79 Temps – desplaçament transductors A4.5	Pàg. 103
Gràfica 80 Temps – mòdul de Young transductors A4.5	Pàg. 104
Gràfica 81 Temps – deformació galgues A4.5	Pàg. 104
Gràfica 82 Temps – mòdul de Young galgues A4.5	Pàg. 105
Gràfica 83 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.5	Pàg. 105
Gràfica 84 Zoom temps – mòdul de Young galgues A4.5	Pàg. 106
Gràfica 85 Temps – força A4.5	Pàg. 107
Gràfica 86 Temps – força B1.1	Pàg. 109
Gràfica 87 Temps – desplaçament transductors B1.1	Pàg. 109
Gràfica 88 Temps – mòdul de Young transductors B1.1	Pàg. 110
Gràfica 89 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.1	Pàg. 110
Gràfica 90 Temps – força B1.1	Pàg. 111
Gràfica 91 Temps – força B1.2	Pàg. 112
Gràfica 92 Temps – desplaçament transductors B1.2	Pàg. 113
Gràfica 93 Temps – mòdul de Young transductors B1.2	Pàg. 113
Gràfica 94 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.2	Pàg. 114
Gràfica 95 Temps – força B1.2	Pàg. 115
Gràfica 96 Temps – força B1.3	Pàg. 116
Gràfica 97 Temps – desplaçament transductors B1.3	Pàg. 117
Gràfica 98 Temps – mòdul de Young transductors B1.3	Pàg. 117
Gràfica 99 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.3	Pàg. 118
Gràfica 100 Temps – força B1.3	Pàg. 119
Gràfica 101 Temps – força B1.4	Pàg. 120
Gràfica 102 Temps – desplaçament transductors B1.4	Pàg. 121
Gràfica 103 Temps – mòdul de Young transductors B1.4	Pàg. 121
Gràfica 104 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.4	Pàg. 122

Gràfica 105 Temps – força B1.4	Pàg. 123
Gràfica 106 Temps – força B1.5	Pàg. 124
Gràfica 107 Temps – desplaçament transductors B1.5	Pàg. 125
Gràfica 108 Temps – mòdul de Young transductors B1.5	Pàg. 125
Gràfica 109 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.5	Pàg. 126
Gràfica 110 Temps – força B1.5	Pàg. 127
Gràfica 111 Temps – força B2.1	Pàg. 128
Gràfica 112 Temps – desplaçament transductors B2.1	Pàg. 129
Gràfica 113 Temps – mòdul de Young transductors B2.1	Pàg. 129
Gràfica 114 Temps – deformació galgues B2.1	Pàg. 130
Gràfica 115 Temps – mòdul de Young galgues B2.1	Pàg. 130
Gràfica 116 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.1	Pàg. 131
Gràfica 117 Zoom temps – mòdul de Young galgues B2.1	Pàg. 132
Gràfica 118 Temps – força B2.1	Pàg. 133
Gràfica 119 Temps – força B2.2	Pàg. 134
Gràfica 120 Temps – desplaçament transductors B2.2	Pàg. 135
Gràfica 121 Temps – mòdul de Young transductors B2.2	Pàg. 135
Gràfica 122 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.2	Pàg. 136
Gràfica 123 Temps – força B2.2	Pàg. 137
Gràfica 124 Temps – força B2.3	Pàg. 138
Gràfica 125 Temps – desplaçament transductors B2.3	Pàg. 139
Gràfica 126 Temps – mòdul de Young transductors B2.3	Pàg. 139
Gràfica 127 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.3	Pàg. 140
Gràfica 128 Temps – força B2.3	Pàg. 141
Gràfica 129 Temps – força B2.4	Pàg. 142
Gràfica 130 Temps – desplaçament transductors B2.4	Pàg. 143
Gràfica 131 Temps – mòdul de Young transductors B2.4	Pàg. 143
Gràfica 132 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.4	Pàg. 144
Gràfica 133 Temps – força B2.4	Pàg. 145
Gràfica 134 Temps – força B2.5	Pàg. 146
Gràfica 135 Temps – desplaçament transductors B2.5	Pàg. 147
Gràfica 136 Temps – mòdul de Young transductors B2.5	Pàg. 147
Gràfica 137 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.5	Pàg. 148
Gràfica 138 Temps – força B2.5	Pàg. 149
Gràfica 139 Temps – força B3.1	Pàg. 150

Gràfica 140 Temps – desplaçament transductors B3.1	Pàg. 151
Gràfica 141 Temps – mòdul de Young transductors B3.1	Pàg. 151
Gràfica 142 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.1	Pàg. 152
Gràfica 143 Temps – força B3.1	Pàg. 153
Gràfica 144 Temps – força B3.2	Pàg. 155
Gràfica 145 Temps – desplaçament transductors B3.2	Pàg. 155
Gràfica 146 Temps – mòdul de Young transductors B3.2	Pàg. 156
Gràfica 147 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.2	Pàg. 156
Gràfica 148 Temps – força B3.2	Pàg. 157
Gràfica 149 Temps – força B3.3	Pàg. 159
Gràfica 150 Temps – desplaçament transductors B3.3	Pàg. 159
Gràfica 151 Temps – mòdul de Young transductors B3.3	Pàg. 160
Gràfica 152 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.3	Pàg. 160
Gràfica 153 Temps – força B3.3	Pàg. 161
Gràfica 154 Temps – força B3.4	Pàg. 163
Gràfica 155 Temps – desplaçament transductors B3.4	Pàg. 163
Gràfica 156 Temps – mòdul de Young transductors B3.4	Pàg. 164
Gràfica 157 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.4	Pàg. 164
Gràfica 158 Temps – força B3.4	Pàg. 165
Gràfica 159 Temps – força B3.5	Pàg. 167
Gràfica 160 Temps – desplaçament transductors B3.5	Pàg. 167
Gràfica 161 Temps – mòdul de Young transductors B3.5	Pàg. 168
Gràfica 162 Temps – deformació galgues B3.5	Pàg. 168
Gràfica 163 Temps – mòdul de Young galgues B3.5	Pàg. 169
Gràfica 164 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.5	Pàg. 169
Gràfica 165 Zoom temps – mòdul de Young galgues B3.5	Pàg. 170
Gràfica 166 Temps – força B3.5	Pàg. 171
Gràfica 167 Temps – força C3.1	Pàg. 173
Gràfica 168 Temps – desplaçament transductors C3.1	Pàg. 173
Gràfica 169 Temps – mòdul de Young transductors C3.1	Pàg. 174
Gràfica 170 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.1	Pàg. 174
Gràfica 171 Temps – força C3.1	Pàg. 175
Gràfica 172 Temps – força C3.2	Pàg. 177
Gràfica 173 Temps – desplaçament transductors C3.2	Pàg. 177
Gràfica 174 Temps – mòdul de Young transductors C3.2	Pàg. 178

Gràfica 175 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.2	Pàg. 178
Gràfica 176 Temps – força C3.2	Pàg. 179
Gràfica 177 Temps – força C3.3	Pàg. 181
Gràfica 178 Temps – desplaçament transductors C3.3	Pàg. 181
Gràfica 179 Temps – mòdul de Young transductors C3.3	Pàg. 182
Gràfica 180 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.3	Pàg. 182
Gràfica 181 Temps – força C3.3	Pàg. 183
Gràfica 182 Temps – força C3.4	Pàg. 185
Gràfica 183 Temps – desplaçament transductors C3.4	Pàg. 185
Gràfica 184 Temps – mòdul de Young transductors C3.4	Pàg. 186
Gràfica 185 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.4	Pàg. 186
Gràfica 186 Temps – força C3.4	Pàg. 187
Gràfica 187 Temps – força C3.5	Pàg. 189
Gràfica 188 Temps – desplaçament transductors C3.5	Pàg. 189
Gràfica 189 Temps – mòdul de Young transductors C3.5	Pàg. 190
Gràfica 190 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.5	Pàg. 190
Gràfica 191 Temps – força C3.5	Pàg. 191

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1 Nomenclatura peces	Pàg. 6
Taula 2 Dimensions peces	Pàg. 7
Taula 3 Massa de les peces	Pàg. 9
Taula 4 Freqüències experimentals A1	Pàg. 37
Taula 5 Freqüències experimentals A2	Pàg. 38
Taula 6 Freqüències experimentals A4	Pàg. 39
Taula 7 Freqüències experimentals B1	Pàg. 40
Taula 8 Freqüències experimentals B2	Pàg. 41
Taula 9 Freqüències experimentals B3	Pàg. 42
Taula 10 Freqüències experimentals C3	Pàg. 43
Taula 11 Mòdul de Young A1	Pàg. 193
Taula 12 Mòdul de Young A2	Pàg. 193
Taula 13 Mòdul de Young A4	Pàg. 194
Taula 14 Mòdul de Young B1	Pàg. 195
Taula 15 Mòdul de Young B2	Pàg. 196
Taula 16 Mòdul de Young B3	Pàg. 197
Taula 17 Mòdul de Young C3	Pàg. 198
Taula 18 Tensions de ruptura	Pàg. 199
Taula 19 Resistència de compressió normalitzada	Pàg. 200
Taula 20 Freqüències teòriques A4.5	Pàg. 202
Taula 21 Freqüències teòriques B2.1	Pàg. 203
Taula 22 Freqüències teòriques B3.5	Pàg. 204

1. ESTAT DEL CONEIXEMENT

Al llarg dels anys, diversos investigadors han trobat els intervals de resultats del mòdul de Young estàtic i tensions de ruptura que m'agradaria plasmar en aquest treball final de grau.

Els investigadors M.E.Maciá i A. Rolando van publicar un article a la revista *Materiales de Construcción* l'any 2013¹, sobre la variació del mòdul de Young sotmès a diferents temperatures. Aquest article fa referència que l'investigador Page l'any 1978 va trobar que el mòdul de Young de peces ceràmiques estava entre 3000 i 5000 N/mm².

Altres investigadors com J.M.Nichols i Y.Z.Totoev van publicar un article on feien referència que l'investigador Dhanasekar l'any 1985 va trobar que el mòdul de Young estava entre 7000 i 12000 N/mm².

Aquests valors trobats pels investigadors Page i Dhanasekar seran orientatius pel treball final de grau, tot i que, són valors trobats de fa més de trenta anys.

En referència a les tensions de ruptura de peces ceràmiques, l'investigador A. Rolando va publicar un article a la revista *Materiales de Construcción* l'any 2006, sobre la resistència a compressió de la fàbrica en funció dels seus components³, on va trobar que les peces de ceràmiques perforades i de dimensions 240x114x68 mm tenen una tensió de ruptura mitjana de 22,77 N/mm² i una tensió de ruptura normalitzada de 16 N/mm².

Aquests valors trobats per l'investigador A. Rolando són de peces ceràmiques perforades i en aquest treball final de grau s'utilitzaran peces ceràmiques massisses.

L'any 2012, les estudiants de la EPS Ester Pérez Gustà i Alba Mallorquín Gayubo van realitzar el treball final de carrera sobre la caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa⁴. En aquest treball, van trobar els valors de resistència a compressió de peces ceràmiques

¹ M.E. Maciá, A. Rolando. 2013. "Variación del módulo de Young de un elemento de fábrica de ladrillo sometido a altas temperaturas". *Materiales de Construcción*, núm. 63, p. 105-116.

² J.M. Nichols, Y.Z. Totoev. "Experimental determination of the dynamic Modulus of Elasticity of masonry units", p. 1-7.

³ A. Rolando. 2006. "Resistencia característica a compresión de una fábrica de ladrillo en función de la resistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea". *Materiales de Construcción*, núm. 56, p. 91-98.

⁴ Pérez Gustà, Ester; Mallorquín Gayubo, Alba. 2012. "Caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa". *Universitat de Girona. Escola Politècnica Superior. Treball final de carrera*, p. 1-114.

massisses de 100x100x50 mm on trobar que la resistència mitjana a compressió va ser 49,60 N/mm² i la resistència normalitzada a compressió va ser de 59,50 N/mm².

Pel que fa als valors del mòdul de Young dinàmics i els patrons de ruptura no s'ha trobat articles on s'investiguessin peces ceràmiques.

2. OBJECTIUS

Els objectius principals d'aquest treball final de grau són els següents:

- Determinar el mòdul de Young dinàmic amb un assaig per vibració de les peces ceràmiques.
- Determinar el mòdul de Young estàtic amb un assaig destructiu de la sèrie de peces ceràmiques.
- Estudi i tractament de les dues dades dels assaigs anteriors.
- Intentar establir una correlació entre els dos mòduls de Young, el mòdul de Young dinàmic i el mòdul de Young estàtic.

3. METODOLOGIA D'INVESTIGACIÓ

Per tal de poder complir els objectius establerts, es treballarà amb peces ceràmiques massisses de diferents gruixos i fabriques.

Un dels objectius és la determinació del mòdul de Young dinàmic de les peces ceràmiques massisses. Per determinar aquest mòdul E dinàmic es realitzarà un anàlisi modal mitjançant un assaig de vibració de les peces. Els resultats que obtindrem, després de fer aquests assaigs, seran freqüències experimentals de vibració de cada una de les peces assajades.

Un dels altres objectiu és la determinació del mòdul de Young estàtic de les peces ceràmiques. Per la determinació d'aquest mòdul E estàtic es realitzarà un assaig destructiu per cada una de les peces. Aquest assaig s'instrumentarà amb els aparells corresponents i obtindrem la variació del mòdul de Young estàtic durant l'assaig, la resistència a compressió de cada peça i s'intentarà establir un patró de ruptura.

Finalment, l'últim objectiu és intentar establir una relació entre els dos mòduls de Young. Un cop tinguem el mòdul de Young estàtic definit per cada peça, s'introduirà en el programa corresponent i aquest ens permetrà visualitzar unes freqüències teòriques. Aquesta operació ens permetrà comparar les freqüències teòriques i experimentals i així poder establir quin és el mòdul de Young dinàmic.

4. PROCEDIMENT DELS ASSAIGS

4.1. Selecció de les peces

Se seleccionaran un total de trenta-cinc peces ceràmiques i s'observarà que no tinguin cap tipus de fissura ni esquerdada a cap de les seves cares. També s'observarà que les cares tinguin una certa aplanetada i que les dimensions siguin semblants.

Agafarem cinc peces de cada tipus. Aquestes ja estan agrupades en palets pels diferents gruixos (1,8cm, 3,2cm, 5cm i 7cm) i també pels diferents llocs de producció de les peces (Rajoleria Quintana i Ceràmica Elias).

A continuació es mostraran una sèrie de fotografies del lloc on s'agrupen les peces.



Fotografia 1 Palets de peces ceràmiques

4.2. Nomenclatura de les peces

Un cop seleccionades les peces ceràmiques, les haurem de classificar per tal d'agrupar-les pel seu gruix i pel lloc de fabricació. Com ja s'ha dit a l'apartat anterior, en el nostre cas d'estudi tenim trenta-cinc peces de les quals s'hauran d'agafar cinc peces de cada tipus, on tenim peces amb diferent gruix (1,8cm, 3,2cm, 5cm i 7cm) i amb diferents llocs de producció (Rajoleria Quintana, Ceràmica Elias i un grup d'origen de fabricació desconegut). En total tindrem set famílies de peces ceràmiques.

A continuació designarem les peces amb la nomenclatura següent:

Per les peces que provenen de la Rajoleria Quintana els hi donarem la lletra A, les peces fabricades a la Ceràmica Elias la lletra B i per les peces d'origen de fabricació desconegut la lletra C.

Per les peces que tenen un gruix aproximat de 1,8cm els hi donarem el número 1, per les peces de gruix aproximat de 3,2cm el número 2, per les peces de gruix aproximat 5cm el número 3 i per les peces de gruix aproximat 7cm el número 4.

Finalment adjuntarem una taula resum on es podrà observar les set famílies ceràmiques.

Lloc de producció	Gruix	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4	Peça 5
Rajoleria Quintana	1,8cm	A1.1	A1.2	A1.3	A1.4	A1.5
Rajoleria Quintana	3,2cm	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4	A2.5
Rajoleria Quintana	7cm	A4.1	A4.2	A4.3	A4.4	A4.5
Ceràmica Elias	1,8cm	B1.1	B1.2	B1.3	B1.4	B1.5
Ceràmica Elias	3,2cm	B2.1	B2.2	B2.3	B2.4	B2.5
Ceràmica Elias	5cm	B3.1	B3.2	B3.3	B3.4	B3.5
Origen desconegut	5cm	C3.1	C3.2	C3.3	C3.4	C3.5

Taula 1 Nomenclatura de les peces

4.3. Preparació de les peces

Per la realització d'aquest procés, s'haurà de tallar la cara de suport de la peça per tal d'aconseguir que sigui totalment plana i uniforme. Aquesta operació es realitza pel compliment de les toleràncies de la normativa UNE-EN 772-16:2011⁵, que s'explicaran en el següent apartat.

A continuació es mostrarà una fotografia del procediment anterior.



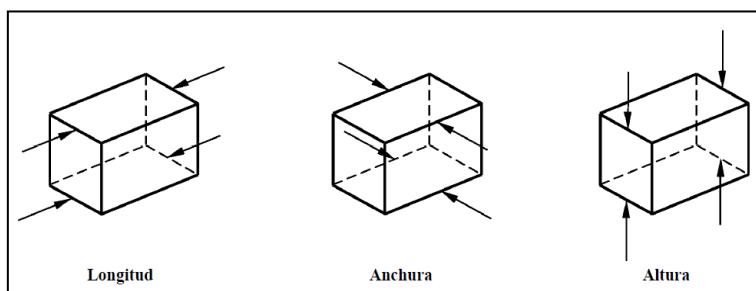
Fotografia 2 Taula de tall

⁵ UNE-EN 772-16. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.

4.4. Dimensions i toleràncies

Per tal de saber les dimensions i toleràncies de cada una de les peces s'utilitza la normativa UNE-EN 772-16:2011⁶ ja que la normativa UNE-EN 771-1:2011⁷ en el seu annex A així ho indica.

Per determinar les dimensions de les peces, realitzarem dues lectures prop de les vores de cada peça en les posicions indicades en la següent imatge. La normativa UNE-EN 772-16:2011⁸ mostra diversos procediments per determinar les dimensions i s'escull el que més s'ajusta al nostre cas.



Imatge 1 Realització mesures

A continuació, mostrarem una taula on es podrà observar les dimensions de les peces.

Peça	Longitud (mm)	Ample (mm)	Gruix (mm)
A1.1	264,16	135,00	19,06
A1.2	251,73	134,32	18,55
A1.3	260,62	134,83	18,66
A1.4	263,04	134,81	18,65
A1.5	258,85	135,01	18,58
A2.1	258,60	136,92	30,62
A2.2	256,47	137,12	31,98
A2.3	249,72	136,81	32,12
A2.4	260,57	137,91	32,16
A2.5	256,46	135,88	31,72
A4.1	254,34	135,10	69,70

⁶ UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

⁷ UNE-EN 771-1. *Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.*

⁸ UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

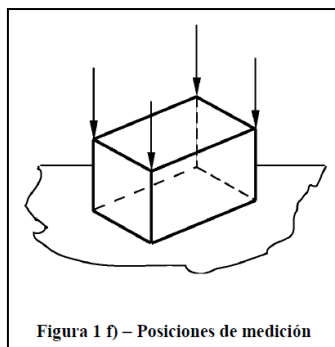
A4.2	258,87	134,56	70,44
A4.3	259,22	128,79	66,33
A4.4	251,26	135,13	69,31
A4.5	266,18	135,54	69,26
B1.1	255,94	135,92	18,75
B1.2	265,23	135,53	17,18
B1.3	265,20	135,73	17,33
B1.4	248,58	137,09	17,80
B1.5	266,70	135,32	18,34
B2.1	259,40	134,08	26,41
B2.2	247,78	134,27	25,45
B2.3	247,29	134,20	26,65
B2.4	237,71	134,23	26,91
B2.5	241,39	134,39	26,26
B3.1	249,14	132,80	44,87
B3.2	247,12	134,72	45,24
B3.3	246,96	133,88	45,84
B3.4	248,82	133,02	44,93
B3.5	245,81	133,66	46,41
C3.1	265,25	135,12	47,88
C3.2	265,35	136,24	46,98
C3.3	266,90	136,75	48,42
C3.4	265,27	135,90	46,51
C3.5	264,11	135,46	45,92

Taula 2 Dimensions peces

Un cop tenim les dimensions de les peces, és l'hora de comprovar si les dues cares de suport són paral·leles. La normativa UNE-EN 772-16:2011⁹ diu, que per determinar el paral·lelisme de les

⁹ UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

cares de suport, s'haurà de realitzar quatre lectures a les quatre cantonades de la peça, tal com mostra la següent imatge, i no pot haver-hi una diferència d'un 1% entre les quatre lectures.



Imatge 2 Paral·lelisme cantonades

4.5. Massa de les peces

Per la determinació de la massa seca de les peces, utilitzarem la normativa UNE-EN 772-13:2000¹⁰ ja que la normativa UNE-EN 771-1:2011¹¹ en el seu annex A així ho indica.

Per tal d'aconseguir la massa seca de les peces, haurem d'introduir totes les peces dins una estufa ventilada amb una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Un cop introduïdes, aconseguirem la massa seca quan entre dues pesades successives realitzades en intervals de 24 hores, la pèrdua de massa no sigui superior al 0,2%.

A continuació, mostrarem una taula on es podrà observar la massa de les peces.

Peça	Entrada Forn		Dia 1			Dia 2			
	data	Kg	data	Kg	%	data	Kg	%	
A1	A1.1	21/03/2014	1,0805	24/03/2014	1,0795	-0,1	25/03/2014	1,0795	0,0
	A1.2	21/03/2014	1,0755	24/03/2014	1,0747	-0,1	25/03/2014	1,0747	0,0
	A1.3	21/03/2014	1,1113	24/03/2014	1,1103	-0,1	25/03/2014	1,1103	0,0
	A1.4	21/03/2014	1,1169	24/03/2014	1,1160	-0,1	25/03/2014	1,1160	0,0
	A1.5	21/03/2014	1,0911	24/03/2014	1,0902	-0,1	25/03/2014	1,0902	0,0

¹⁰ UNE-EN 772-13. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 13: Determinación de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fábrica de albañilería (excepto piedra natural).

¹¹ UNE-EN 771-1. Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.

A2	A2.1	21/03/2014	1,8239	24/03/2014	1,8227	-0,1	25/03/2014	1,8229	0,0
	A2.2	21/03/2014	1,8576	24/03/2014	1,8559	-0,1	25/03/2014	1,8560	0,0
	A2.3	21/03/2014	1,8341	24/03/2014	1,8329	-0,1	25/03/2014	1,8329	0,0
	A2.4	21/03/2014	1,8644	24/03/2014	1,8631	-0,1	25/03/2014	1,8631	0,0
	A2.5	21/03/2014	1,8733	24/03/2014	1,8725	0,0	25/03/2014	1,8725	0,0
A4	A4.1	04/04/2014	3,9149	07/04/2014	3,9110	-0,1	08/04/2014	3,9108	0,0
	A4.2	04/04/2014	4,0439	07/04/2014	4,0405	-0,1	08/04/2014	4,0404	0,0
	A4.3	04/04/2014	3,9815	07/04/2014	3,9803	0,0	08/04/2014	3,9802	0,0
	A4.4	04/04/2014	3,8998	07/04/2014	3,8932	-0,2	08/04/2014	3,8931	0,0
	A4.5	04/04/2014	4,1046	07/04/2014	4,1010	-0,1	08/04/2014	4,1009	0,0
B1	B1.1	21/03/2014	1,0510	24/03/2014	1,0503	-0,1	25/03/2014	1,0503	0,0
	B1.2	21/03/2014	1,0448	24/03/2014	1,0439	-0,1	25/03/2014	1,0440	0,0
	B1.3	21/03/2014	1,0121	24/03/2014	1,0113	-0,1	25/03/2014	1,0113	0,0
	B1.4	21/03/2014	1,0238	24/03/2014	1,0229	-0,1	25/03/2014	1,0230	0,0
	B1.5	21/03/2014	1,1073	24/03/2014	1,1065	-0,1	25/03/2014	1,1066	0,0
B2	B2.1	21/03/2014	1,5342	24/03/2014	1,5329	-0,1	25/03/2014	1,5330	0,0
	B2.2	21/03/2014	1,4064	24/03/2014	1,4052	-0,1	25/03/2014	1,4053	0,0
	B2.3	21/03/2014	1,4477	24/03/2014	1,4466	-0,1	25/03/2014	1,4466	0,0
	B2.4	21/03/2014	1,4305	24/03/2014	1,4294	-0,1	25/03/2014	1,4293	0,0
	B2.5	21/03/2014	1,4104	24/03/2014	1,4093	-0,1	25/03/2014	1,4093	0,0
B3	B3.1	21/03/2014	2,4344	24/03/2014	2,4327	-0,1	25/03/2014	2,4328	0,0
	B3.2	21/03/2014	2,3974	24/03/2014	2,3956	-0,1	25/03/2014	2,3957	0,0
	B3.3	21/03/2014	2,4034	24/03/2014	2,4017	-0,1	25/03/2014	2,4018	0,0
	B3.4	21/03/2014	2,4066	24/03/2014	2,4048	-0,1	25/03/2014	2,4050	0,0
	B3.5	21/03/2014	2,4037	24/03/2014	2,4021	-0,1	25/03/2014	2,4021	0,0
C3	C3.1	21/03/2014	2,8552	24/03/2014	2,8528	-0,1	25/03/2014	2,8528	0,0
	C3.2	21/03/2014	2,9980	24/03/2014	2,9957	-0,1	25/03/2014	2,9958	0,0
	C3.3	21/03/2014	3,1323	24/03/2014	3,1299	-0,1	25/03/2014	3,1301	0,0
	C3.4	21/03/2014	2,8535	24/03/2014	2,8511	-0,1	25/03/2014	2,8511	0,0
	C3.5	21/03/2014	2,8282	24/03/2014	2,8263	-0,1	25/03/2014	2,8264	0,0

Taula 3 Massa de les peces

Finalment mostrarem dues imatges. Una de l'estufa ventilada instal·lada al laboratori de materials i l'altre de totes les peces dins l'estufa.



Fotografia 3 Estufa ventilada

4.6. Treballs a laboratori

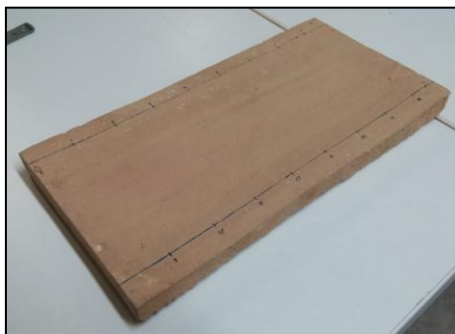
A continuació, s'explicaran tots els treballs que s'han dut a terme en el laboratori per tal de poder trobar els resultats satisfactòriament.

Dividirem aquest apartat en dos parts, un pels treballs fets al laboratori per la determinació del mòdul de Young dinàmic i un altre per la determinació del mòdul de Young estàtic.

4.6.1. Procediment de determinació del mòdul de Young dinàmic

4.6.1.1. Quadriculat de les peces

Realitzarem una quadrícula numerada sobre el pla de cada peça per la fàcil realització del següent a part. Sobre aquesta quadrícula serà on impactarem amb el martell i també on si instal·laran els dos acceleròmetres.



Fotografia 4 Quadriculat de les peces

4.6.1.2. Adquisició de dades amb el programa PIMENTO

4.6.1.2.1. Material emprat a l'assaig

Per la realització d'aquest assaig, s'ha utilitzat un total de quatre materials. Tots aquests materials són bàsic per l'adquisició correcta de les dades i són els següents: una estructura de suport metàl·lica, un equip d'adquisició de dades, un martell i dos acceleròmetres.

A continuació, explicarem la funció de cada un del material utilitzat que anirà acompanyat amb una fotografia.

L'estructura de suport metàl·lica té la funció de simular que la peça està en una hipotètica situació de gravetat quasi nul·la, i és per això que l'acompanyen les molles que ajudaran a simular aquesta situació.



Fotografia 5 Estructura de suport

L'equip d'adquisició té la funció de recaptar els senyals que li transmeten el martell i els acceleròmetres. Aquest equip també incorpora un programa que ajuda a visualitzar els senyals recaptats.



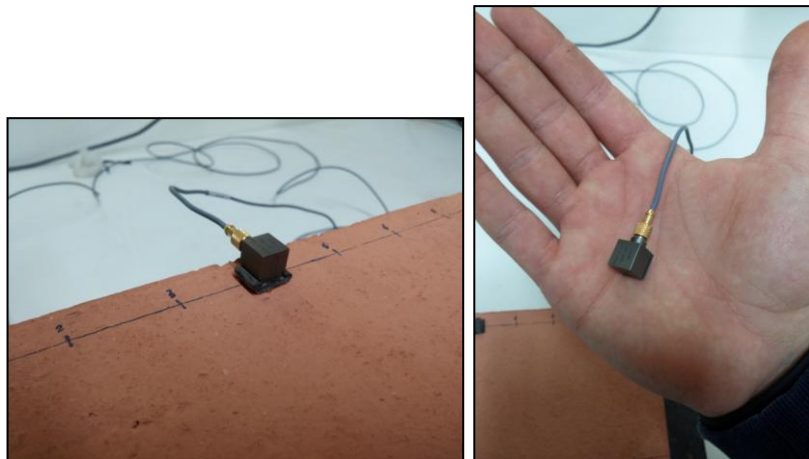
Fotografia 6 Equip d'adquisició

El martell té la funció de realitzar els cops a cada punt de la quadrícula de la peça i d'enviar els senyals a l'equip d'adquisició.



Fotografia 7 Martell

Els acceleròmetres tenen la funció d'augmentar la freqüència o vibració que es produeix quan impactem amb el martell i d'enviar el senyal a l'equip d'adquisició.



Fotografia 8 Acceleròmetres

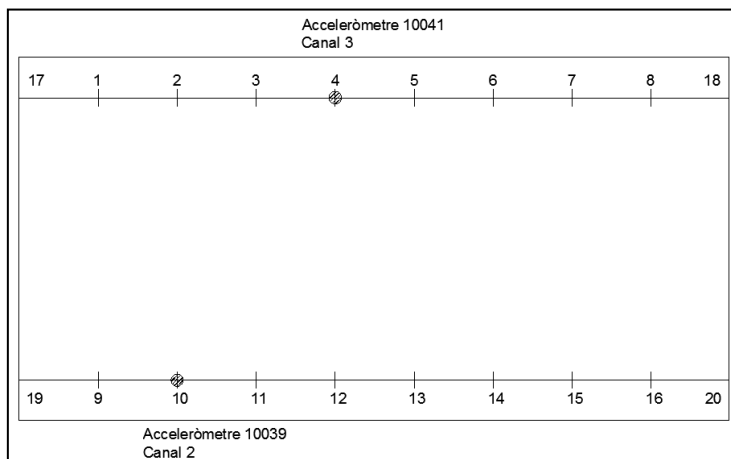
4.6.1.2.2. Procediment per l'adquisició

Un cop ja tenim tot el material preparat i connectat correctament, explicarem els punts més destacats i importants per la correcta adquisició de dades. Acompanyarem l'explicació amb diverses imatges del procediment seguit.

Abans de començar a utilitzar el programa PIMENTO, haurem de decidir en quins punts col·loquem els acceleròmetres, quins acceleròmetres instal·lem i en quins canals de l'equip d'adquisició els connectem.

Col·locarem l'acceleròmetre 10041 en el punt 4 de la peça i el connectarem en el canal 3 de l'equip d'adquisició. Col·locarem l'acceleròmetre 10039 en el punt 10 de la peça i el connectarem en el canal 2 de l'equip d'adquisició.

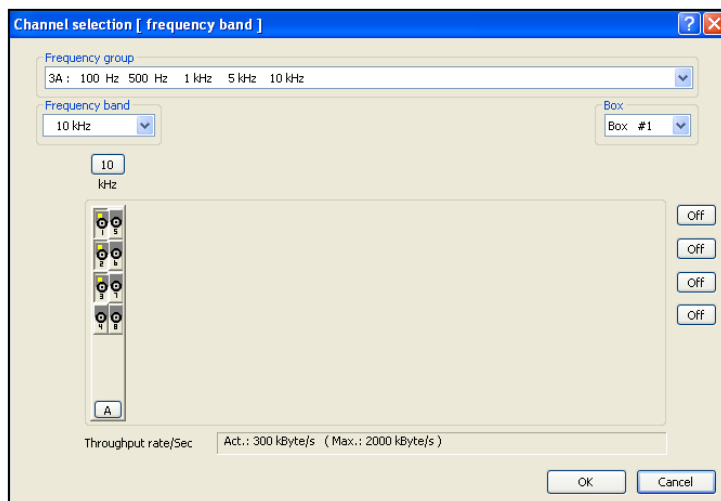
Utilitzarem sempre el mateix patró per cada peça, així facilitem el procediment per l'adquisició i la futura visualització.



Imatge 3 Esquema col·locació acceleròmetres

A continuació, ja podem utilitzar el programa PIMENTO i primer de tot anirem a seleccionar els canals que volem obrir i la freqüència de mostreig.

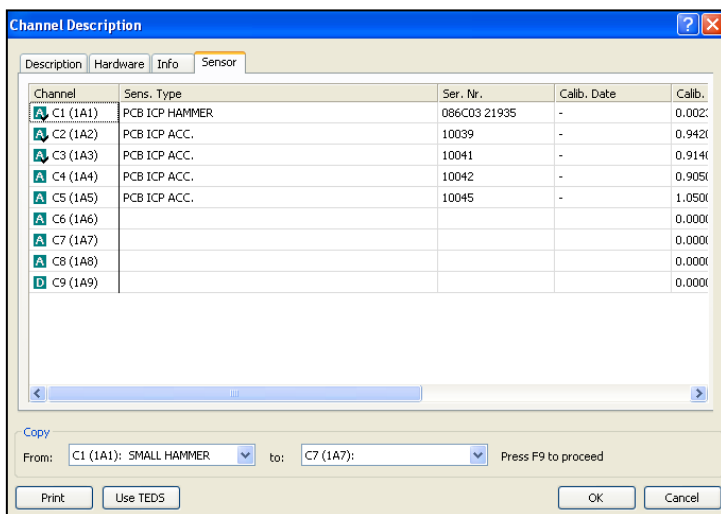
Measurement/Properties/Channel Selection



Imatge 4 Measurement/Properties/Channel Selection

Seguidament, indicarem a quin canal de l'equip d'adquisició van connectats els acceleròmetres i el martell. Anteriorment, no s'ha esmentat però sempre connectarem el martell en el canal 1.

Measurement/Properties/Channel Description/Sensor

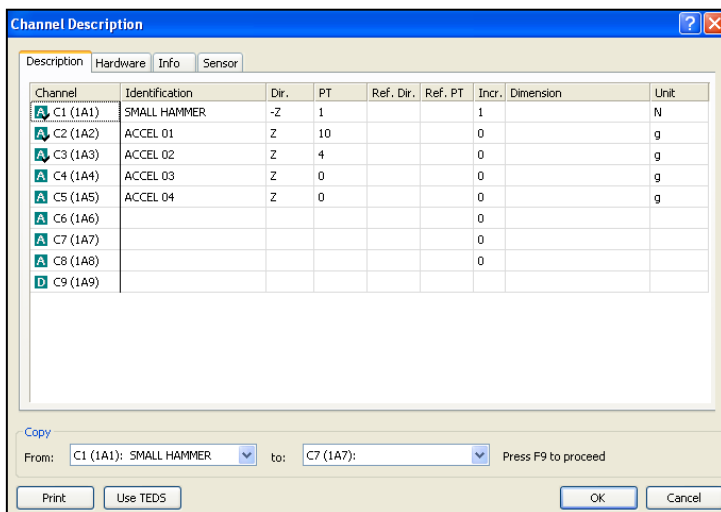


Imatge 5 Measurement/Properties/Channel Description/Sensor

Tot seguit, identificarem la posició i la direcció dels acceleròmetres i del martell. També indicarem els increments de numeració, però com que es tracta d'una anàlisi de "roving hammer" només el martell tindrà un increment de numeració d'1. Això vol dir que els acceleròmetres estaran fixos i que el martell es mourà.

Per indicar la direcció, haurem de seguir el següent criteri. Si impactem en la mateixa cara en la qual llegeix l'acceleròmetre, el signe de l'acceleròmetre i el del martell seran contraris. Si l'impacte es produeix en cares oposades, els signes seran els mateixos. Per tant, nosaltres tindrem que els signes dels acceleròmetres i del martell seran contraris perquè col·loquem els acceleròmetres a la mateixa cara que impactem amb el martell.

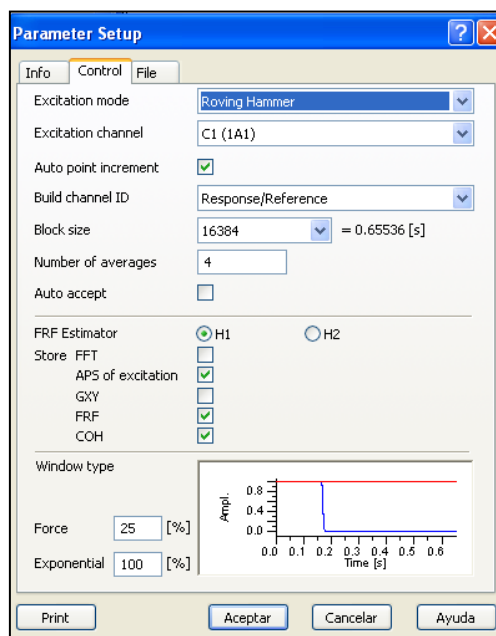
Measurement/Properties/Channel Description/Description



Imatge 6 Measurement/Properties/Channel Description/Description

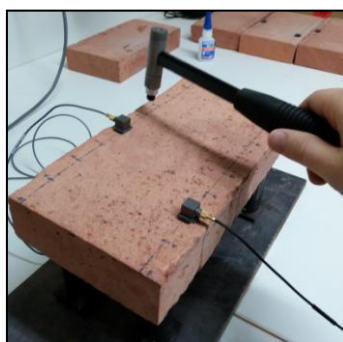
Finalment, haurem de definir el sistema d'excitació i també el número de vegades que impactem en cada punt. El sistema d'excitació serà "roving hammer", ja que, com s'ha dit anteriorment, els acceleròmetres estaran fixos i que el martell es mourà. El número de vegades que impactarem en cada punt serà quatre.

Measurement/Parameter Setup/Control



Imatge 7 Measurement/Parameter Setup/Control

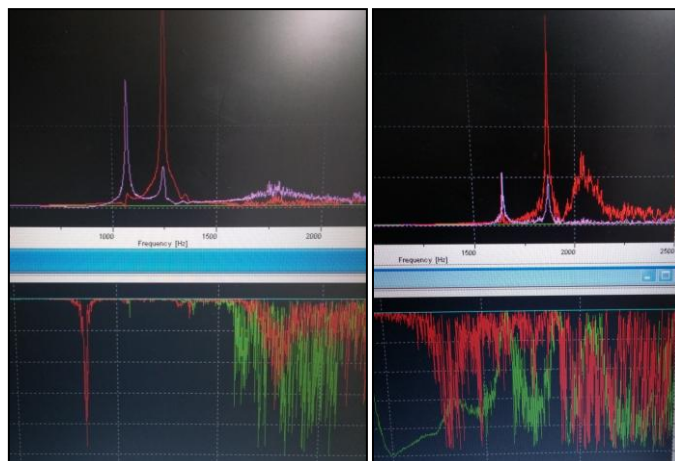
Un cop ja tenim el programa PIMENTO preparat per l'adquisició de dades, ja podem començar a impactar amb el martell sobre els diferents punts de la peça.



Fotografia 9 Assaig dinàmic

Tots els impactes han de tenir una certa similitud entre si, així els resultats que obtindrem seran més fiables. A continuació, explicarem si acceptem un impacte o no.

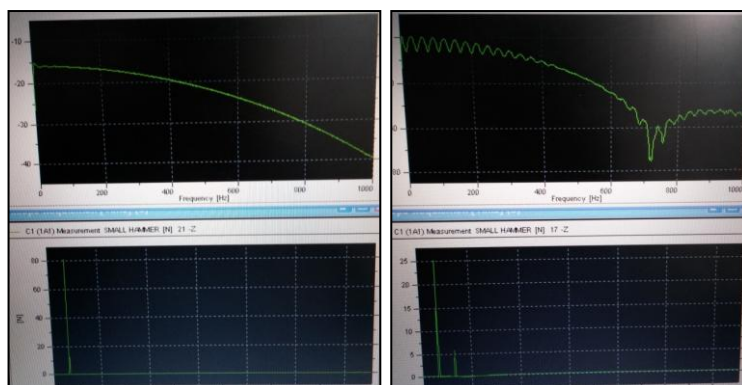
Primer de tot haurem de mirar la coherència i similitud amb l'impacte anterior. Per això, el programa PIMETO ja té una gràfica i a continuació mostrarem aquesta gràfica amb un impacte acceptable i un d'inacceptable.



Fotografia 10 Acceptació impactes

Com es pot comprovar, la imatge de l'esquerre té molta coherència amb l'impacte anterior perquè en les zones dels pics tenim molt poca variació, en canvi la imatge de la dreta és tot el contrari.

També, a l'hora d'acceptar un impacte s'ha de mirar que no es produeixin repics a la peça amb el martell i que l'impacte tingui prou energia.



Fotografia 11 Acceptació impactes

Com es pot comprovar, la imatge de l'esquerre, l'impacte té molta energia i no si observa cap repic, en canvi la imatge de la dreta és tot el contrari.

4.6.1.3. Visualització de les dades amb el programa TEST-LAB

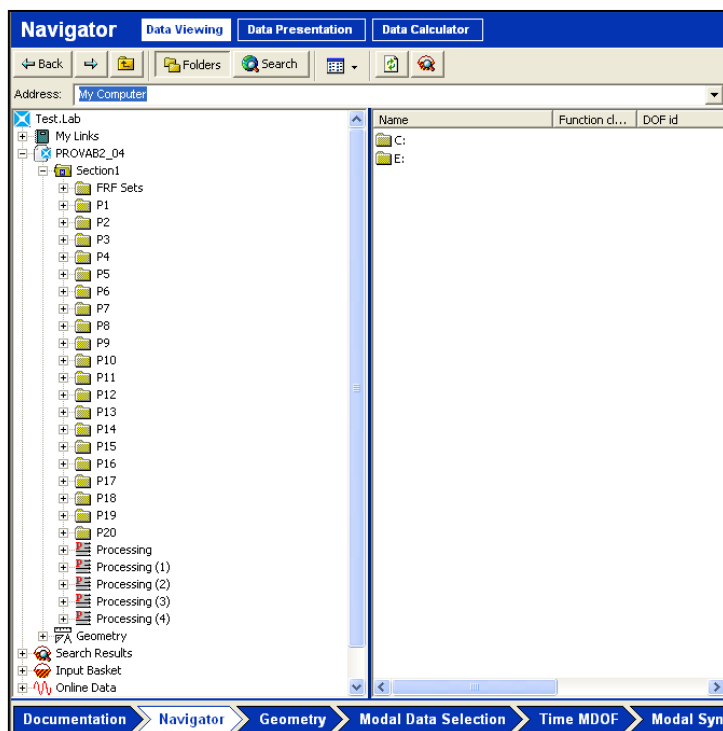
4.6.1.3.1. Procediment per la visualització

Es realitza aquest procediment per tal d'extreure, visualitzar i ordenar la informació obtinguda a l'apartat anterior.

La informació que principalment ens interessa extreure són les dades FRF (dades de freqüència) de cada impacte.

Un cop obert el programa, primer de tot haurem de crear una carpeta per cada impacte produït a la peça. En el nostre cas tenim un total de 20 cops, per tant haurem de crear un total de 20 carpetes.

Navigator/Data Viewing/Folders

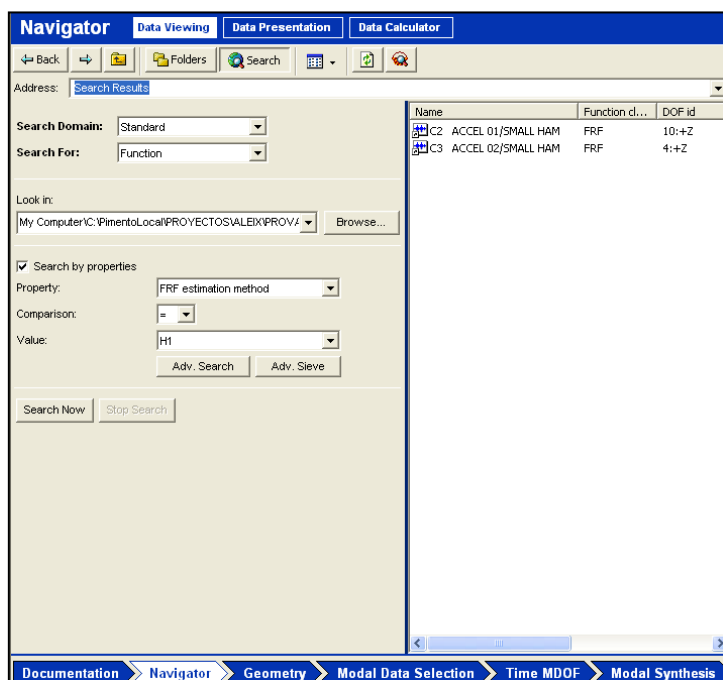


Imatge 8 Navigator/Data Viewing/Folders

A continuació, haurem d'anar a buscar les FRF de cada impacte, obtingudes amb el programa PIMETO. Per fer-ho haurem d'indicar que volem cercar per propietats i indicar-li quina propietat volem buscar, en el nostre cas les "FRF stimation method".

Aquesta operació s'haurà de fer impacte per impacte, ja que el programa TEST-LAB no permet fer-ho a l'hora.

Navigator/Data Viewing/Search

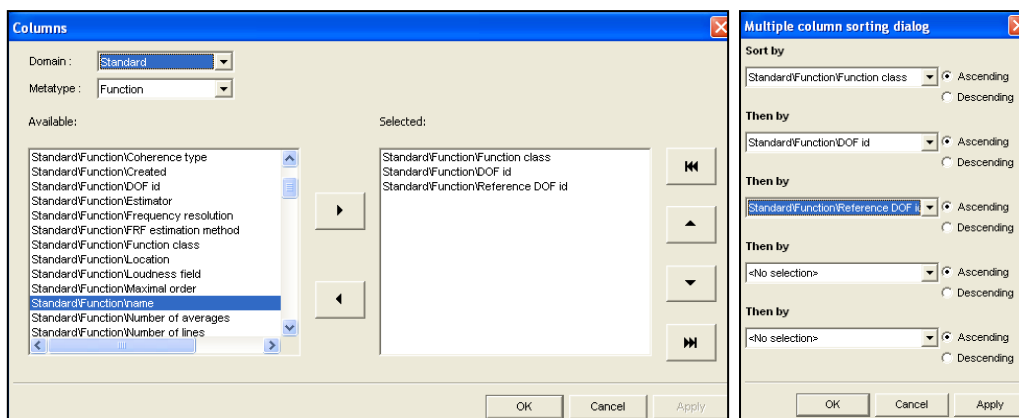


Imatge 9 Navigator/Data Viewing/Search

Un cop tenim tota la informació dels impactes col·locada dins de la seva carpeta corresponent, haurem d'ordenar aquesta informació.

Navigator/Data Viewing/Folders/Name/botó dret/Columns

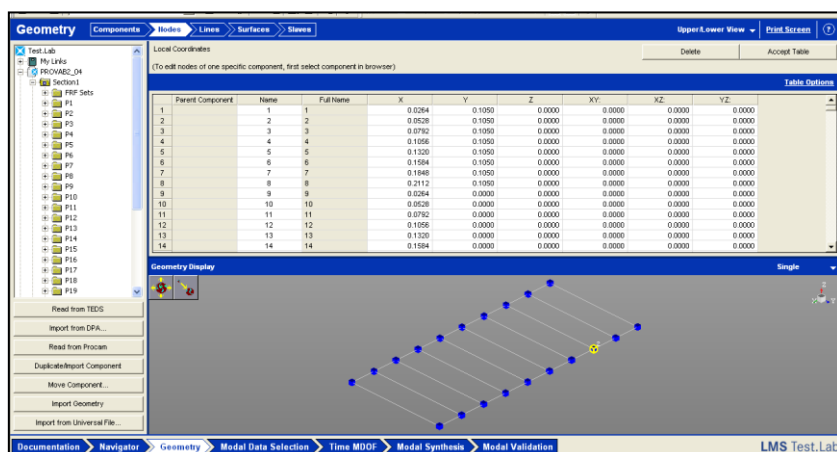
Navigator/Data Viewing/Folders/Name/botó dret/Sort



Imatge 10 Navigator/Data Viewing/Folders/Name

Un cop tenim tota la informació classificada i ordenada, és l'hora d'indicar la geometria de la peça. Primer de tot, haurem d'introduir els punts de la peça on s'ha produït l'impacte amb les seves coordenades corresponents.

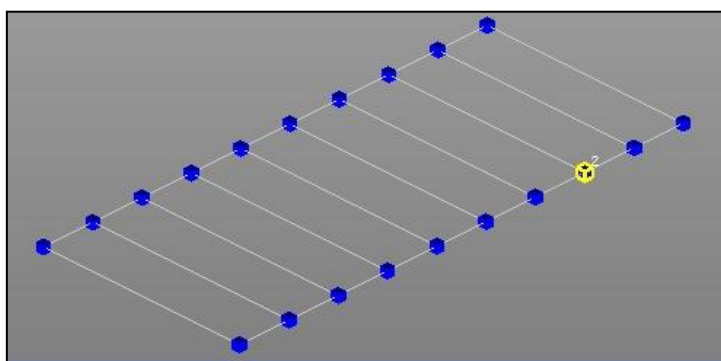
Geometry/Nodes



Imatge 11 Geometry/Nodes

Tot seguit, haurem d'enllaçar aquests punts amb línies per tal de tenir completament definida la peça.

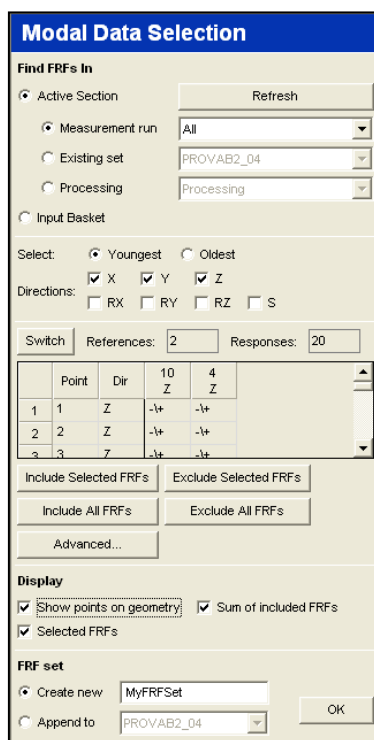
Geometry/Lines



Imatge 12 Geometry/Lines

A continuació, realitzarem una de les operacions més importants en la utilització d'aquest programa. Aquesta operació es tracta de clicar el botó "Switch" per tal que el nombre de "References" sigui més petit que el nombre de "Responses". Això significa que, un cop clicat el botó, només s'han fet dos impactes i tenim vint respostes, quan en realitat s'han realitzat vint impactes i només teníem dues respostes.

Modal Data Selection/clicar Switch



Modal Data Selection

Find FRFs In

☒ Active Section Refresh

☒ Measurement run All

☐ Existing set PROVAB2_04

☐ Processing Processing

☐ Input Basket

Select: ☒ Youngest ☐ Oldest

Directions: ☒ X ☒ Y ☒ Z

☐ RX ☐ RY ☐ RZ ☐ S

Switch References: 2 Responses: 20

	Point	Dir	10 Z	4 Z
1	1	Z	-1*	-1*
2	2	Z	-1*	-1*
3	3	Z	-1*	-1*

Include Selected FRFs Exclude Selected FRFs

Include All FRFs Exclude All FRFs

Advanced...

Display

☒ Show points on geometry ☒ Sum of included FRFs

☒ Selected FRFs

FRF set

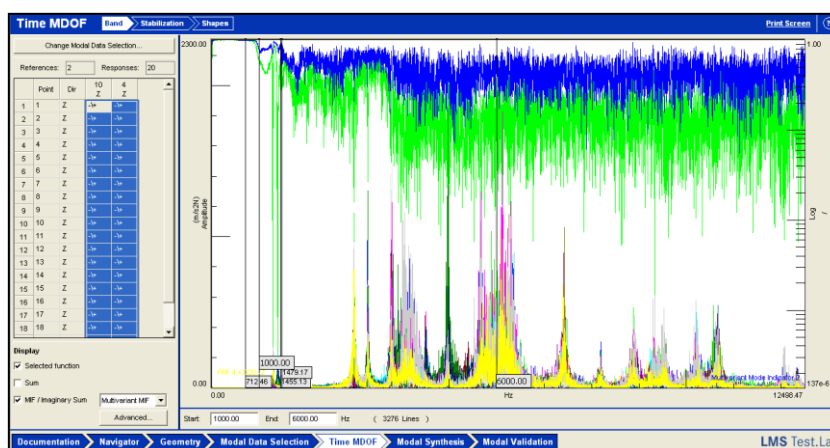
☒ Create new MyFRFSet OK

☐ Append to PROVAB2_04

Imatge 13 Modal Data Selection

Tot seguit, haurem de seleccionar tota la informació obtinguda en els vint impactes i en els dos acceleròmetres, per tal de visualitzar tota la informació en el gràfic de freqüències.

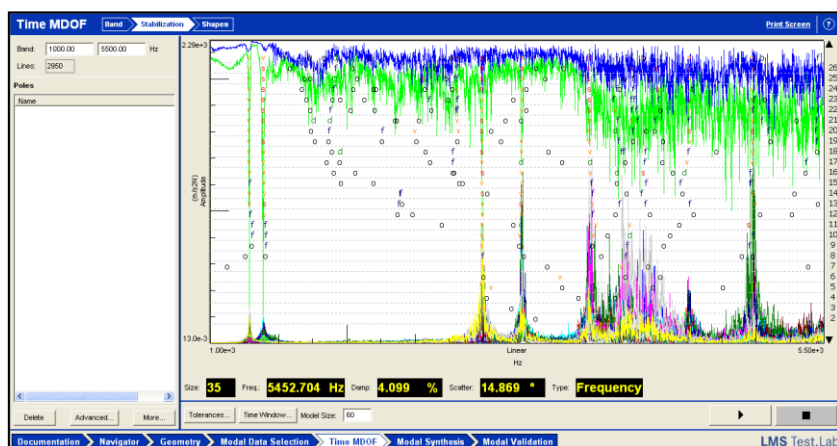
Time MDOF/Band



Imatge 14 Time MDOF/Band

Un cop realitzades totes les operacions anteriors, entrem dins la finestra "Stabilitation" i observarem el gràfic de freqüències amb diferents pics. Aquests pics és on normalment trobarem la informació desitjada.

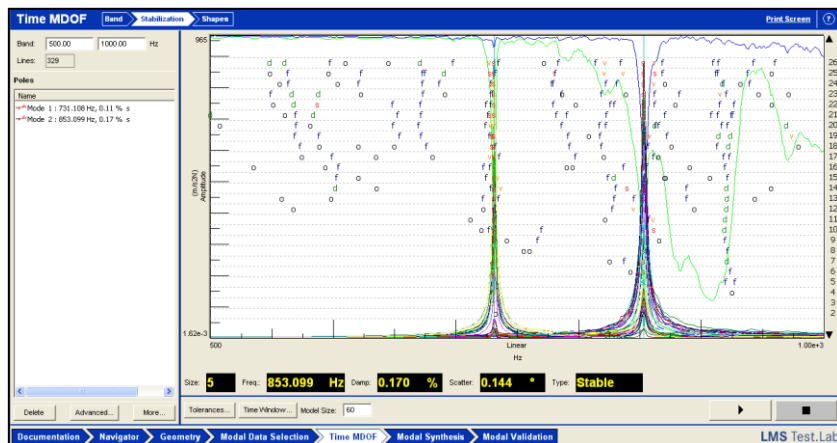
Time MDOF/Stabilitation



Imatge 15 Time MDOF/Stabilitation

Com es pot observar a la gràfica, podem veure que surten diversos símbols i aquests són els que porten informació. En totes les peces, s'intentarà seleccionar el símbol "S", ja que la solució és estable en freqüència, esmorteïment i vector modal. Les altres lletres aporten informació del tipus que la solució és estable del vector modal ("V"), solució estable en freqüència i esmorteïment ("D"), solució estable en freqüència ("F") i que la solució no és estable ("O").

A l'hora de seleccionar les "S" haurem de mirar que no tinguin un esmorteïment (Damp) superior al 5% i una dispersió (Scatter) superior als 15°. També, s'hauran de seleccionar les "S" que estiguin a l'inici del pic de la gràfica.



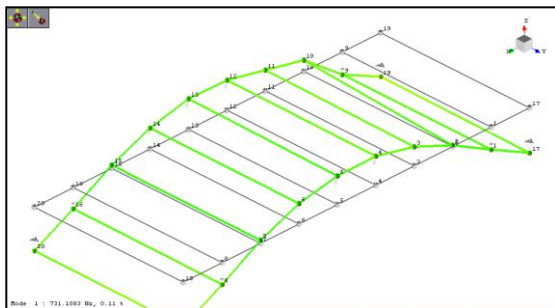
Imatge 16 Selecció de les S

Un cop seleccionada cada freqüència, entrarem a la pestanya "Shapes" per tal de visualitzar el moviment de la peça amb la corresponent freqüència. Per cada peça volem observar un total de cinc modes de freqüències experimentals. A les famílies de peça A4, només s'han pogut trobar 4 modes per peça.

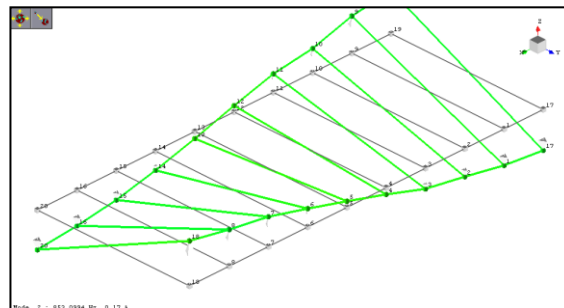
A continuació mostrarem els cinc modes experimentals que s'han de trobar per cada peça.

Time MDOF/Shapes

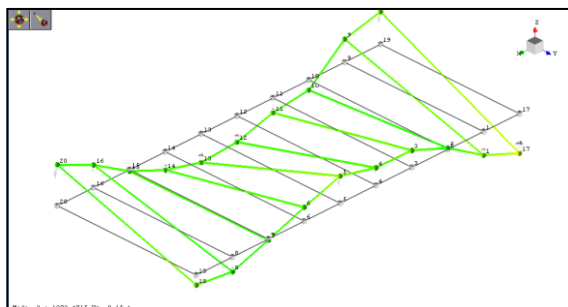
Mode 1



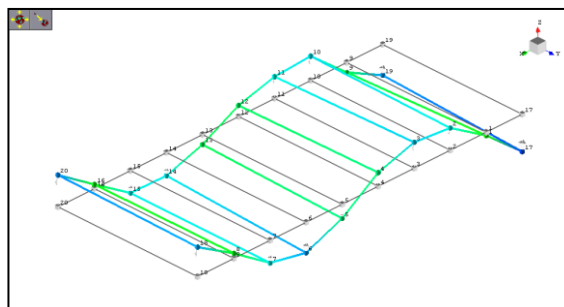
Mode 2



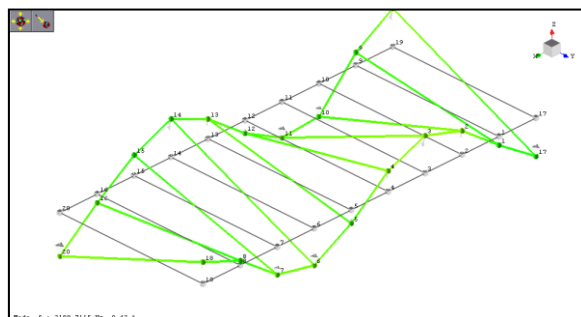
Mode 3



Mode 4



Mode 5



Imatge 17 Freqüències experimentals

4.6.2. Procediment de determinació del mòdul de Young estàtic

Abans de començar a desenvolupar aquest apartat és important comentar que, uns dies abans de començar a realitzar els assajos destructius a les peces en estudi, vam realitzar el mateix tipus d'assaig a peces aleatòries i de diferent gruix. Aquesta operació es va realitzar per tenir uns resultats orientatius de la càrrega màxima que poden suportar les diferents peces.

A continuació, es pot observar que els apartats 4.6.2.2. i 4.6.2.3. són molt semblants però amb l'única diferència que l'apartat 4.6.2.3. també s'hi instal·len galgues. Aquesta operació es va realitzar per tal de comprovar si podem confiar amb les dades que donen els transductors.

4.6.2.1. Condicionament previ a l'assaig destructiu

La normativa UNE EN 772-1:2011¹² és la que regula el procediment per la determinació de la resistència a compressió de la fàbrica. Entre moltes altres coses, determina diversos tipus de condicionament de les peces abans de fer l'assaig destructiu. En el nostre cas, utilitzarem diversos tipus de condicionament, ja que els resultats del primer assaig destructiu no van ser els esperats.

La primera peça que vam condicionar, va ser la peça A4.4 i es va condicionar per immersió. La normativa UNE EN 772-1:2011 determina que les peces han d'estar submergides amb aigua a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durant un període mínim de 15 hores, i abans de realitzar l'assaig han de transcórrer entre 15 i 20 minuts.

A continuació, mostrarem una fotografia on es podrà observar un cubell amb aigua i diverses peces submergides.



Fotografia 12 Condicionament per immersió

Totes les altres peces, es van condicionar per assecat de l'aire. La normativa UNE EN 772-1:2011¹³ determina que les peces han d'estar com a mínim 14 dies dins d'una cambra amb una temperatura $\geq 15^{\circ}\text{C}$ i una humitat relativa de $\leq 65\%$.

¹² UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*

¹³ UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*

A continuació es mostrarà una fotografia de la temperatura i humitat relativa de la cambra i una fotografia de les peces dins de la cambra.



Fotografia 13 Condicionament per secat de l'aire

4.6.2.2. Col·locació dels transductors i aplicació de la càrrega

4.6.2.2.1. Material emprat a l'assaig

Per la realització d'aquest assaig destructiu, s'ha utilitzat un total de tres materials. Tots aquests materials són bàsic per la correcta adquisició de les dades i són els següents: una premsa hidràulica, un sistema de gadgets per la fixació dels transductors i dos transductors.

A continuació, explicarem la funció de cada un del material utilitzat que anirà acompanyat amb una fotografia.

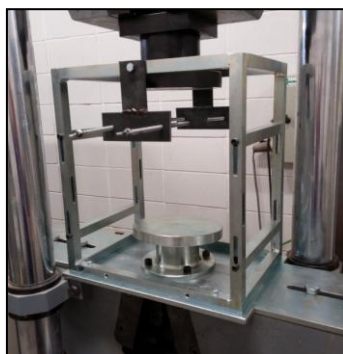
La premsa hidràulica té la funció d'aplicar la càrrega a la peça i amb un màxim de 60Tn. També, porta un equip integrat on es pot programar la velocitat d'aplicació de la càrrega (Tn/s) o la velocitat de deformació de la peça (mm/s).



Fotografia 14 Premsa hidràulica

El sistema de gadgets per la fixació dels transductors és una estructura de suport, que està compresa per una ròtula, dos fixadors de transductors i dues platines. Aquest sistema està dissenyat per subjectar i ajudar que els transductors puguin fer una correcta lectura de la compressió que pateix la peça.

En el següent apartat, explicarem el muntatge d'aquest sistema per tal que els transductors puguin fer una correcta lectura.



Fotografia 15 Estructura de suport

Els transductors serveixen per mesurar l'escurçament que pateix la peça alhora que la premsa aplica la càrrega. Les unitats amb les qual transmet les dades és escurçament (mm).

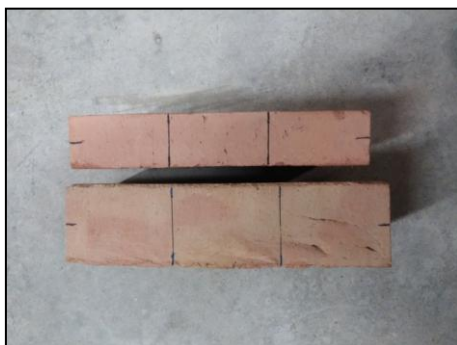


Fotografia 16 Transductors

4.6.2.2.2. Instrumentació de l'assaig

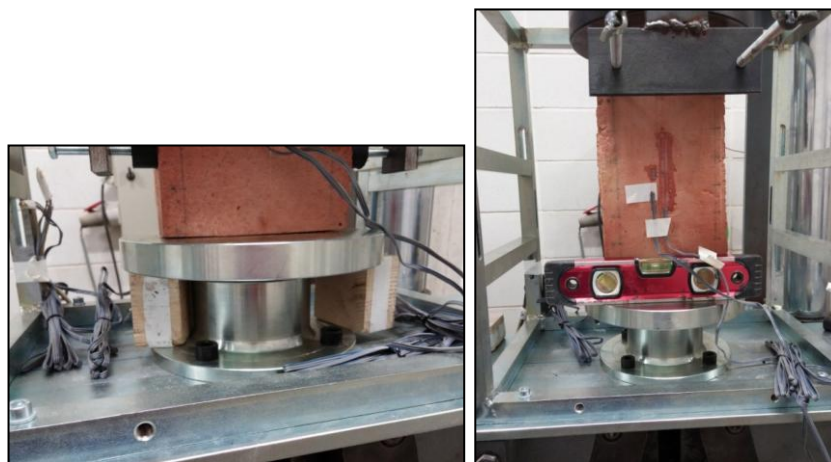
Un cop ja tenim el material preparat, començarem explicant els passos per al muntatge de l'assaig. Per començar, delimitarem el terç central de totes les peces, on posteriorment i

col·locarem els mecanismes de subjecció dels transductors. També, indicarem la meitat de la peça per tal de poder-la centrar a la ròtula i que la càrrega de la premsa es transmeti correctament pel centre de la peça.



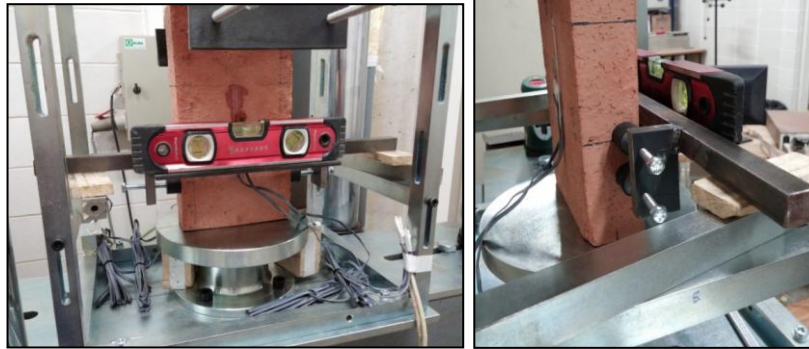
Fotografia 17 Terç central de la peça

Seguidament, comprovarem, amb l'ajuda d'un nivell i d'uns tacs de fusta, que la ròtula estigui totalment recta. Aquesta operació és una de les més importants, ja que si col·loquem la ròtula desnivellada, la peça també ho estaria i provocaria una incorrecta lectura de les dades que recolliran els transductors. Un cop tinguem la ròtula a nivell, col·locarem la peça en el centre de la ròtula.



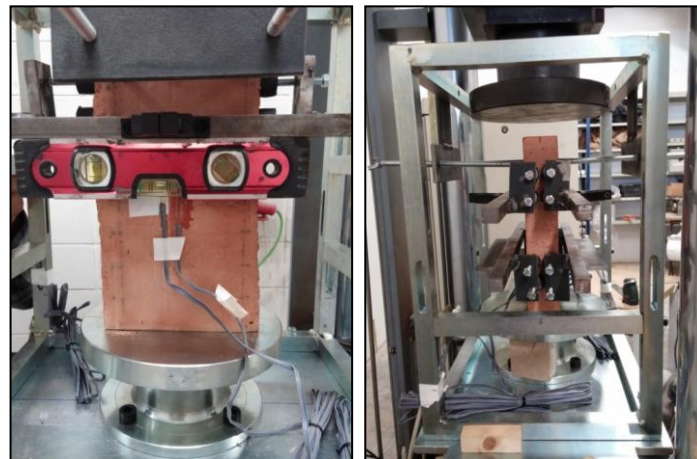
Fotografia 18 anivellació de la ròtula

Tot seguit, col·locarem les platines a la delimitació inferior del terç central de la peça. També, s'haurà d'aconseguir col·locar les platines rectes pels mateixos motius exposats anteriorment.



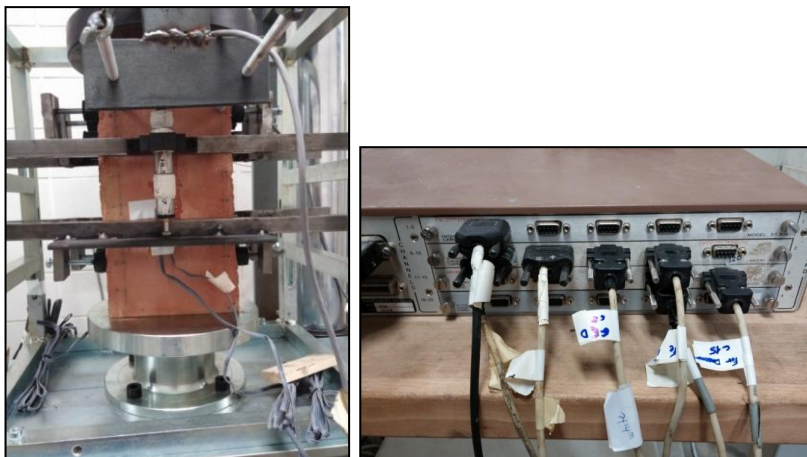
Fotografia 19 Col·locació platines

Un cop col·locades les dues platines en la delimitació inferior del terç central, es repetirà la mateixa acció però amb la col·locació dels fixadors dels transductors en la delimitació superior del terç central. També, s'haurà d'aconseguir col·locar els fixadors dels transductors rectes pels mateixos motius exposats anteriorment.



Fotografia 20 Col·locació fixadors transductors

Finalment, col·loquem els transductors en els fixadors i seguidament els connectem a l'equip d'adquisició de les dades "system 5000".



Fotografia 21 Instal·lació transductors

4.6.2.2.3. Aplicació de la càrrega

La normativa UNE EN 772-1:2011¹⁴ determina que tots els assaigs han de tenir una durada mínima d' 1 minut.

L'adquisició de dades amb l'equip "system 5000" no es realitzarà fins a la càrrega màxima que pot suportar la peça, ja que els transductors són aparells bastant delicats i així mantenim la seva seguretat. L'adquisició de dades la realitzarem aproximadament fins al 75% de la càrrega màxima que pot suportar la peça. Un cop arribats aproximadament al 75% de la càrrega màxima, aturarem l'adquisició de dades, desmuntarem el sistema de fixació de transductors i continuarem l'assaig fins a la ruptura de la peça.

4.6.2.3. Col·locació de galgues, transductors i aplicació de la càrrega

Abans de començar a desenvolupar aquest apartat és important comentar que, la utilització de galgues i transductors només es va aplicar a tres peces (A4.5, B3.5 i B2.1). Es va decidir la utilització de galgues, ja que al primer assaig destructiu (peça A4.4) no es van obtenir els resultats esperats. Finalment, es va instal·lar quatre galgues a tres peces (A4.5, B3.5 i B2.1) per tal de verificar si les dades que obtenim amb els transductors són correctes.

¹⁴ UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*

4.6.2.3.1. Material emprat a l'assaig

El material utilitzat en aquests dos assaigs destructius és el mateix que el de l'apartat anterior 4.6.2.2.1. però amb l'única diferència que s'utilitza dos tipus de galgues. Per tal de no duplicar explicacions, només explicarem els dos tipus de galgues utilitzades, les galgues de ferro i les galgues de formigó.

Els dos tipus de galgues serveixen per mesurar la deformació que pateix la peça alhora que la premsa aplica la càrrega.

Les galgues de ferro són les que s'utilitzen quan tenim materials composts i homogenis. Aquestes galgues són de la marca comercial Strain Gauges i del model FLA-6-350-11-3LT.



Fotografia 22 Galgues de ferro

Les galgues de formigó s'utilitzen quan tenim materials conglomerats. Aquestes galgues són de la marca comercial Strain Gauges i del model FL-60-11-3LT.



Fotografia 23 Galgues de formigó

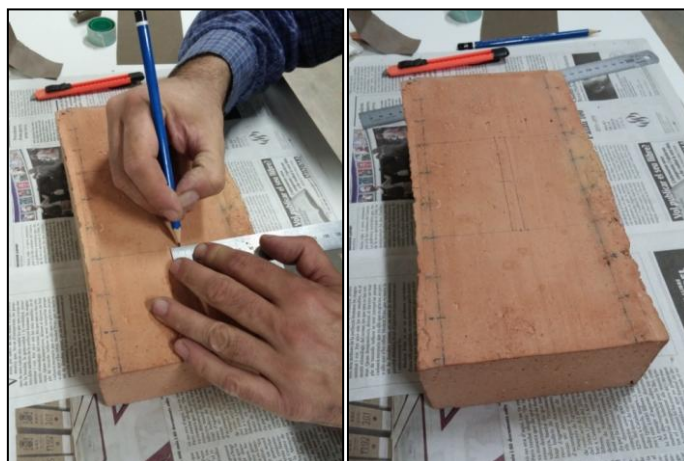
El tractament de les dades amb les galgues, tant com les de ferro com les de formigó, és bastant diferent comparat amb els transductors. Les unitats amb les qual transmet les dades són micro-deformacions ($\mu\epsilon$).

4.6.2.3.2. Instrumentació de l'assaig

El muntatge utilitzat en aquests dos assaigs destructius és el mateix que el de l'apartat anterior 4.6.2.2.2. Per tal de no duplicar explicacions, només explicarem el muntatge dels dos tipus de galgues utilitzades, les galgues de ferro i les galgues de formigó.

La condició més important per la instal·lació de les galgues és que sempre es fixin a una superfície llisa. Per aquest motiu, s'haurà de tenir especial cura a l'hora de la instal·lació, ja que amb les peces ceràmiques tenim una superfície bastant rugosa.

Primer de tot, haurem de dimensionar aproximadament on volem instal·lar la galga. Sempre la col·locarem en el terç central de la peça així podrem comprar les dades amb els transductors.



Fotografia 24 Situació galga

A continuació, traurem les possibles impureses que pugui tenir la peça i així podrem aconseguir una superfície més llisa. Aquesta operació es realitzarà amb l'ajuda d'una radial.



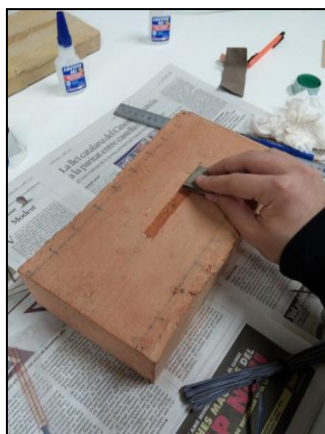
Fotografia 25 Extracció impureses

Seguidament aplicarem una capa de cola adhesiva a la zona on volem col·locar la galga i amb l'ajuda d'un assecador elèctric, farem més ràpid l'assecatge de la capa cola adhesiva.



Fotografia 26 Capa de cola adhesiva

Tot seguit, llimarem amb paper de vidre la capa de cola dura per tal d'aconseguir una capa totalment llisa i lliure d'impureses.



Fotografia 27 Llimar capa de cola

A continuació, fixarem la galga a la peça amb l'ajuda de cinta adhesiva i de cola adhesiva.



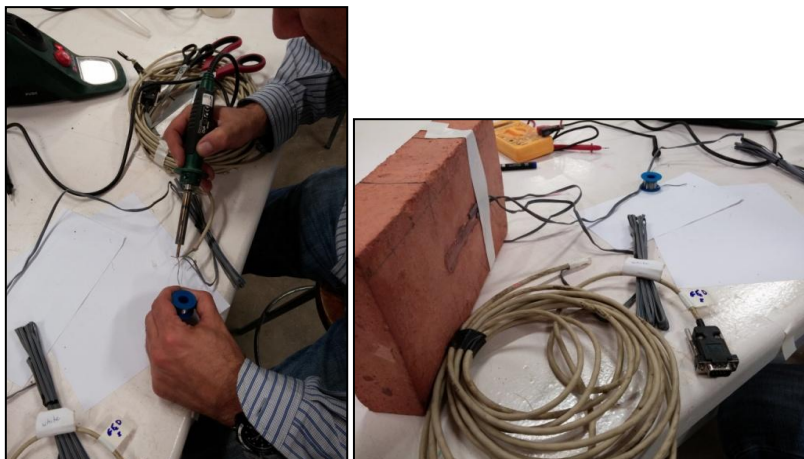
Fotografia 28 Fixació galga

Un cop col·locades les quatre galgues a la peça, una de les seves cares té la següent aparença.



Fotografia 29 Peça amb galgues

Finalment, soldarem cada galga amb un cable amb connexió a l'equip d'adquisició "system 5000" i seguidament ho connectarem a l'equip. Per tal de no crear futurs problemes, cada cable amb connexió a l'equip se li va indicar una nomenclatura i així va ser més fàcil localitzar quins eren els cables de les galgues.



Fotografia 30 Soldar amb connectors

4.6.2.3.3. Aplicació de la càrrega

Com ja s'ha explicat a l'apartat 4.6.2.2.3, l'adquisició de dades amb l'equip "system 5000" no es realitzarà fins a la càrrega màxima que pot suportar la peça, ja que els transductors són aparells bastant delicats i així mantenim la seva seguretat. L'adquisició de dades la realitzarem aproximadament fins al 75% de la càrrega màxima que pot suportar la peça. Un cop arribats aproximadament al 75% de la càrrega màxima, aturarem l'adquisició de dades, desmuntarem el sistema de fixació de transductors i continuarem l'assaig fins a la ruptura de la peça.

En aquest cas, la normativa UNE EN 772-1:2011¹⁵ també determina que tots els assaigs han de tenir una durada mínima d' 1 minut, igual que a l'apartat anterior 4.6.2.2.3.

4.7. Aproximació numèrica amb el programa ANSYS

Un dels objectius, és poder establir una correlació entre el mòdul de Young dinàmic i el mòdul de Young estàtic. Per tal de poder-ho complir, es realitzarà aquesta aproximació numèrica teòrica amb el programa ANSYS.

Aquesta aproximació consisteix a agafar el mòdul de Young estàtic trobat amb els assajos estàtics, fer un interval del 20% i introduir-lo dins d'aquest programa mitjançant unes fitxes específiques (veure Annex 9.1). Un cop tenim entrades aquestes fitxes, el programa ANSYS proporciona una sèrie de freqüències teòriques per l'escandall del mòdul de Young. Seguidament,

¹⁵ UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*

ja podem comparar les freqüències teòriques amb les freqüències experimentals trobades amb l'assaig per vibració de les peces.

Per la realització i determinació del mòdul de Young dinàmic, només analitzarem els dos primers modes, així evitem que el risc es vagi multiplicant i distorsioni el nostre resultat.

Les peces que realitzarem aquesta aproximació numèrica amb freqüències teòriques i la correlació d'aquestes dades amb les freqüències experimentals són les peces A4.5, B2.1 i B3.5.

S'ha escollit aquestes peces perquè són les úniques que s'hi ha instal·lat les galgues i aquesta instrumentació és la que dóna més resultats fiables amb comparació als transductors, ja que amb els transductors podem tenir error humà de lectures.

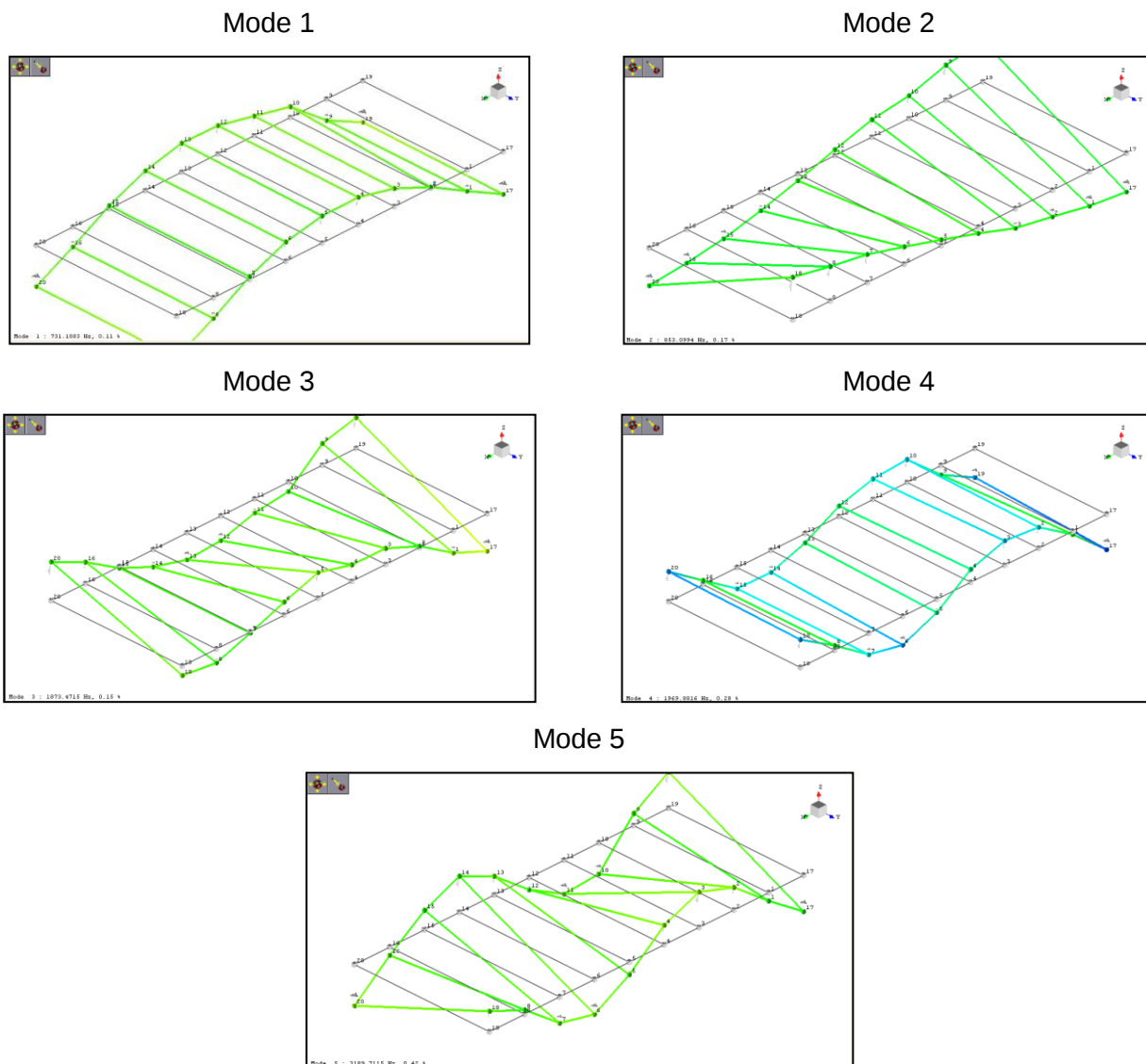
5. CÀLCUL I EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

5.1. Expressió de les freqüències trobades amb l'assaig dinàmic

En aquest apartat, es mostraran les freqüències experimentals trobades amb el programa informàtic TEST-LAB, i estaran organitzades amb taules per cada una de les famílies.

Les taules de les freqüències estan organitzades per modes de freqüència (columnes) i per les cinc peces que compon cada família (files).

Els modes de freqüència és el moviment que es produeix a cada peça un cop rep un impacte. En aquest treball només estudio els cinc primers modes de freqüència que es poden avaluar i són els següents:



Imatge 18 Freqüències experimentals

Finalment extraurem unes conclusions parcials de cada família de peces a partir d'un gràfic, per tal d'observar quina tendència segueixen les seves freqüències. Establirem un criteri d'acceptació de les freqüències per tal de descartar resultats que puguin distorsionar el resultat del conjunt de la família de peces.

Aquest criteri d'acceptació serà que si els valors de freqüències d'una peça es diferencia bastant de la tendència poli-lineal de tots els altres resultats de les altres peces, aquests valors de freqüències quedaran descartades. Finalment, aquest conjunt de freqüències descartades no es tindran en compte per la comparació amb les freqüències teòriques.

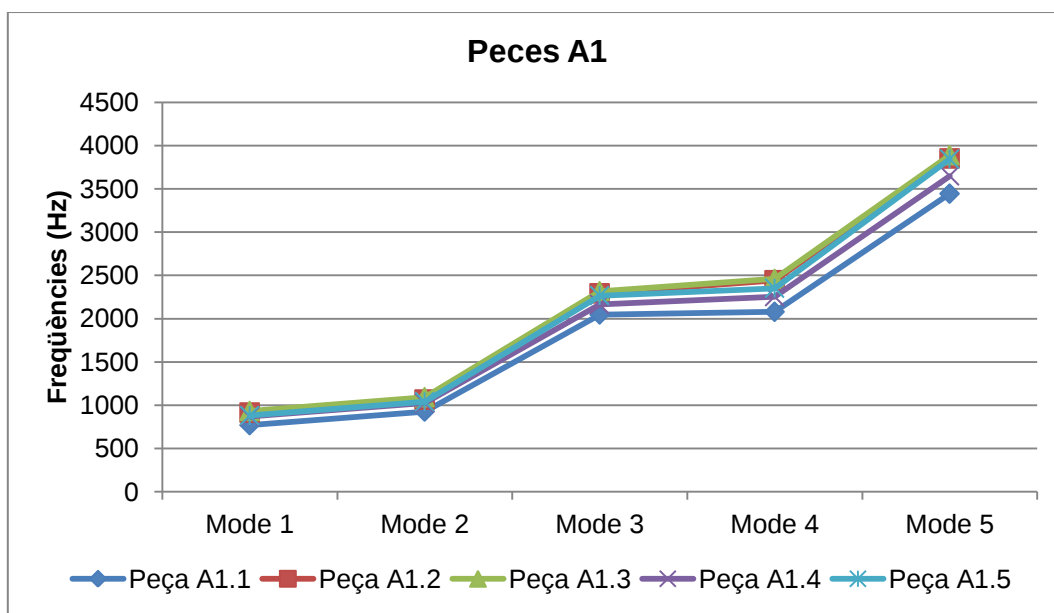
5.1.1. Freqüències experimentals de la família de peces A1

- Ceràmica de Llambilles i 1,8 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.1	768,844 Hz	925,932 Hz	2047,841 Hz	2078,283 Hz	3443,648 Hz	✓
Peça A1.2	913,836 Hz	1064,203 Hz	2291,245 Hz	2442,610 Hz	3850,155 Hz	✓
Peça A1.3	932,465 Hz	1092,076 Hz	2315,877 Hz	2458,865 Hz	3888,718 Hz	✓
Peça A1.4	868,194 Hz	1023,868 Hz	2163,873 Hz	2253,858 Hz	3649,300 Hz	✓
Peça A1.5	879,815 Hz	1040,027 Hz	2266,085 Hz	2351,309 Hz	3843,079 Hz	✓

Taula 4 Freqüències experimentals A1

5.1.1.1. Conclusions parcials



Gràfica 1 Freqüències experimentals A1

Mitjançant la gràfica poli-lineal, podem observar que les freqüències de la peça A1.1 sempre són inferiors a les altres freqüències però segueix la mateixa tendència. Per l'altra banda, es pot observar que la peça A1.4 del mode de freqüència 3 fins al mode 5 les seves freqüències són inferiors al conjunt.

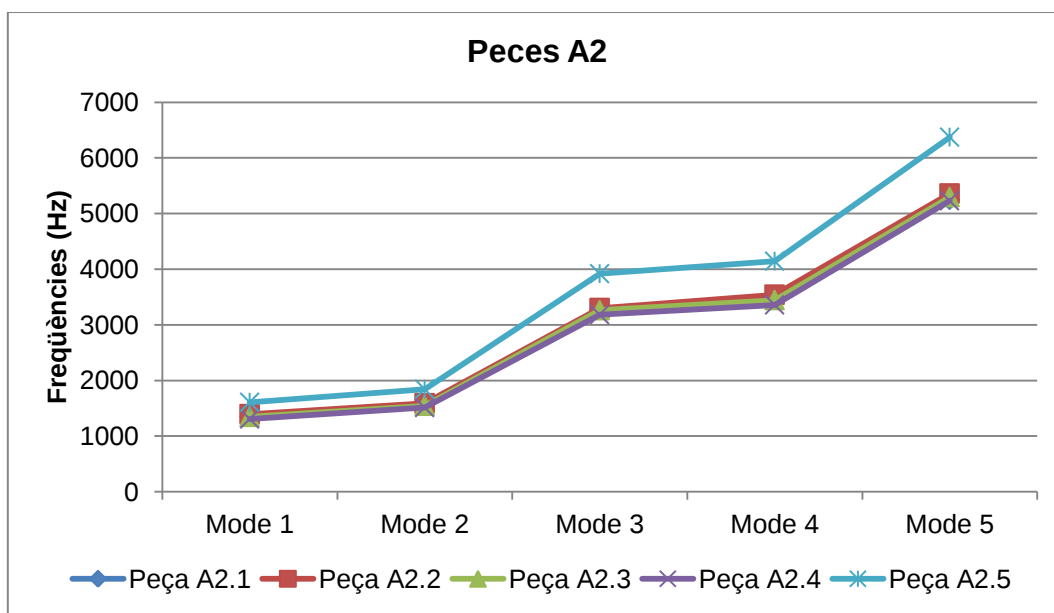
5.1.2. Freqüències experimentals de la família de peces A2

- Ceràmica de Llambilles i 3,2 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.1	1353,218 Hz	1559,005 Hz	3268,370 Hz	3448,846 Hz	5248,383 Hz	✓
Peça A2.2	1393,291 Hz	1589,700 Hz	3300,982 Hz	3541,076 Hz	5359,503 Hz	✓
Peça A2.3	1345,836 Hz	1545,043 Hz	3262,546 Hz	3444,377 Hz	5296,458 Hz	✓
Peça A2.4	1307,444 Hz	1511,770 Hz	3182,436 Hz	3357,922 Hz	5228,897 Hz	✓
Peça A2.5	1607,545 Hz	1843,769 Hz	3918,551 Hz	4143,272 Hz	6373,147 Hz	✗

Taula 5 Freqüències experimentals A2

5.1.2.1. Conclusions parcials



Gràfica 2 Freqüències experimentals A2

Podem observar que totes les freqüències menys les de la peça A2.5 són aproximadament semblants. Descartem les freqüències de la peça A2.5 perquè són valors molt dispersos als valors de les altres peces i farien que es distorsionés la mitjana.

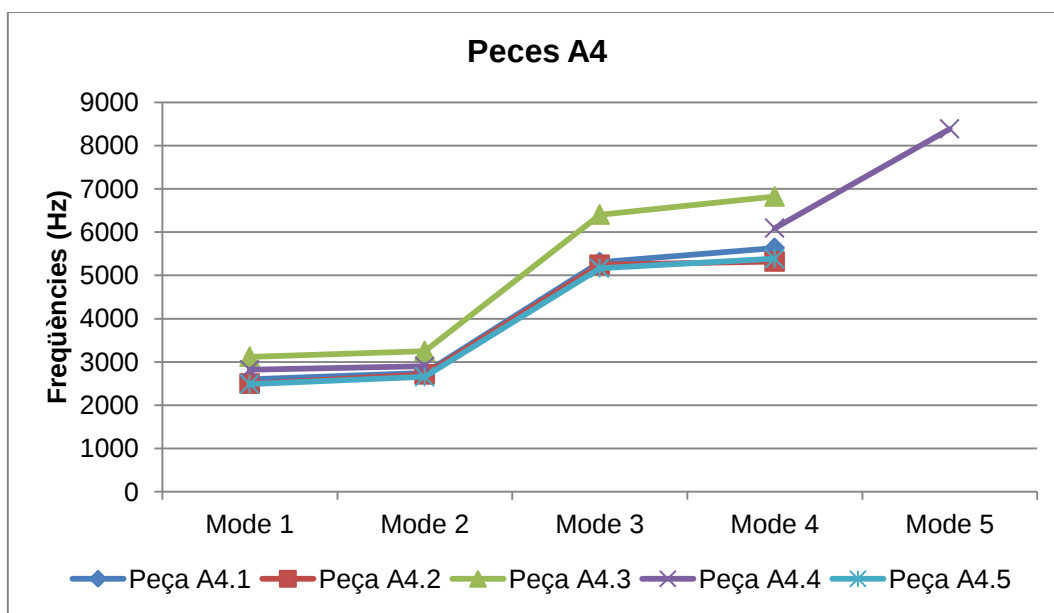
5.1.3. Freqüències experimentals de la família de peces A4

- Ceràmica de Llambilles i 7 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.1	2596,784 Hz	2745,297 Hz	5304,929 Hz	5635,106 Hz		✓
Peça A4.2	2497,567 Hz	2711,283 Hz	5243,976 Hz	5319,424 Hz		✓
Peça A4.3	3118,499 Hz	3250,799 Hz	6404,521 Hz	6822,000 Hz		✗
Peça A4.4	2819,351 Hz	2899,299 Hz		6092,028 Hz	8386,502 Hz	✓
Peça A4.5	2487,221 Hz	2654,825 Hz	5163,114 Hz	5384,761 Hz		✓

Taula 6 Freqüències experimentals A4

5.1.3.1. Conclusions parcials



Gràfica 3 Freqüències experimentals A4

Primer de tot, s'ha de comentar, que no s'han pogut visualitzar els cinc modes de freqüència. Això pot ser degut per la poca energia a l'hora de l'impacte i que no va aconseguir excitar els acceleròmetres.

Podem observar que totes les freqüències menys les de la peça A4.3 són aproximadament semblants. Descartem les freqüències de la peça A4.3 perquè són valors molt dispersos als valors de les altres peces i farien que es distorsionés la mitjana.

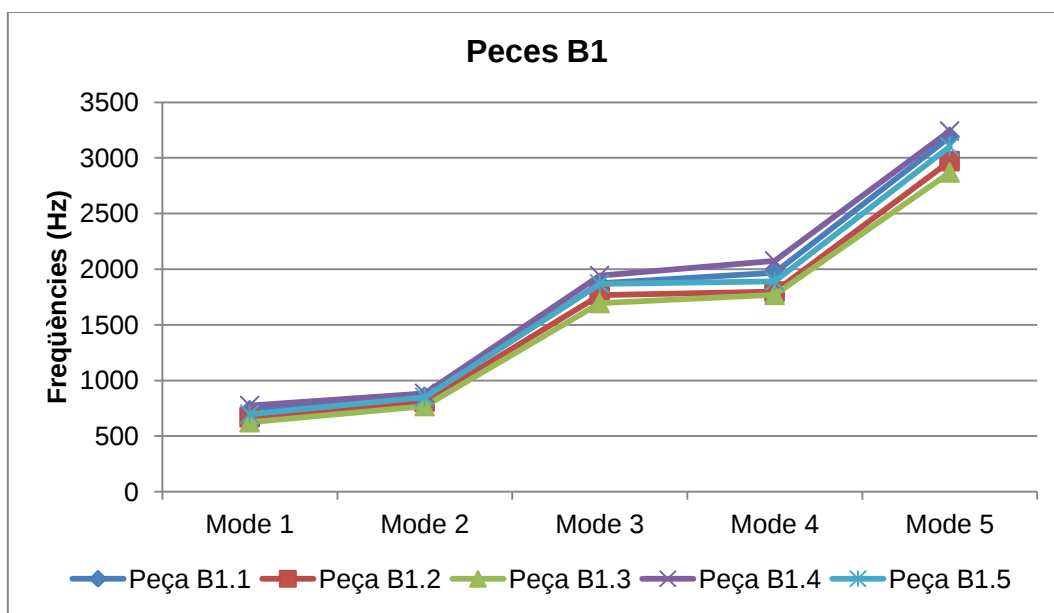
5.1.4. Freqüències experimentals de la família de peces B1

- Ceràmica d' El Bruc i 1,8 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.1	731,108 Hz	853,099 Hz	1873,472 Hz	1969,882 Hz	3189,711 Hz	✓
Peça B1.2	668,831 Hz	809,545 Hz	1768,550 Hz	1798,703 Hz	2970,753 Hz	✓
Peça B1.3	624,648 Hz	769,593 Hz	1695,444 Hz	1769,200 Hz	2868,485 Hz	✓
Peça B1.4	775,173 Hz	883,809 Hz	1943,534 Hz	2074,809 Hz	3241,881 Hz	✓
Peça B1.5	696,156 Hz	849,472 Hz	1867,120 Hz	1891,463 Hz	3102,769 Hz	✓

Taula 7 Freqüències experimentals B1

5.1.4.1. Conclusions parcials



Gràfica 4 Freqüències experimentals B1

Mitjançant aquesta gràfica, podem observar que totes les peces en els modes 1 i 2 són bastant semblants, però a mesura que es va evolucionant de mode, aquestes freqüències es van dispersant. Aquesta dispersió la podem considerar raonable i per tant acceptem totes les freqüències.

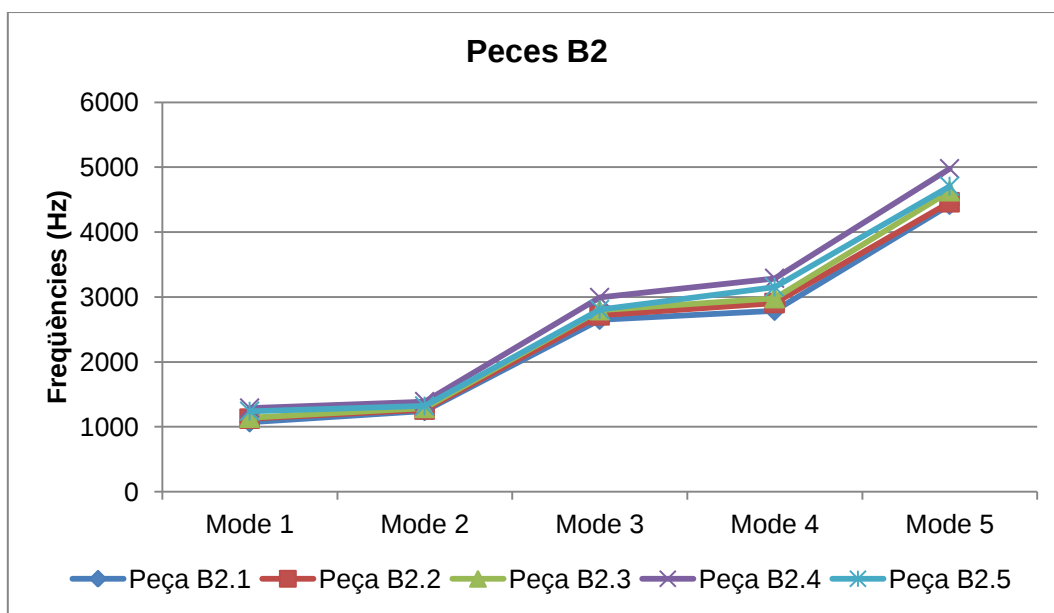
5.1.5. Freqüències experimentals de la família de peces B2

- Ceràmica d' El Bruc i 3,2 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.1	1071,656 Hz	1244,867 Hz	2650,786 Hz	2788,653 Hz	4422,689 Hz	✓
Peça B2.2	1124,458 Hz	1264,525 Hz	2716,317 Hz	2906,012 Hz	4458,946 Hz	✓
Peça B2.3	1139,737 Hz	1290,174 Hz	2796,559 Hz	2982,220 Hz	4628,698 Hz	✓
Peça B2.4	1288,679 Hz	1388,932 Hz	2992,718 Hz	3287,780 Hz	4977,257 Hz	✓
Peça B2.5	1240,250 Hz	1320,351 Hz	2808,104 Hz	3152,377 Hz	4707,256 Hz	✓

Taula 8 Freqüències experimentals B2

5.1.5.1. Conclusions parcials



Gràfica 5 Freqüències experimentals B2

Mitjançant aquesta gràfica, podem observar que totes les peces en els modes 1 i 2 són bastant semblants, però a mesura que es va evolucionant de mode, aquestes freqüències es van dispersant. Aquesta dispersió la podem considerar raonable i per tant acceptem totes les freqüències.

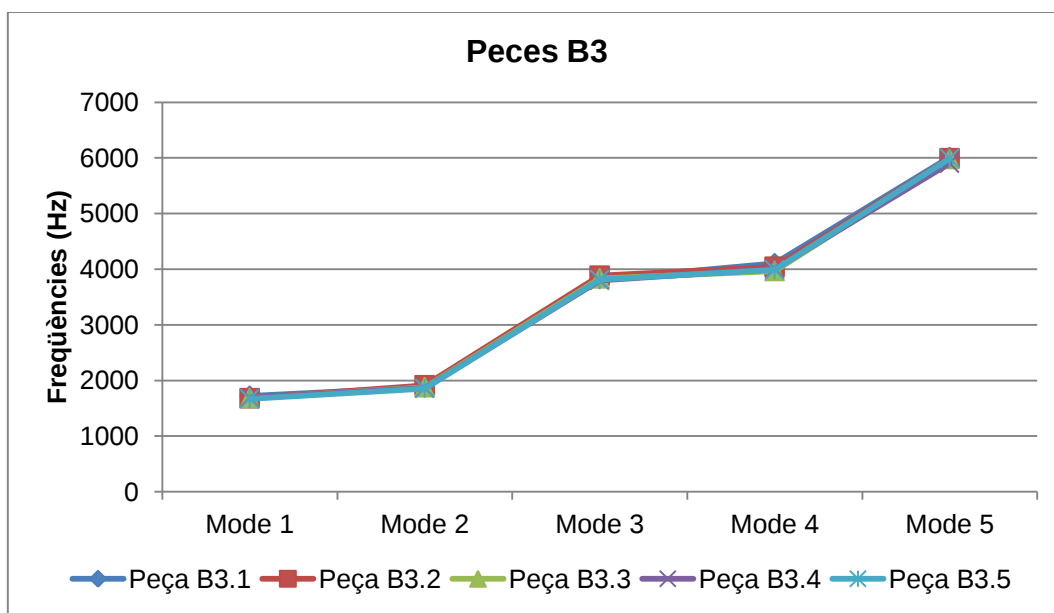
5.1.6. Freqüències experimentals de la família de peces B3

- Ceràmica d' El Bruc i 5 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.1	1723,795 Hz	1879,099 Hz	3821,080 Hz	4105,205 Hz	6014,015 Hz	✓
Peça B3.2	1679,505 Hz	1912,431 Hz	3882,458 Hz	4042,613 Hz	5993,862 Hz	✓
Peça B3.3	1683,217 Hz	1877,750 Hz	3833,875 Hz	3966,385 Hz	5980,411 Hz	✓
Peça B3.4	1687,075 Hz	1863,795 Hz	3799,734 Hz	4004,687 Hz	5904,109 Hz	✓
Peça B3.5	1670,040 Hz	1856,077 Hz	3813,575 Hz	3987,679 Hz	5992,297 Hz	✓

Taula 9 Freqüències experimentals B3

5.1.6.1. Conclusions parcials



Gràfica 6 Freqüències experimentals B3

Mitjançant aquesta gràfica, podem observar que totes les peces tenen freqüències bastants semblants en tots els modes.

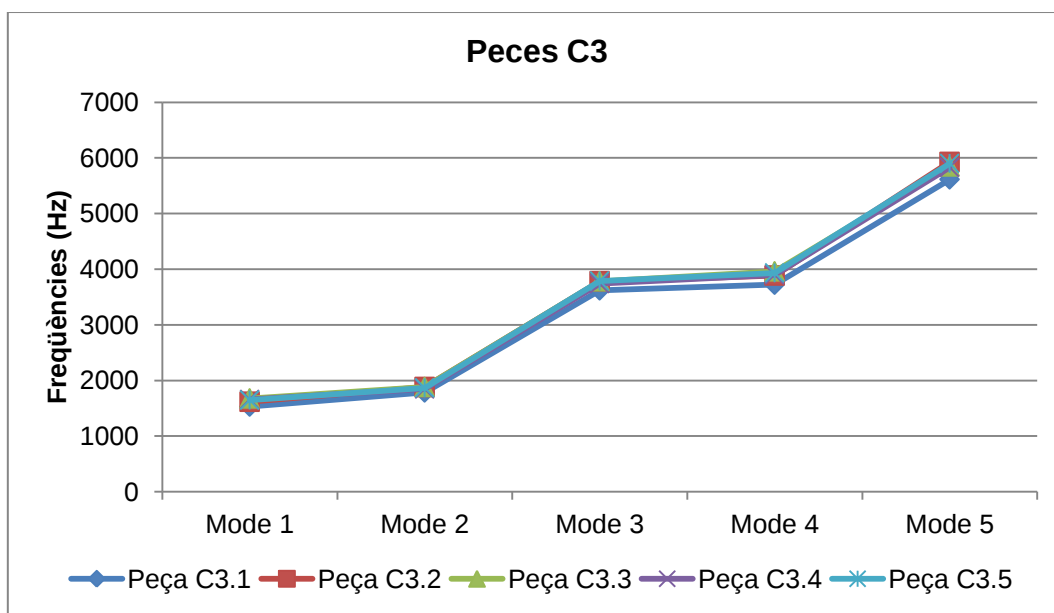
5.1.7. Freqüències experimentals de la família de peces C3

- Ceràmica d'origen desconegut i 5 cm de gruix

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.1	1530,057 Hz	1784,176 Hz	3619,328 Hz	3721,302 Hz	5614,165 Hz	✓
Peça C3.2	1616,372 Hz	1881,950 Hz	3783,151 Hz	3885,611 Hz	5927,113 Hz	✓
Peça C3.3	1676,718 Hz	1882,733 Hz	3782,910 Hz	3961,169 Hz	5846,573 Hz	✓
Peça C3.4	1658,489 Hz	1846,613 Hz	3740,146 Hz	3898,551 Hz	5830,651 Hz	✓
Peça C3.5	1645,872 Hz	1867,587 Hz	3787,082 Hz	3932,724 Hz	5901,158 Hz	✓

Taula 10 Freqüències experimentals C3

5.1.7.1. Conclusions parcials



Gràfica 7 Freqüències experimentals C3

Mitjançant la gràfica poli-lineal, podem observar que les freqüències de la peça C3.1 sempre són inferiors a les altres freqüències però segueix la mateixa tendència. Per l'altra banda, es pot observar que totes les altres peces tenen freqüències bastants semblants en tots els modes.

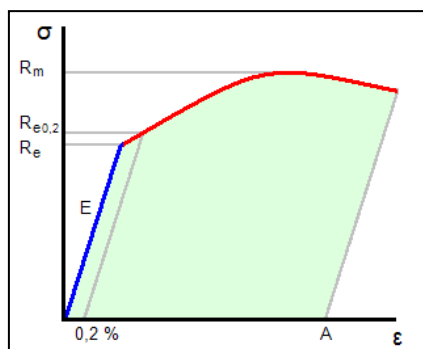
5.2. Expressió dels resultats trobats amb l'assaig estàtic

5.2.1. Introducció al càlcul del mòdul de Young

El mòdul de Young o també anomenat mòdul d'elasticitat o mòdul elàstic és la mesura de la rigidesa d'un material elàstic, per tant es pot afirmar que és una propietat característica dels materials.

El símbol del mòdul de Young és la E i es defineix com la relació entre la tensió i l'allargament unitari en el rang de tensions on es compleix la Llei de Hooke (abans de límit elàstic). El mòdul de Young és contant en tots els materials que compleixen la Llei de Hooke, i aquests materials s'anomenen lineals, com per exemple l'acer o el vidre. La unitat que s'utilitza per expressar el mòdul de Young en el sistema internacional és el Pascal (Pa, N/m^2) però també s'utilitza el MegaPascal (MPa, N/mm^2).

El mòdul de Young es pot determinar experimentalment mitjançant assaigs de tracció o de compressió sobre la mostra del material que es vol estudiar.



Imatge 19 Diagrama tensió - deformació (font: Vikipèdia)

El mòdul de Young es pot calcular dividint la tensió entre la deformació, sempre que estiguem a la part elàstica. La fórmula de càlcul, és la següent.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

On el símbol σ és la tensió i es calcula de la següent forma.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

El símbol F és la força exercida sobre la proveta.

El símbol A és l'àrea de la proveta on s'aplica la força.

On el símbol ϵ és la deformació i es calcula de la següent forma.

$$\epsilon = \frac{L}{\Delta L}$$

El símbol L és l'allargada inicial de la proveta.

El símbol ΔL és la quantitat que s'escurça o s'allarga la proveta quan s'aplica la càrrega.

5.2.2. Expressió dels resultats per cada peça

A continuació s'analitzarà cada peça a través de cinc punts, les dades referents a l'assaig, el càlcul del mòdul de Young, el càlcul de tensió de ruptura, el patró de trencament i unes conclusions parcials.

En el primer punt s'hi podrà visualitzar les gràfiques obtingudes al llarg de l'adquisició de dades. En aquestes gràfiques s'hi podrà observar quina ha estat la càrrega que aplica la premsa sobre la peça, els desplaçaments dels transductors i l'evolució dels mòduls de Young durant l'assaig.

En el segon punt, es calcularà l'evolució del mòdul de Young de cada transductor. Per calcular-lo s'agafaran les últimes cent dades adquirides amb l'equip "system 5000". També es mostrarà la gràfica de l'evolució dels mòduls de Young en aquestes últimes cent dades.

Un cop tenim els valors del mòdul de Young per cada transductor, es calcularà el valor del mòdul de Young de la peça. Per poder establir aquest valor de mòdul de Young, establirem un criteri d'acceptació per tal de poder establir un valor de mòdul de Young per cada peça.

Aquest criteri d'acceptació estarà comprès per dues clàusules. Una d'aquestes clàusules serà que, si trobem un valor de mòdul de Young d'un transductor negatiu, la peça en qüestió no podrà obtenir un valor de mòdul de Young i aquesta quedarà descartada.

L'altra clàusula serà que, si trobem els valors de mòdul de Young de cada transductor però un d'aquests valors és més que el doble que l'altre o el que és el mateix que la mitjana dels dos valors no superi el 40% de variació aproximadament, la peça en qüestió no podrà obtenir un valor de mòdul de Young i aquesta quedarà descartada.

En el tercer punt, obtindrem el valor màxim de càrrega que suporta la peça i es calcularà la resistència a compressió normalitzada de les peces de 5cm i 7cm de gruix. Per tal de poder calcular la resistència a compressió normalitzada, la normativa UNE EN 772-1:2011¹⁶ defineix que la resistència a compressió haurà de ser multiplicada per dos factors, el factor de condicionament previ a l'assaig i el factor de forma. El factor de condicionament és 1 per totes les peces menys per la de A4.4 que és 1,2 perquè es va condicionar per immersió. El factor de forma es calcularà mitjançant la interpolació de valors de la taula de l'annex A de la normativa UNE EN 772-1:2011, i és 1,255 per les peces de 5cm de gruix i 1,209 per les de 7cm de gruix.

En el quart punt, es visualitzaran fotografies del trencament de la peça realitzades des de diferents vistes.

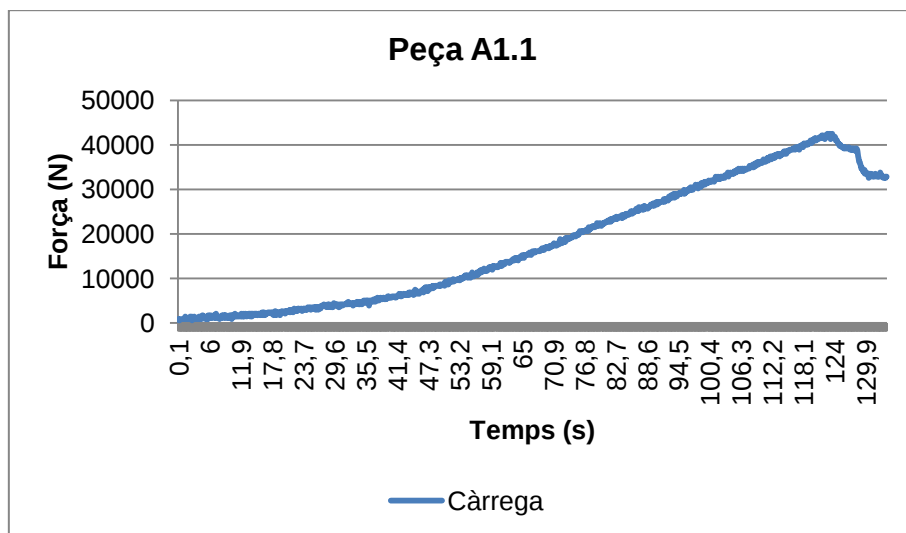
Finalment, realitzarem les conclusions parcials dels resultats trobats en els apartats anteriors.

¹⁶ UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*

5.2.2.1. Peça A1.1 (Llambilles i 1,8cm gruix)

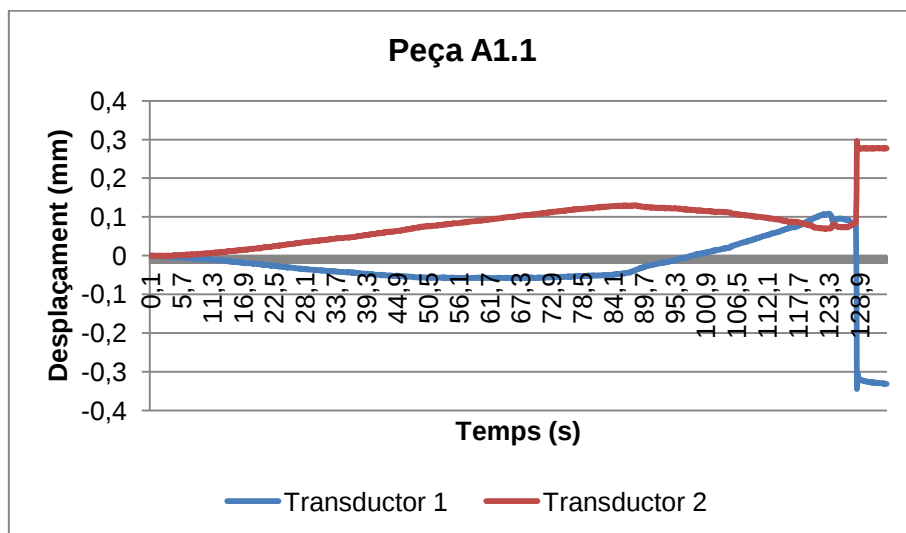
5.2.2.1.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



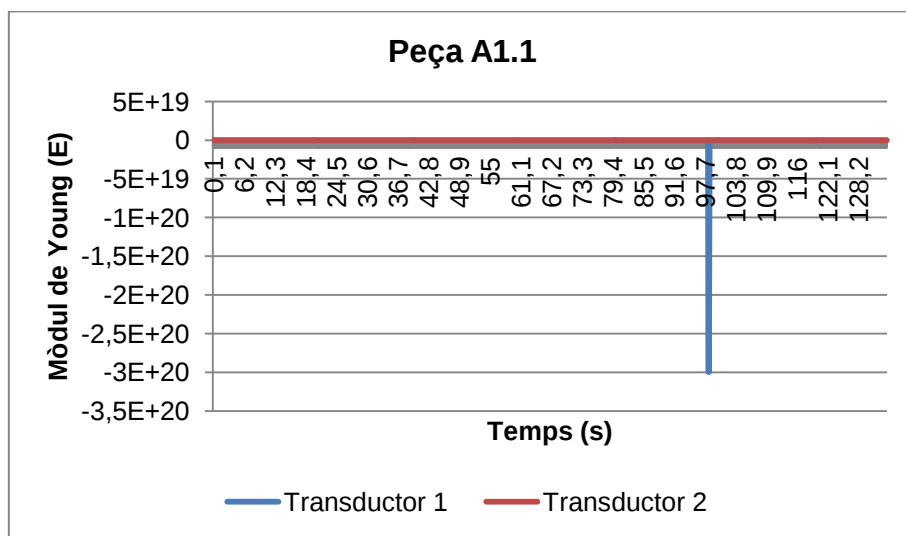
Gràfica 8 Temps – força A1.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 9 Temps - desplaçament transductors A1.1

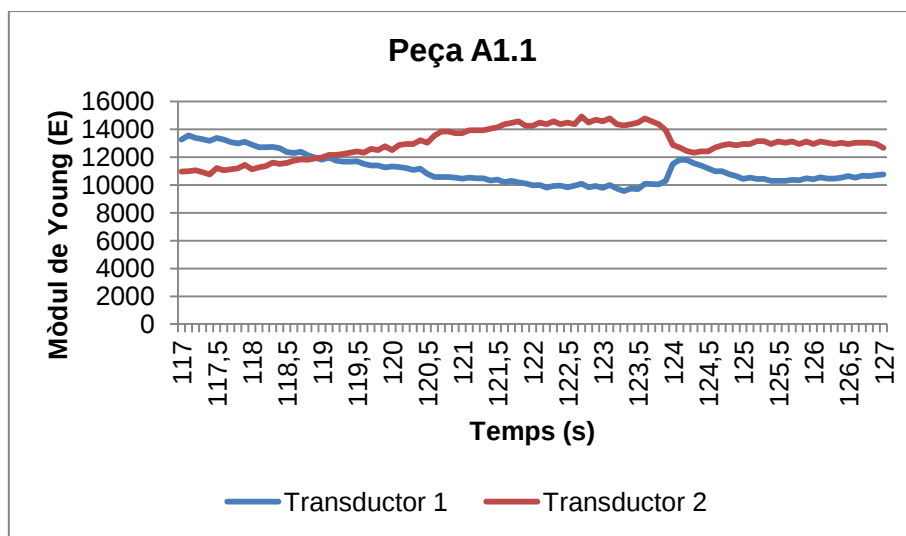
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 10 Temps – mòdul de Young transductors A1.1

5.2.2.1.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 11 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 11056,62 N/mm²

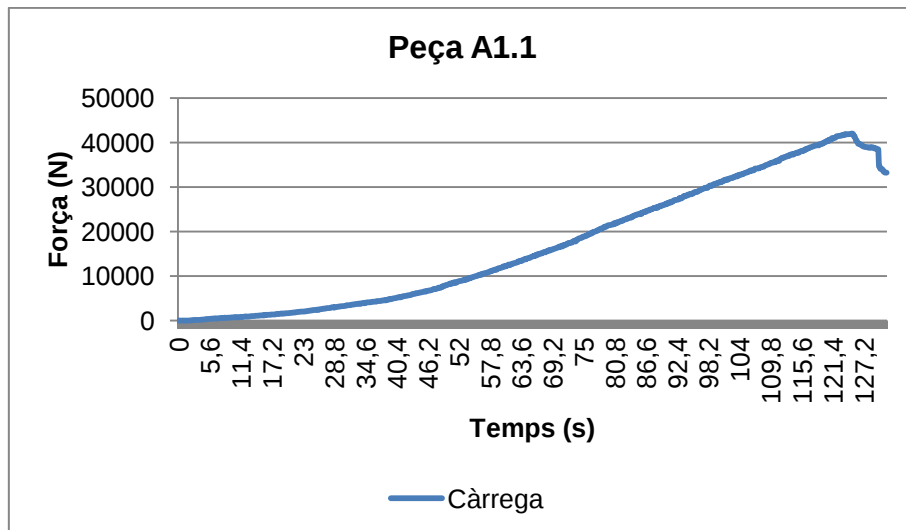
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 12992,89 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **12024,76 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 8,05% Acceptació = Sí

5.2.2.1.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 12 Temps - força A1.1

Força màxima (N) = 41993,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{41993,00 \text{ N}}{2572,33 \text{ mm}^2} = 16,32 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.1.4. Patró de trencament

Esquerre



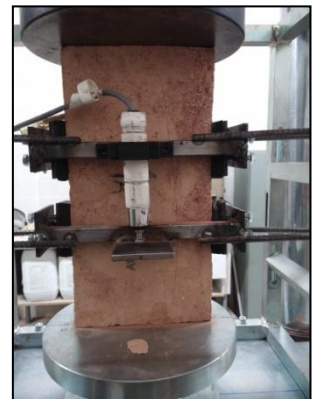
Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 31 Patró trencament A1.1

5.2.2.1.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $12024,76 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $11056,62 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $12992,89 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un 8,05% de dispersió dels resultats.

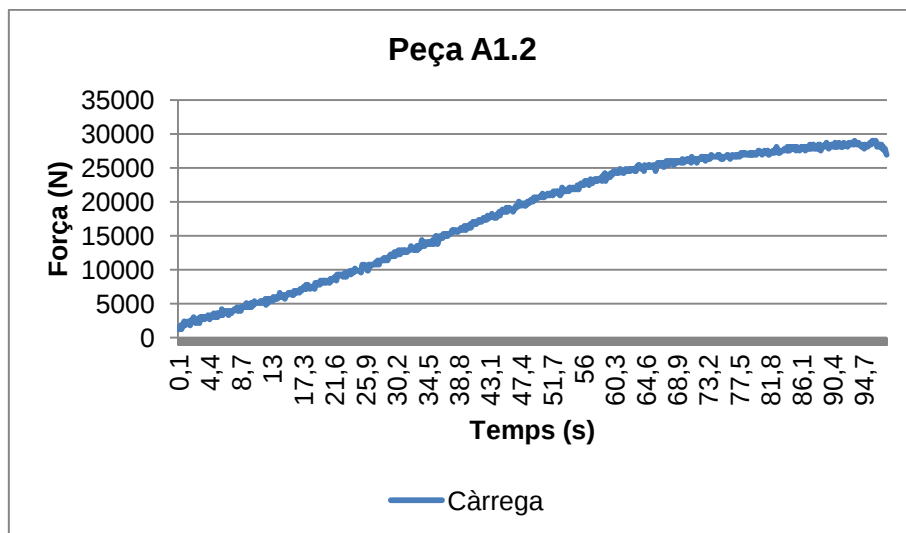
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 4,29 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $16,32 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerdada vertical en la totalitat de la peça i en les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. Els laterals no s'han vist afectats.

5.2.2.2. Peça A1.2 (Llambilles i 1,8cm gruix)

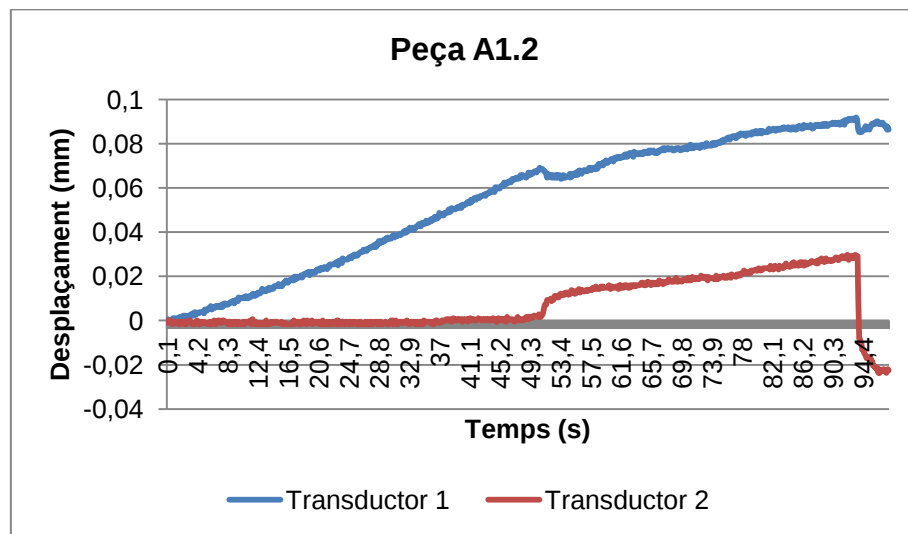
5.2.2.2.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



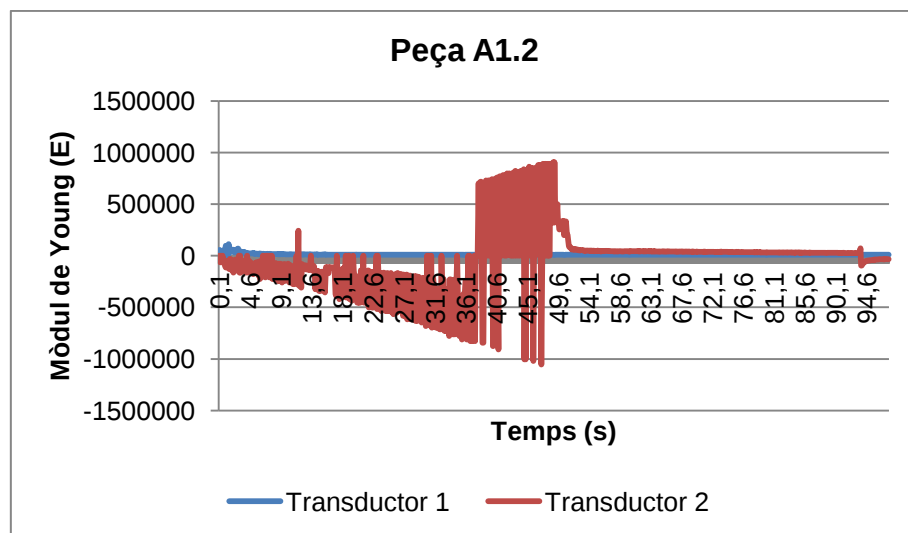
Gràfica 13 Temps - força A1.2

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 14 Temps – desplaçament transductors A1.2

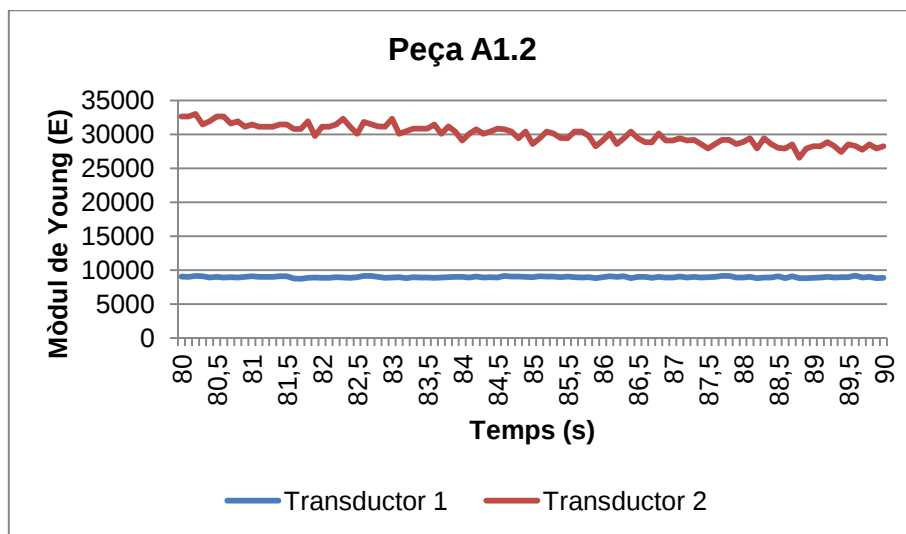
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 15 Temps – mòdul de Young transductors A1.2

5.2.2.2.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 16 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 8961,08 N/mm²

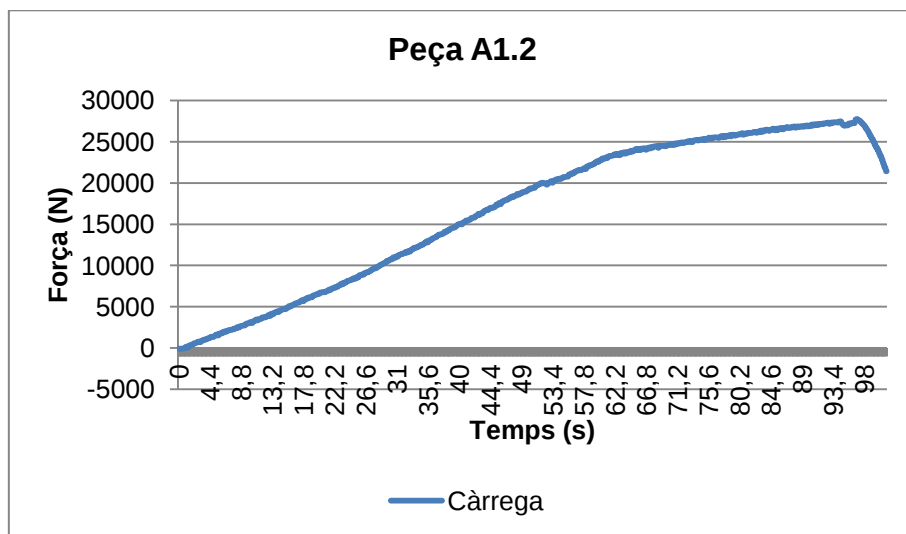
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 29977,60 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 19469,34 N/mm²

Dispersió dels resultats = 53,97% Acceptació = No

5.2.2.2.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 17 Temps – força A1.2

Força màxima (N) = 27440,00 N

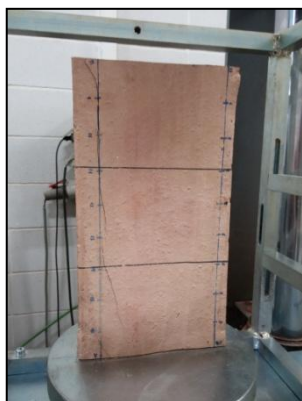
$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{27440,00 \text{ N}}{2490,87 \text{ mm}^2} = 11,02 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.2.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 32 Patró de trencament A1.2

5.2.2.2.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $19469,34 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $8961,08 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $29977,60 \text{ N/mm}^2$.

No podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim 53,97% de dispersió dels resultats, quan el màxim és aproximadament 40% de dispersió.

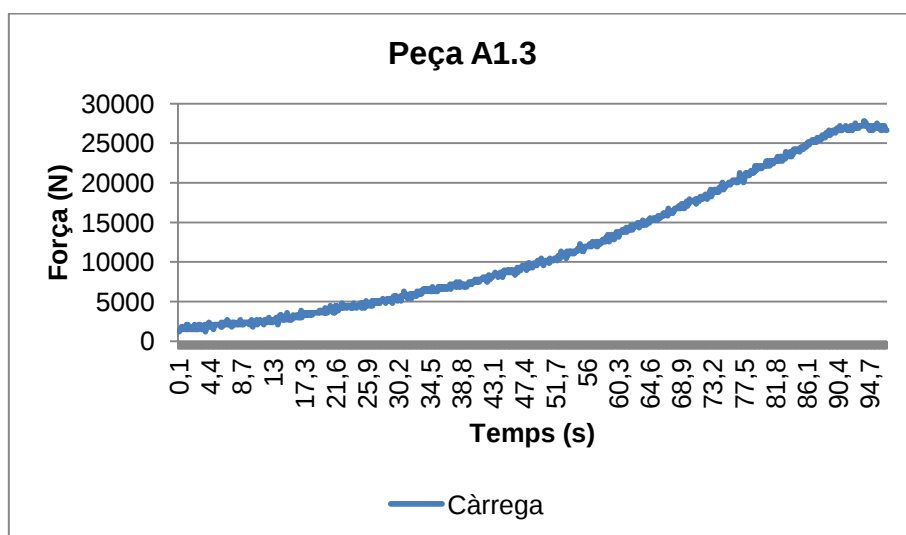
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 2,80 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $11,02 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una fissura vertical en la totalitat de la peça i en les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. Els laterals no s'han vist afectats.

5.2.2.3. Peça A1.3 (Llambilles i 1,8cm gruix)

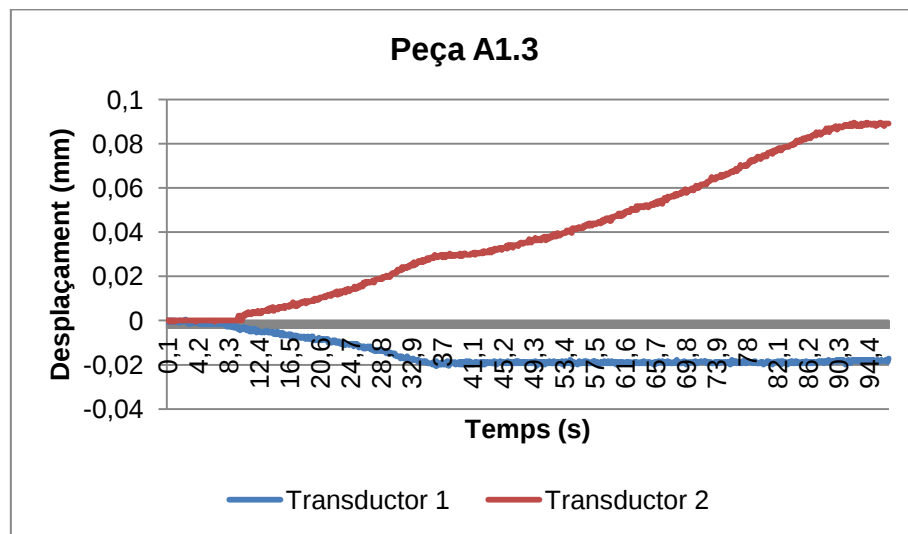
5.2.2.3.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



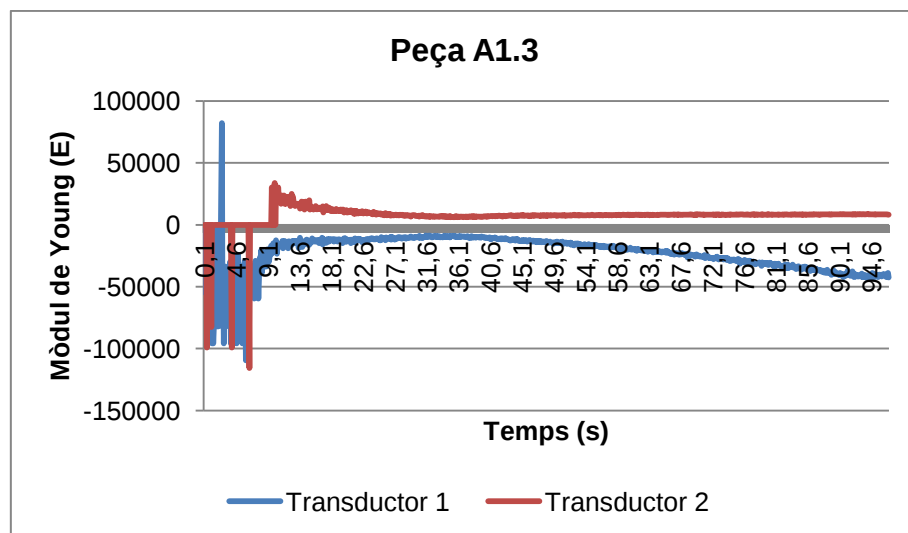
Gràfica 18 Temps – força A1.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 19 Temps – desplaçament dels transductors A1.3

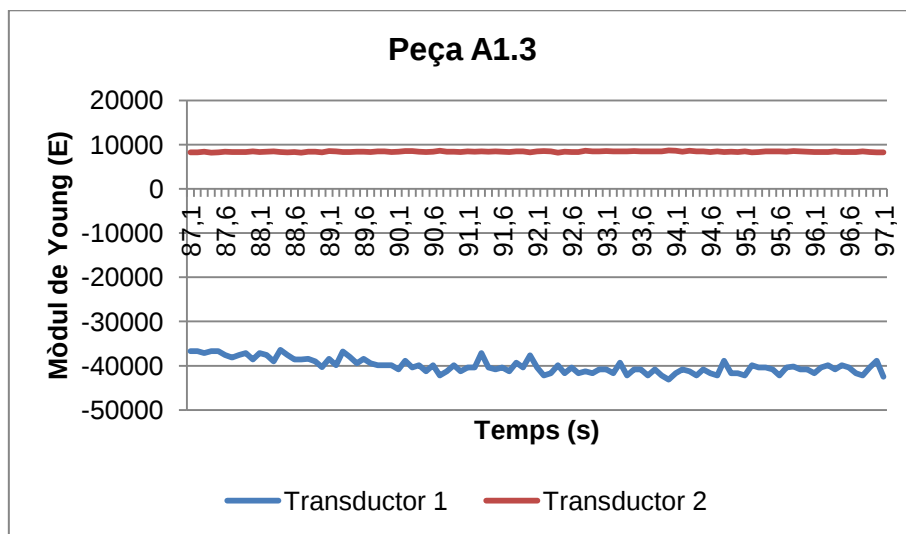
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 20 Temps – mòdul de Young transductors A1.3

5.2.2.3.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 21 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.3

- Càlcul

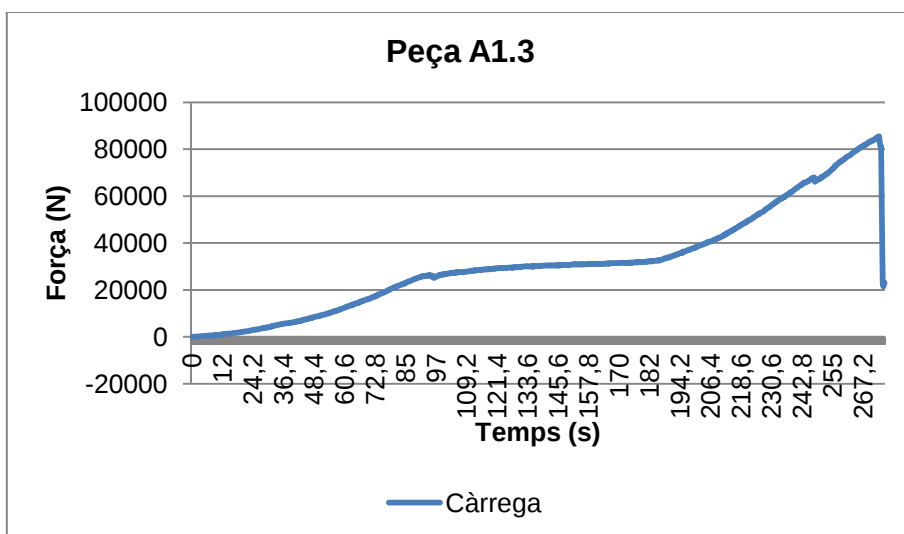
Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8403,84 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.3.3. Càlcul de la tensió de ruptura



Gràfica 22 Temps – força A1.3

Força màxima (N) = 85162,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{85162,00 \text{ N}}{2515,16 \text{ mm}^2} = 33,86 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.3.4. Patró de trencament

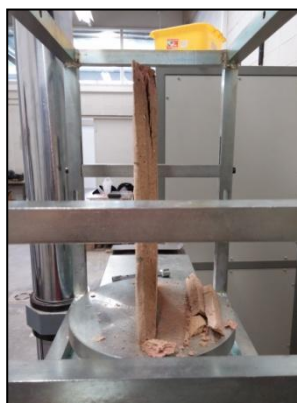
Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 33 Patró de trencament A1.3

5.2.2.3.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és 8403,84 N/mm² i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

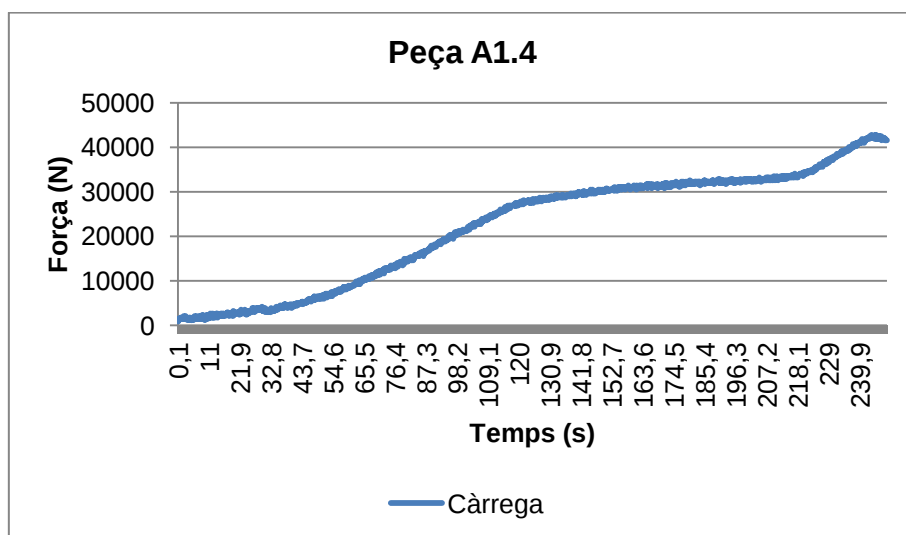
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 8,69 Tn i la tensió de ruptura de la peça és 33,86 N/mm².

El patró de trencament ha sigut amb una fissura superior aproximadament de 2cm en el lateral dret de la peça i desprendiment de material en la totalitat del lateral esquerre.

5.2.2.4. Peça A1.4 (Llambilles i 1,8cm gruix)

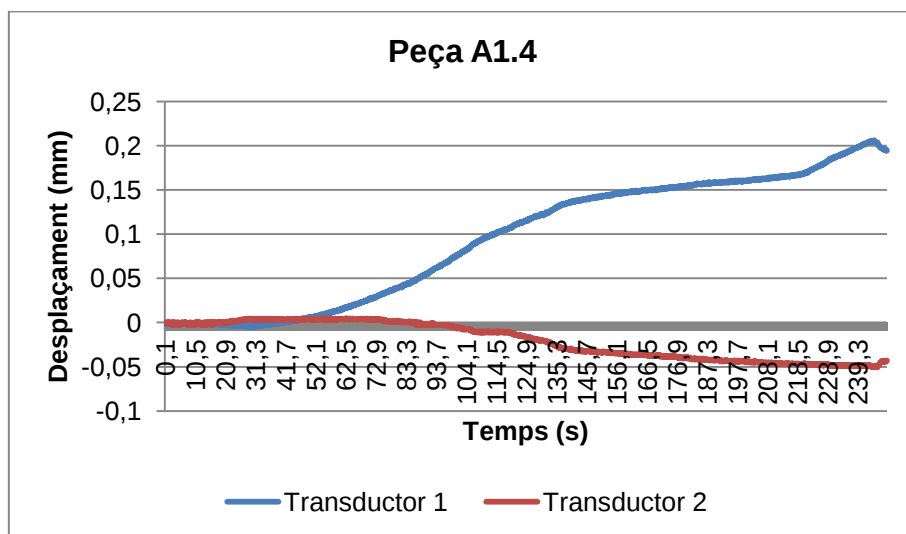
5.2.2.4.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



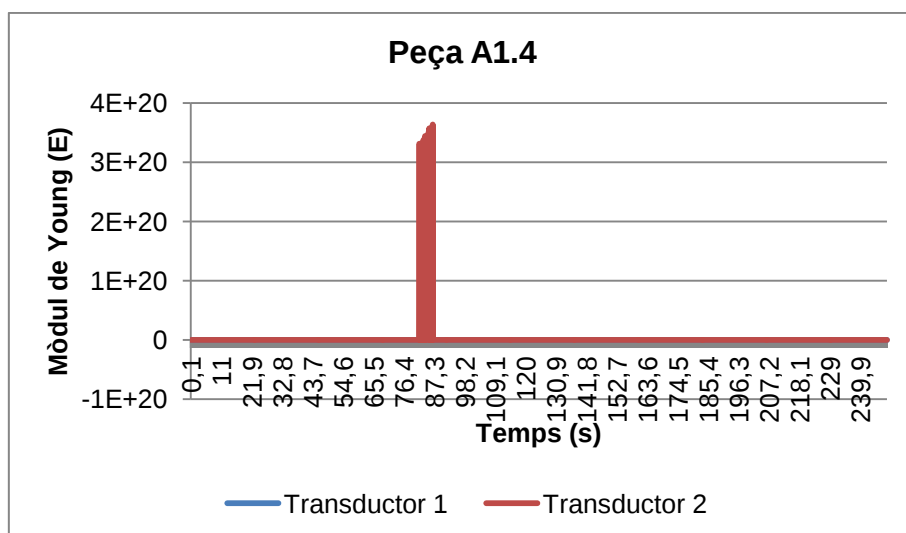
Gràfica 23 Temps – força A1.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 24 Temps – desplaçament transductors A1.4

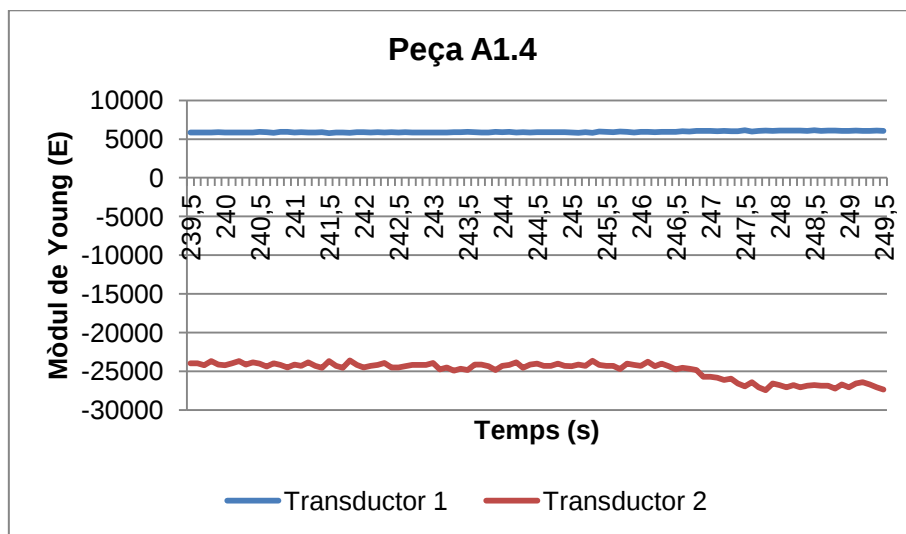
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 25 Temps – mòdul de Young transductors A1.4

5.2.2.4.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 26 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 5937,86 N/mm²

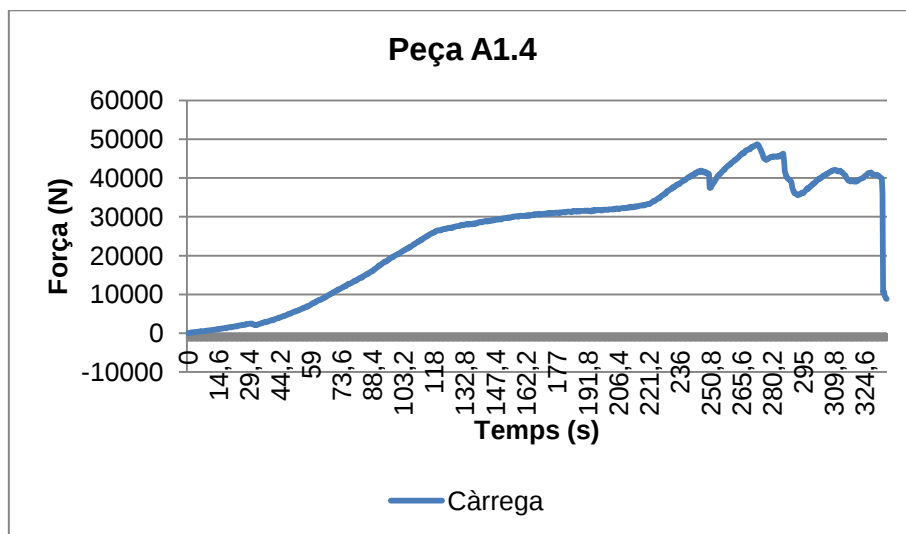
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.4.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça

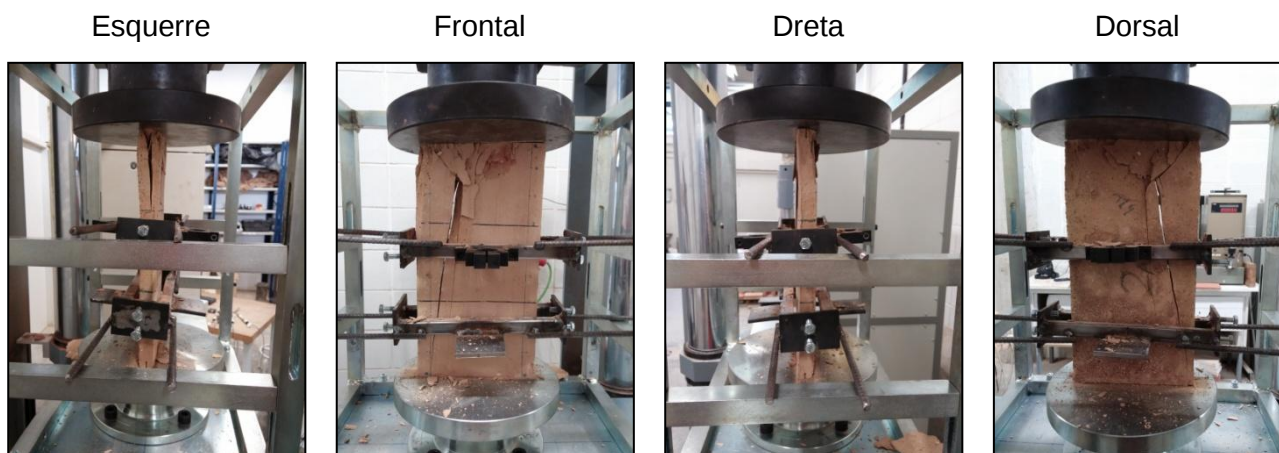


Gràfica 27 Temps – força A1.4

Força màxima (N) = 48608,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{48608,00 \text{ N}}{2513,53 \text{ mm}^2} = 19,34 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.4.4. Patró de trencament



Fotografia 34 Patró de trencament A1.4

5.2.2.4.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és 5937,86 N/mm² i correspon al transductor 1.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

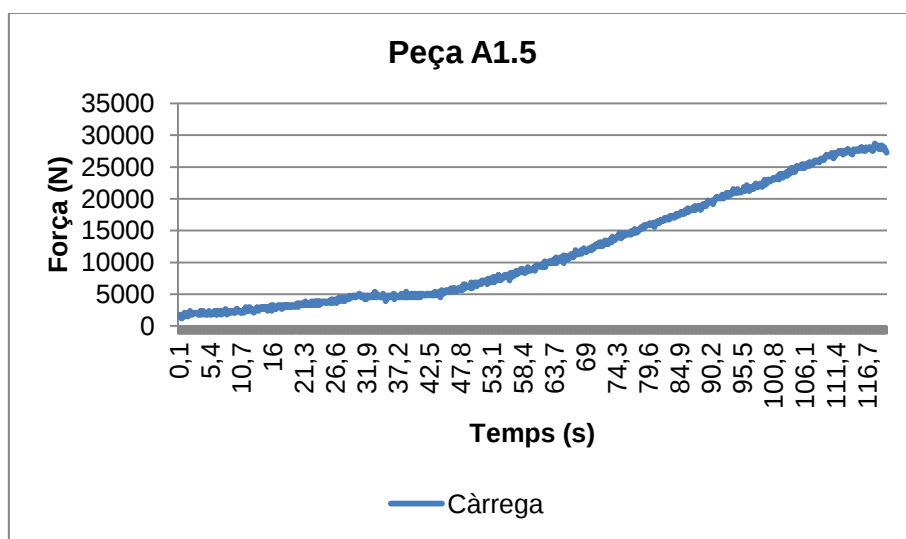
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 4,96 Tn i la tensió de ruptura de la peça és 19,34 N/mm².

El patró de trencament ha sigut amb una fissura superior aproximadament de 4cm en el lateral dret de la peça. A la cara frontal i la cara dorsal, s'ha produït una esquerda vertical en la totalitat de la peça i a la part superior de les dues cares trobem compressió de material.

5.2.2.5. Peça A1.5 (Llambilles i 1,8cm gruix)

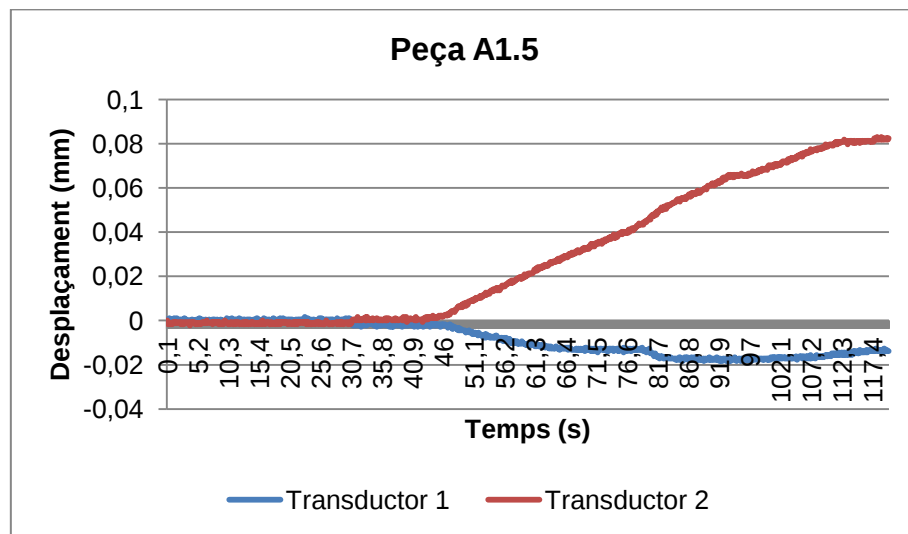
5.2.2.5.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



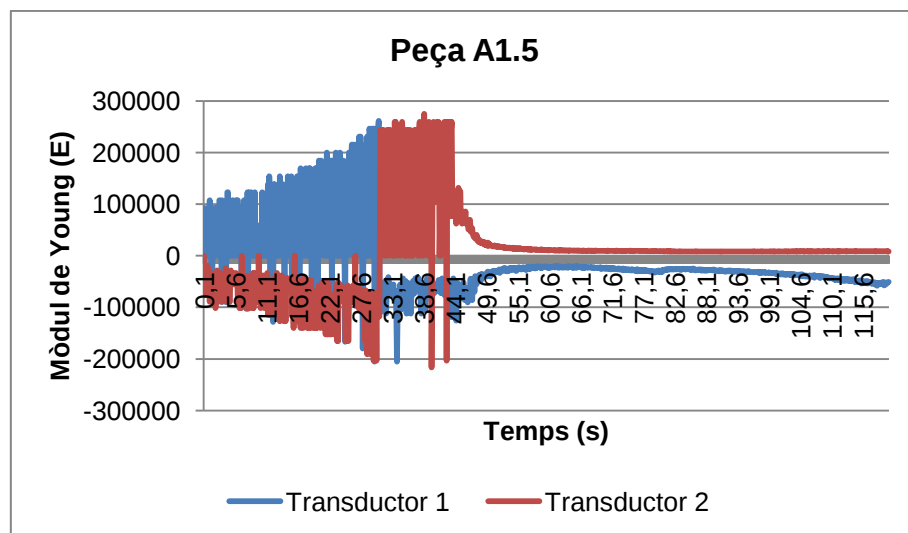
Gràfica 28 Temps – força A1.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 29 Temps – desplaçament transductors A1.5

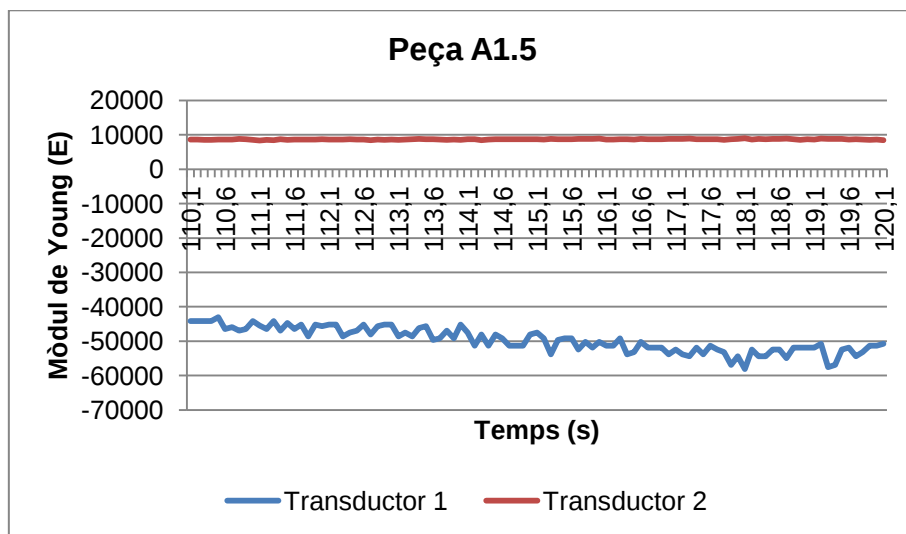
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 30 Temps – mòdul de Young transductors A1.5

5.2.2.5.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica mòdul de Young dels transductors



Gràfica 31 Zoom temps – mòdul de Young transductors A1.5

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

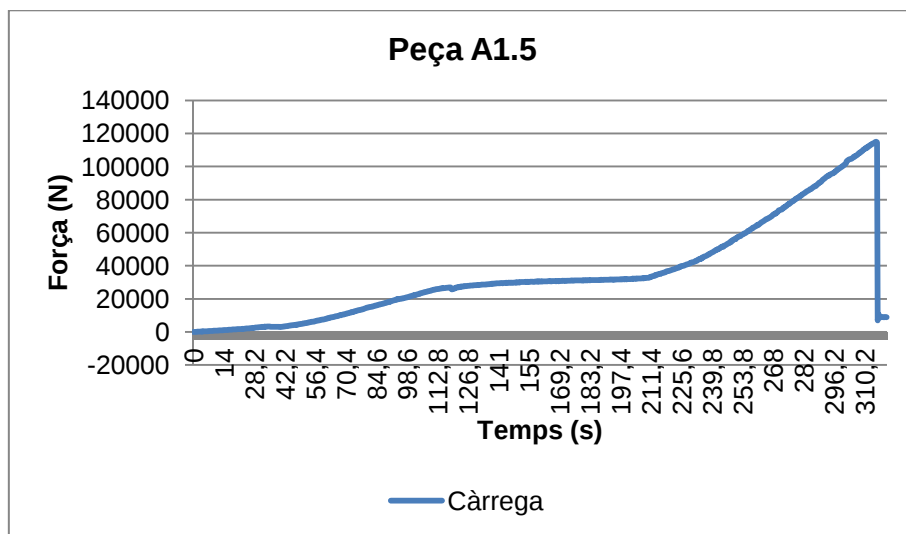
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8670,32 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.5.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 32 Temps – força A1.5

Força màxima (N) = 114954,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{114954,00 \text{ N}}{2507,81 \text{ mm}^2} = 45,84 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.5.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 35 Patró de trencament A1.5

5.2.2.5.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $8670,32 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

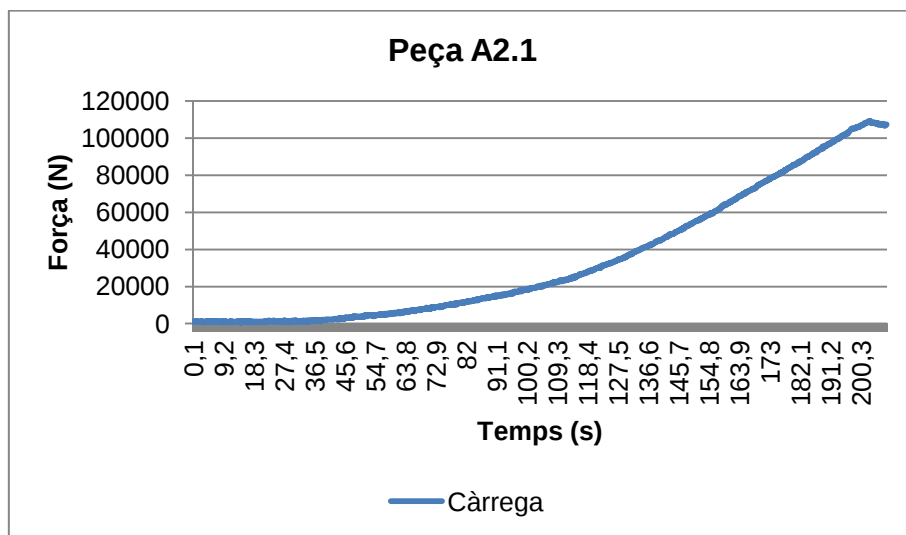
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 11,73 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $45,84 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb despeniment de material a la part superior del lateral dret i esquerra horitzontal a la part superior del lateral esquerre. A la cara dorsal i a la cara frontal, s'ha produït compressió del material i una esquerra horitzontal a la part superior de la peça i que aquesta ha provocat el despeniment de material de la part superior.

5.2.2.6. Peça A2.1 (Llambilles i 3,2cm gruix)

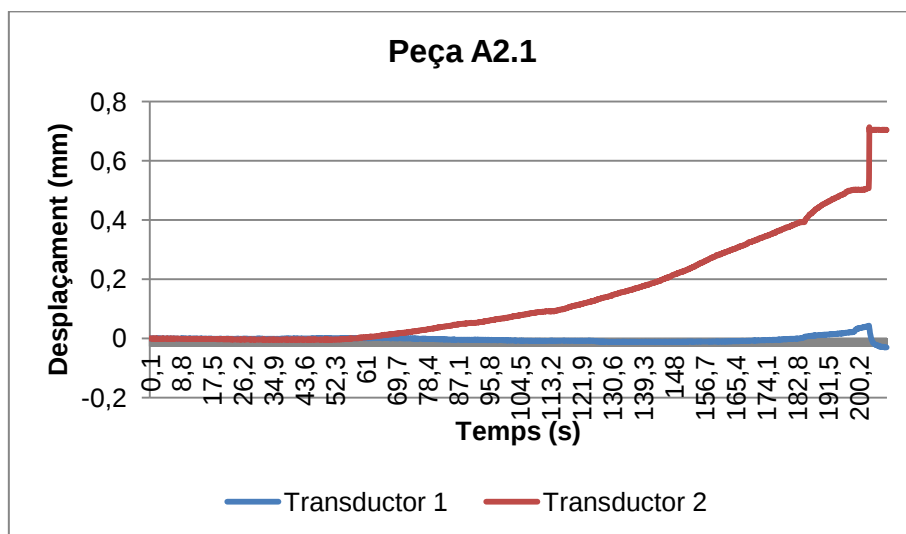
5.2.2.6.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



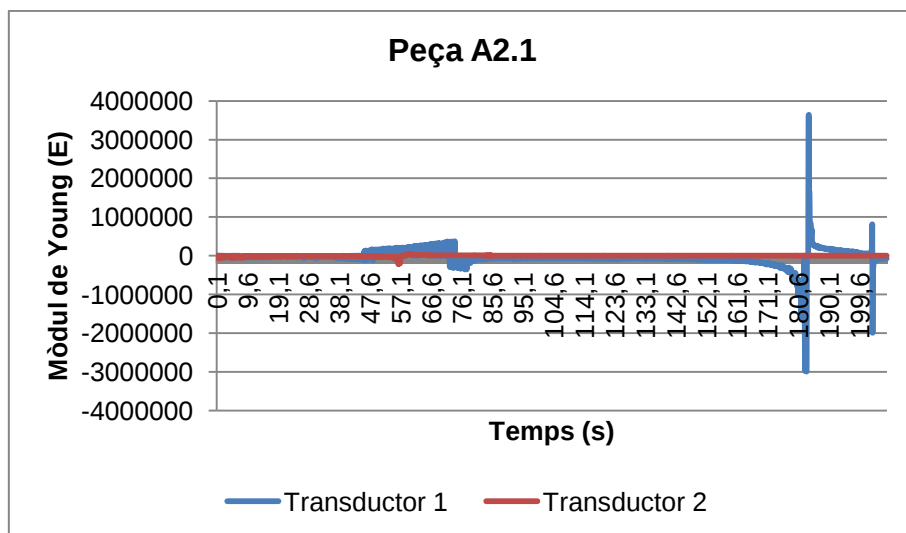
Gràfica 33 Temps – força A2.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 34 Temps – desplaçament transductors A2.1

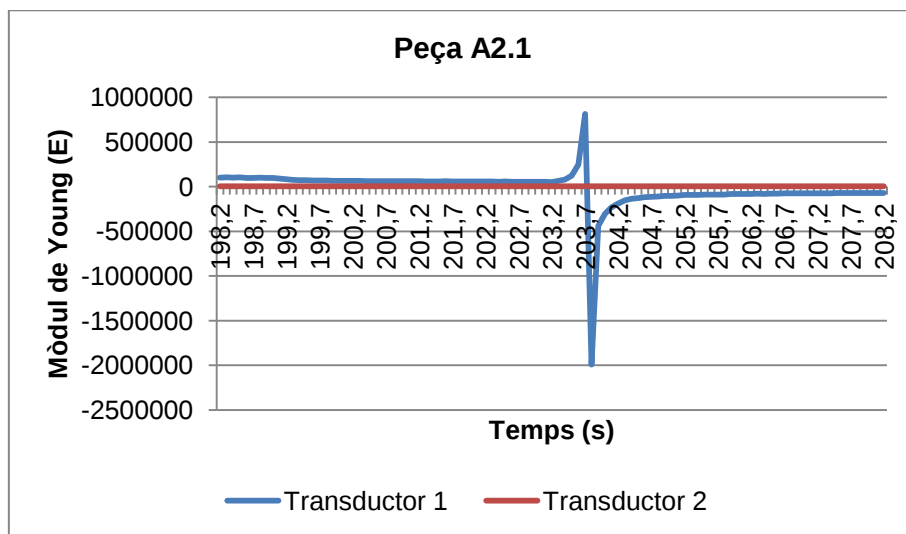
- Gràfica Temps – Mòdul de Young del transductors



Gràfica 35 Temps – mòdul de Young transductors A2.1

5.2.2.6.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 36 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

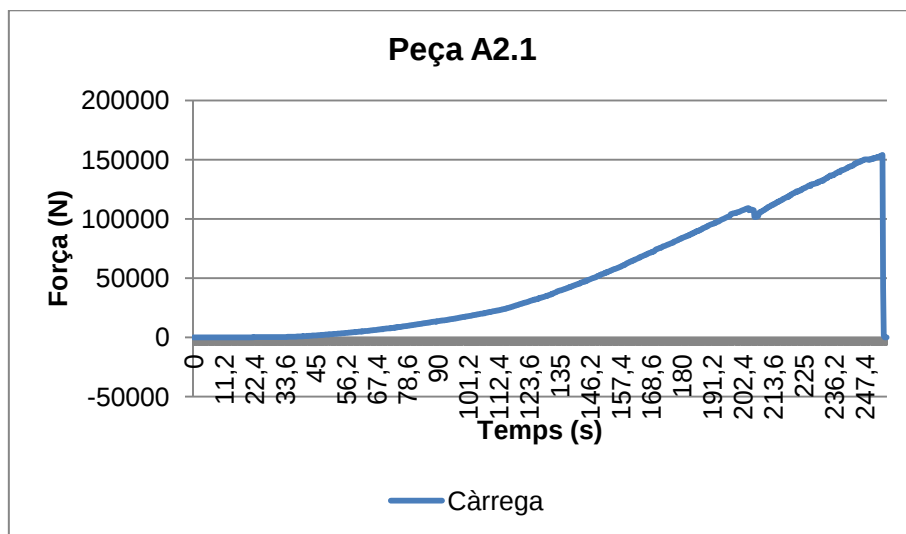
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3821,40 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.6.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 37 Temps – força A2.1

Força màxima (N) = 153958,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{153958,00 \text{ N}}{4191,81 \text{ mm}^2} = 36,73 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.6.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal

No tenim fotografia

Fotografia 36 Patró de trencament A2.1

5.2.2.6.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $3821,40 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

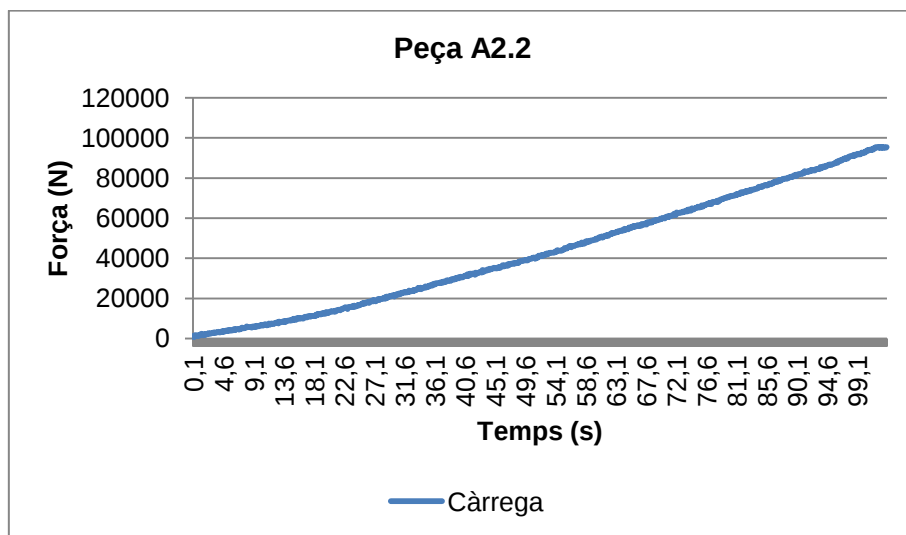
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 15,71 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $36,73 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït una esquerdada vertical en la totalitat de la peça de la cara frontal i dorsal i que aquesta ha provocat el despreniment del material. També es pot observar una compressió del material a la part inferior de la cara frontal acompanyada d'una petita fissura horitzontal.

5.2.2.7. Peça A2.2 (Llambilles i 3,2cm gruix)

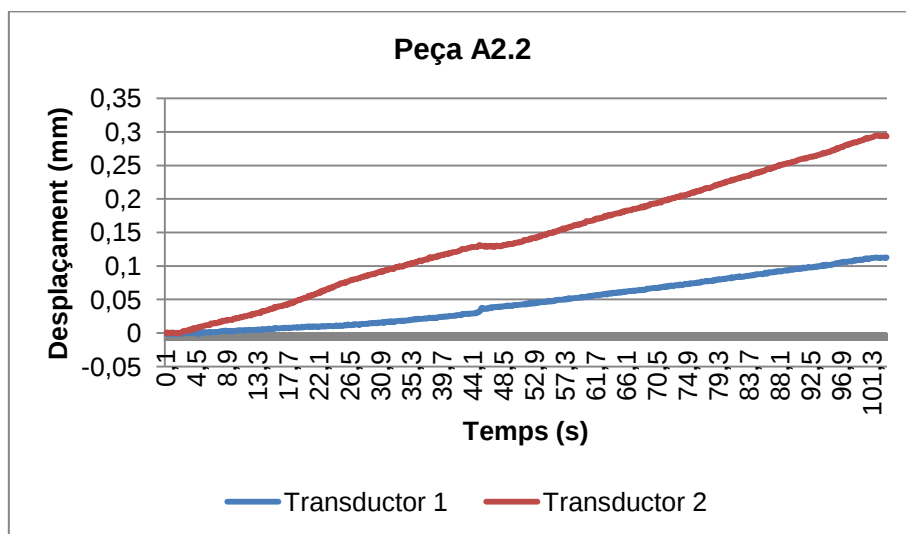
5.2.2.7.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



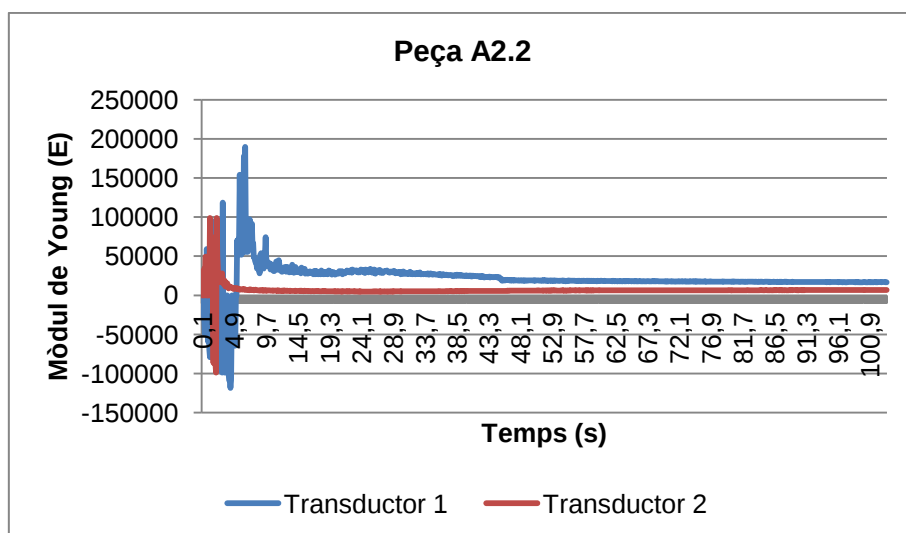
Gràfica 38 Temps – força A2.2

- Gràfica Temps – Desplaçament del transductors



Gràfica 39 Temps – desplaçament transductors A2.2

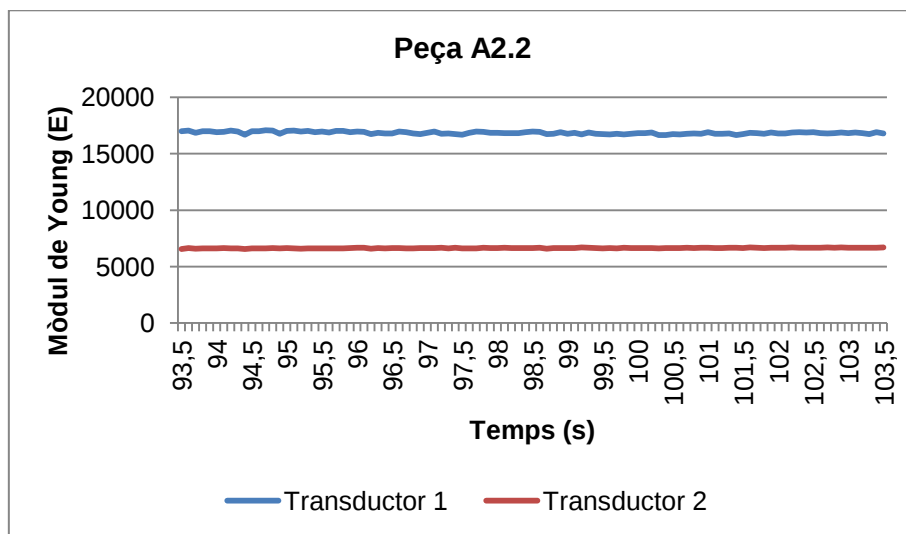
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 40 Temps – mòdul de Young transductors A2.2

5.2.2.7.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 41 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 16855,73 N/mm²

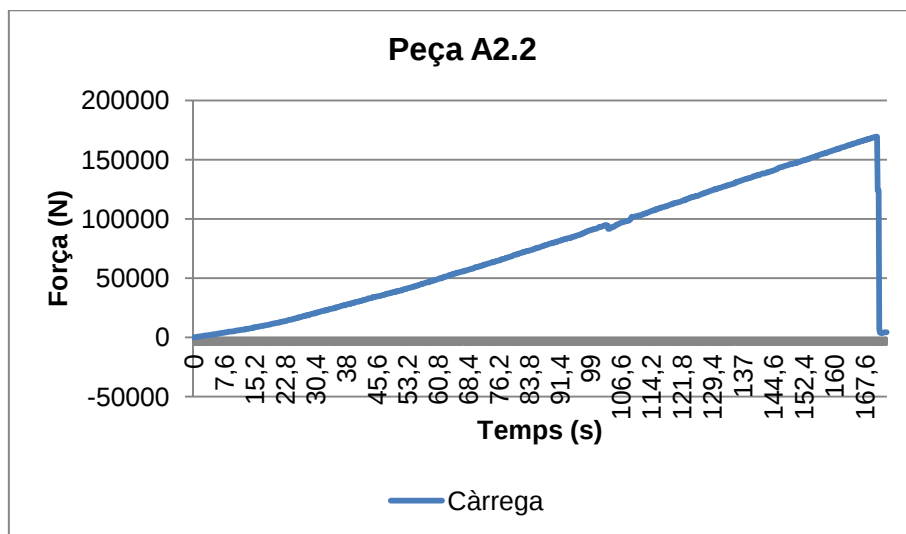
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 6648,84 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **11752,29 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 43,43% Acceptació = Sí

5.2.2.7.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça

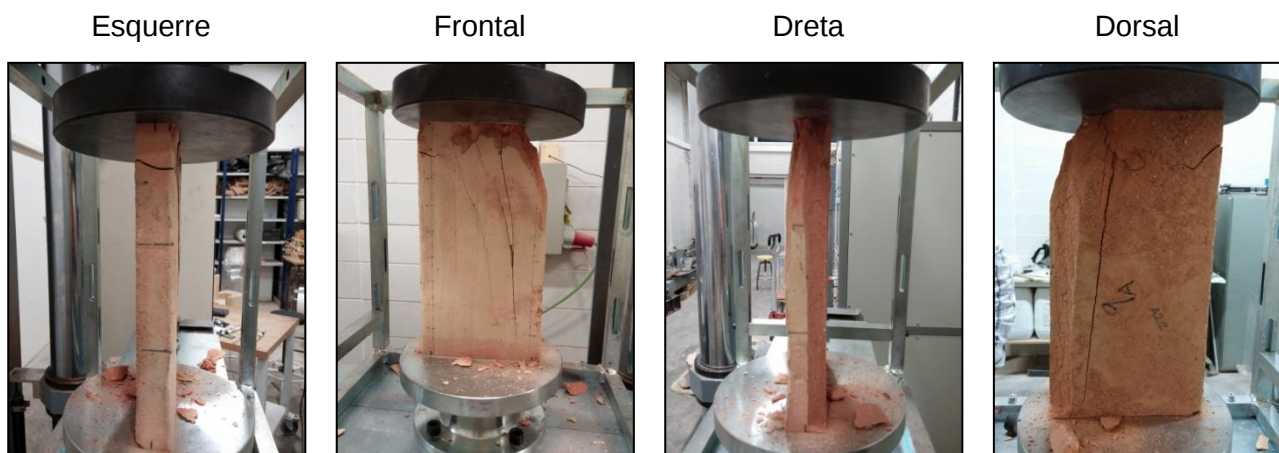


Gràfica 42 Temps – força A2.2

Força màxima (N) = 169442,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{169442,00 \text{ N}}{4385,10 \text{ mm}^2} = 38,64 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.7.4. Patró de trencament



Fotografia 37 Patró trencament A2.2

5.2.2.7.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $11752,29 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $16855,73 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $6648,84 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 43,43% de dispersió dels resultats.

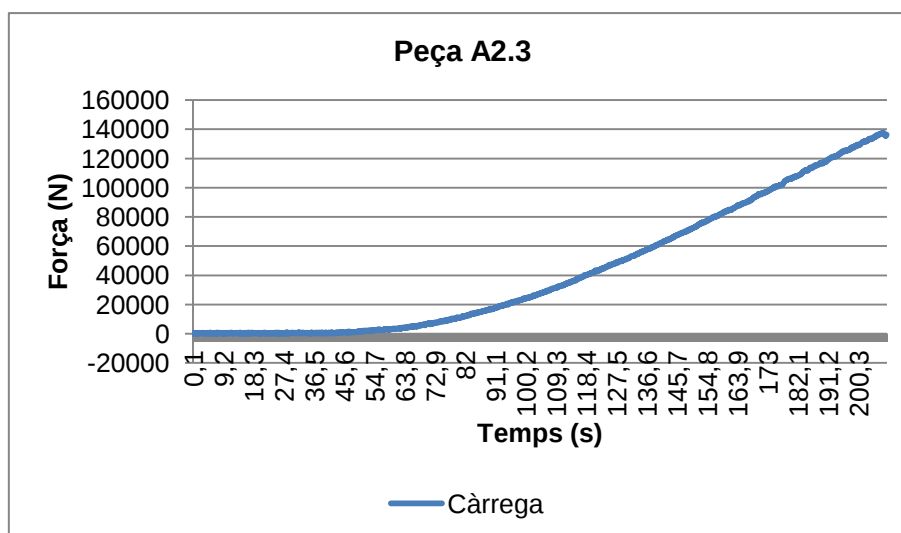
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 17,29 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $38,64 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda al lateral esquerre de la peça i despreniment de material en el lateral dret. A la cara frontal si pot observar vèries fissures verticals en la totalitat de la peça i una petita fissura a la part superior esquerra. Finalment a la cara dorsal de la peça si hi ha produït una esquerda vertical i una esquerda horitzontal a la part superior.

5.2.2.8. Peça A2.3 (Llambilles i 3,2cm gruix)

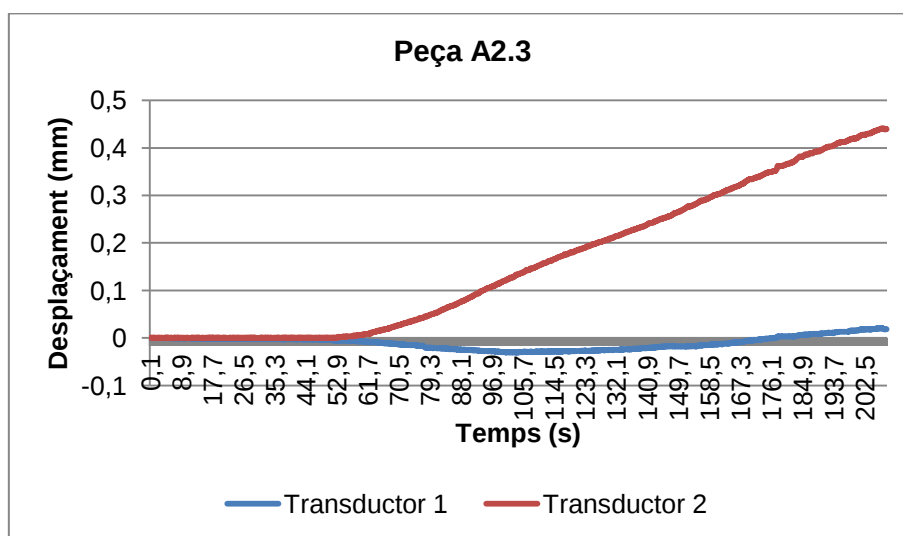
5.2.2.8.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



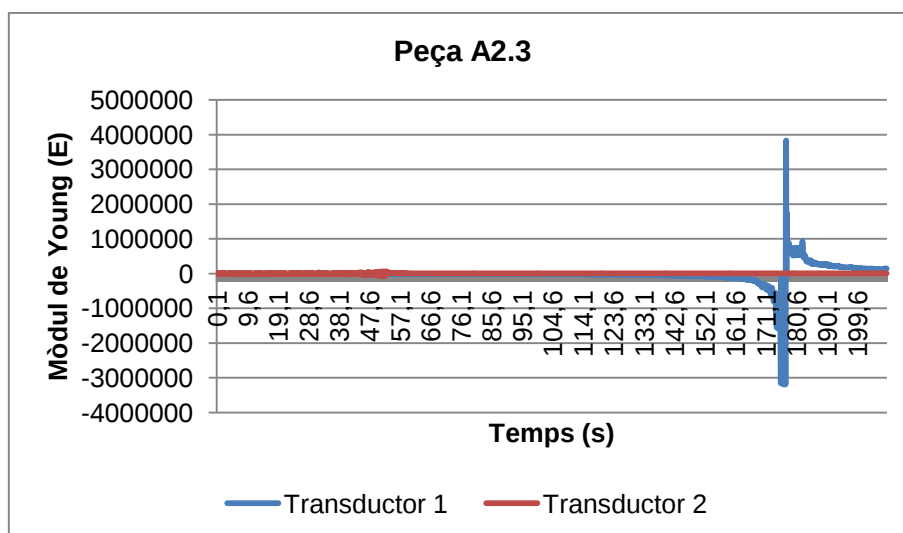
Gràfica 43 Temps – força A2.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 44 Temps – desplaçament transductors A2.3

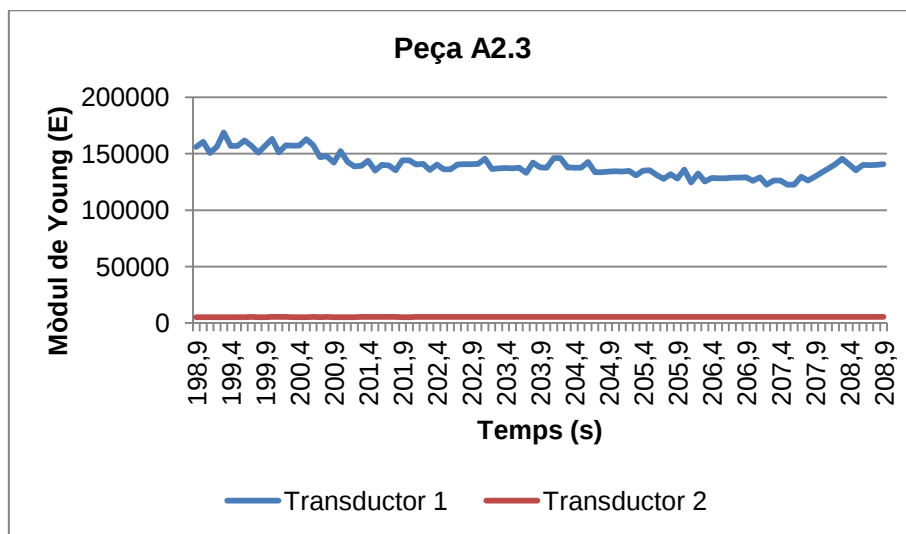
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 45 Temps – mòdul de Young transductors A2.3

5.2.2.8.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 46 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.3

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 139883,42 N/mm²

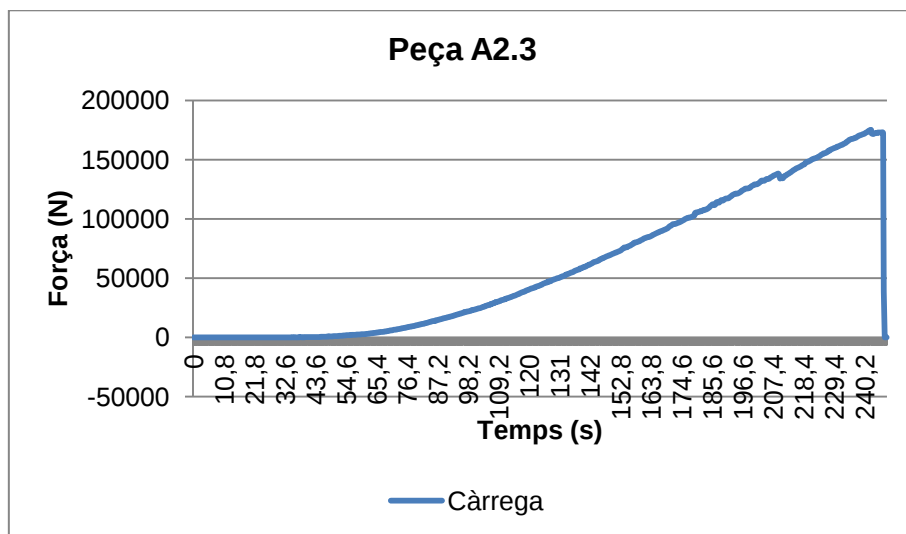
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5416,49 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 72649,96 N/mm²

Dispersió dels resultats = 92,54% Acceptació = No

5.2.2.8.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 47 Temps – força A2.3

Força màxima (N) = 173244,40 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{173244,40 \text{ N}}{4393,65 \text{ mm}^2} = 39,46 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.8.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 38 Patró trencament A2.3

5.2.2.8.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $72649,96 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $139883,42 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $5416,49 \text{ N/mm}^2$.

No podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 92,54% de dispersió dels resultats, quan el màxim és aproximadament un 40% de dispersió.

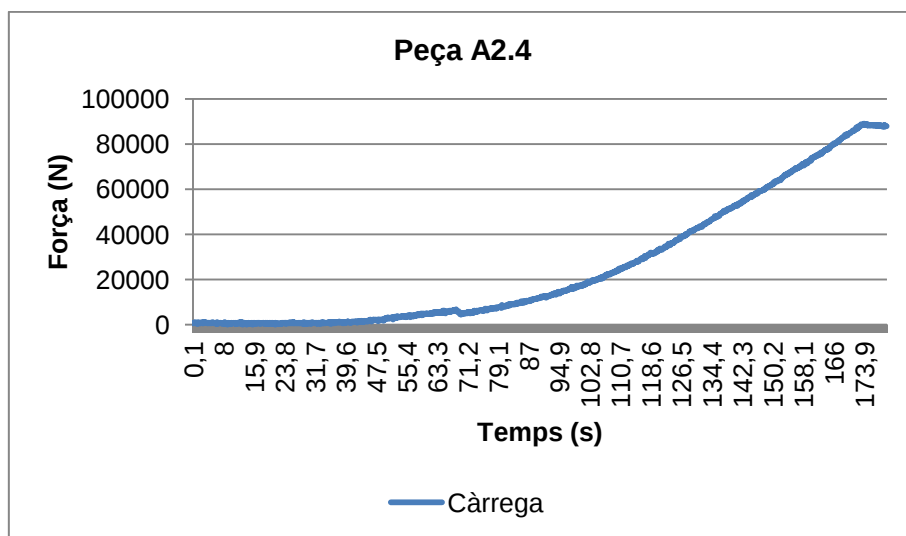
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 17,69 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $39,46 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerra horitzontal a la part inferior del lateral esquerre. A les cares frontal i dorsal, si pot observar una esquerra vertical en la totalitat de la peça i compressió de material a les parts inferiors i superiors de la peça.

5.2.2.9. Peça A2.4 (Llambilles i 3,2cm gruix)

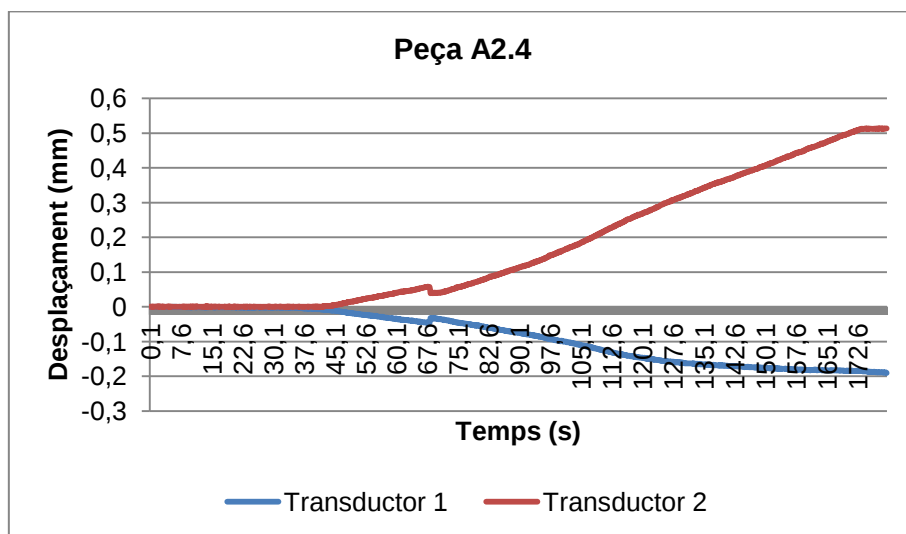
5.2.2.9.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



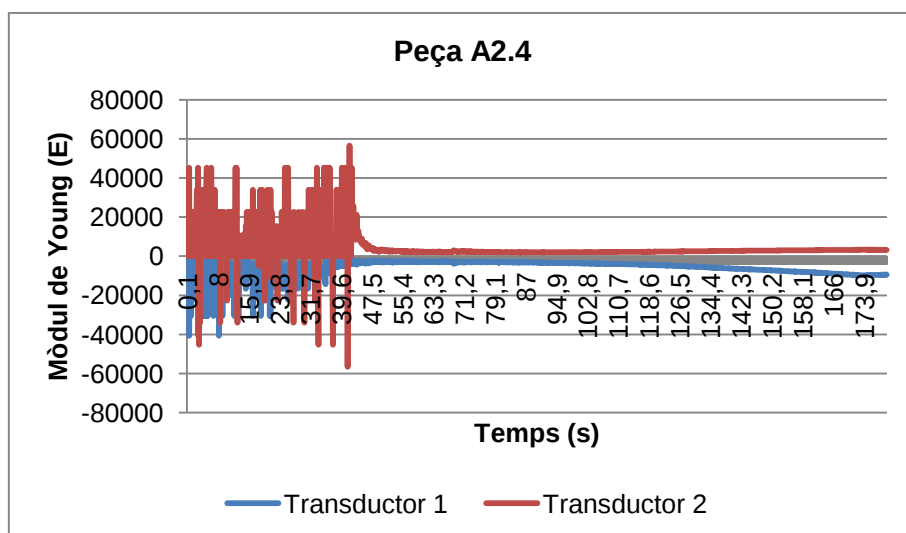
Gràfica 48 Temps – força A2.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 49 Temps – desplaçament transductors A2.4

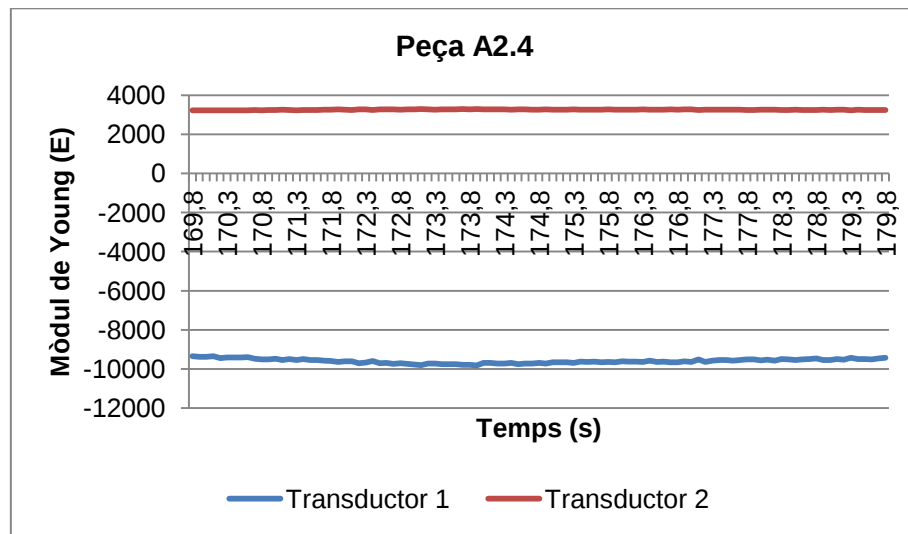
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 50 Temps – mòdul de Young transductors A2.4

5.2.2.9.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 51 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

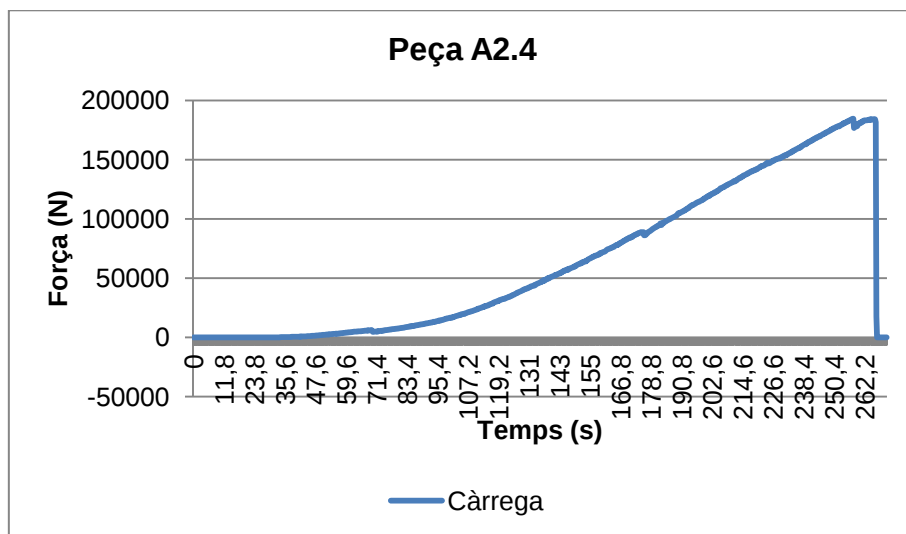
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3260,81 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.9.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 52 Temps – força A2.4

Força màxima (N) = 184338,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{184338,00 \text{ N}}{4434,34 \text{ mm}^2} = 41,57 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.9.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 39 Patró trencament A2.4

5.2.2.9.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $3260,81 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

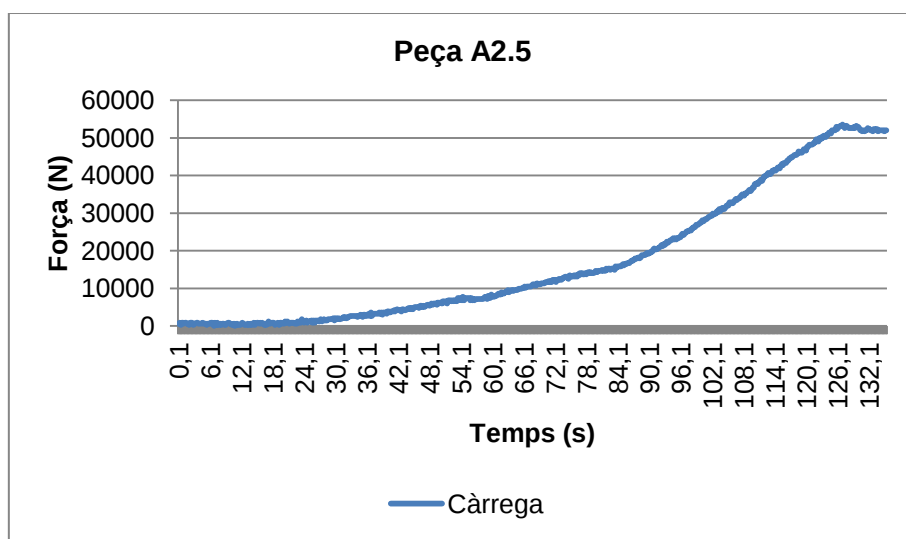
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 18,81 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $41,57 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb desprendiment de material a les totalitats dels laterals, tant dret com esquerre. A les cares frontal i dorsal, si pot observar una compressió del material i que aquesta ha produït el desprendiment del material.

5.2.2.10. Peça A2.5 (Llambilles i 3,2cm gruix)

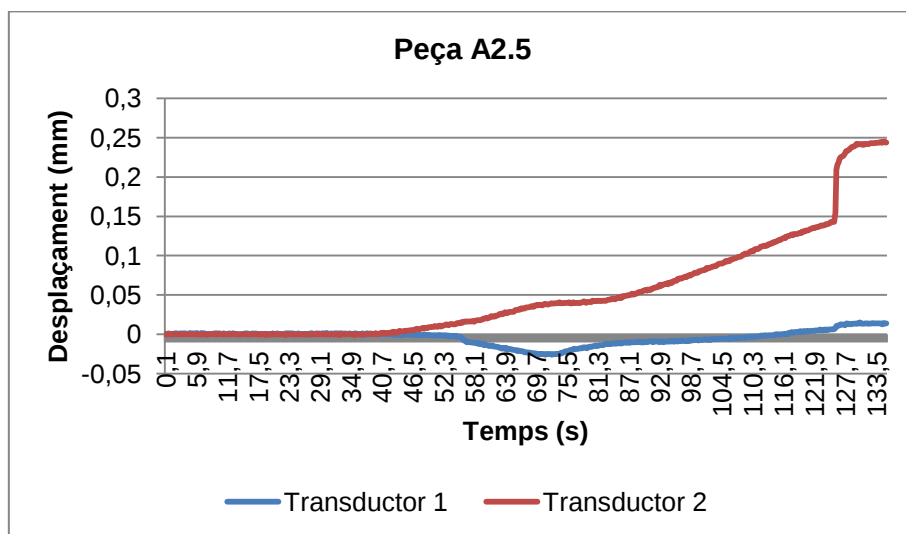
5.2.2.10.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



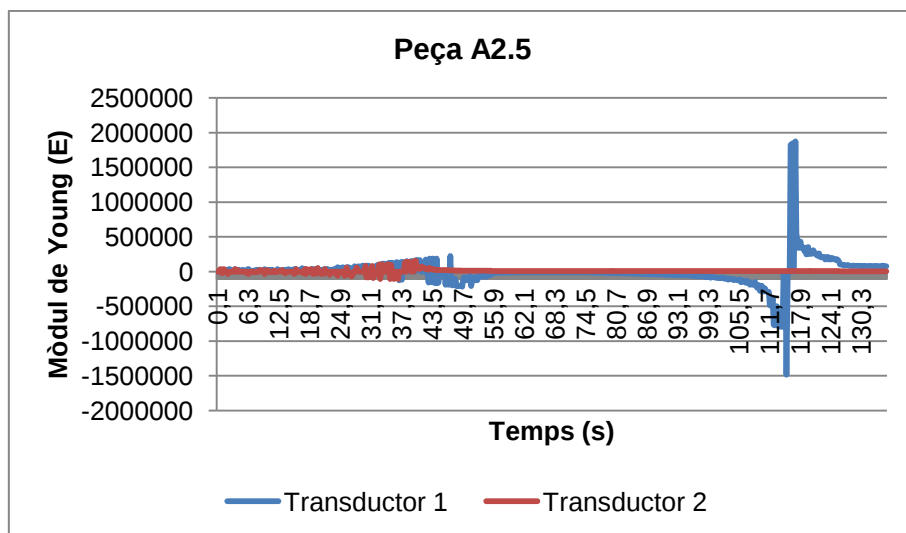
Gràfica 53 Temps – força A2.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 54 Temps – desplaçament transductors A2.5

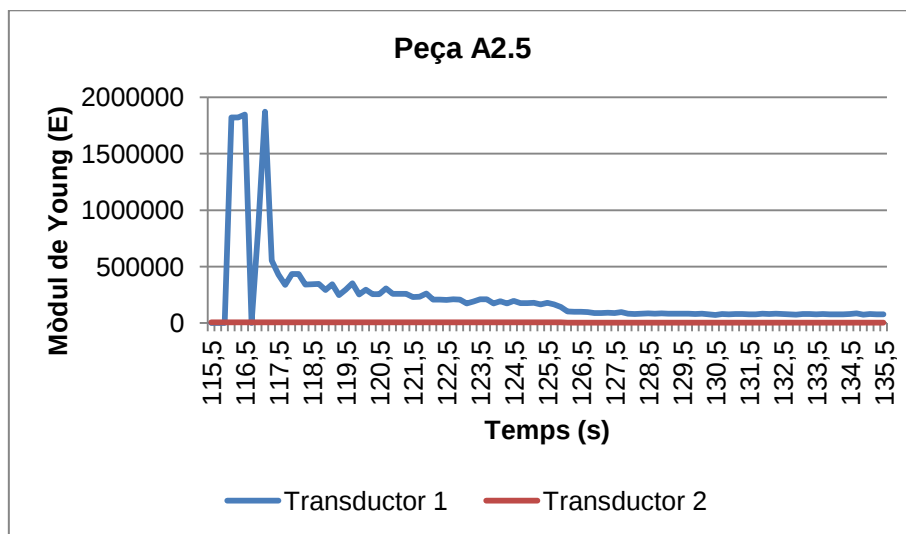
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 55 Temps – mòdul de Young transductors A2.5

5.2.2.10.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 56 Zoom temps – mòdul de Young transductors A2.5

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim molta dispersió entre valors

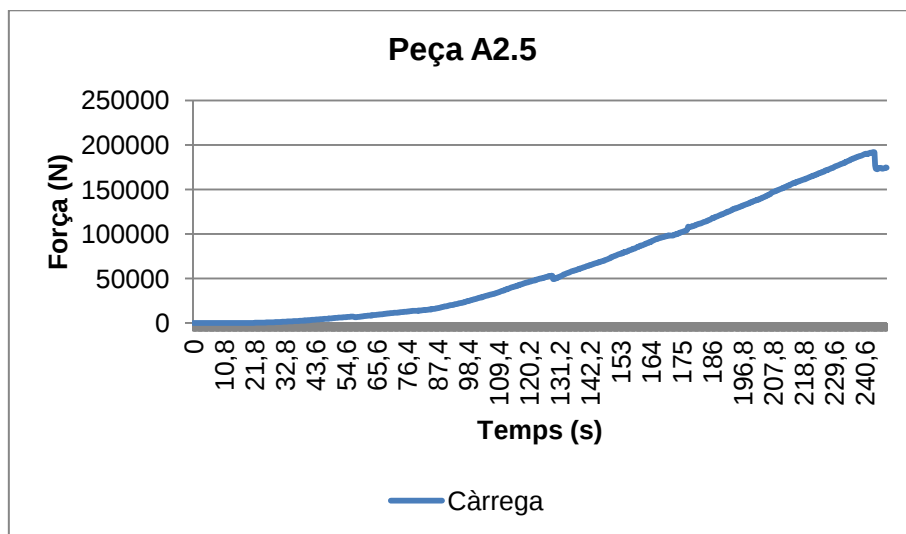
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5835,65 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.10.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 57 Temps – força A2.5

Força màxima (N) = 192080,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{192080,00 \text{ N}}{4309,43 \text{ mm}^2} = 44,57 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.10.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal



Dreta

No tenim fotografia

Dorsal



Fotografia 40 Patró trencament A2.5

5.2.2.10.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és 5835,65 N/mm² i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

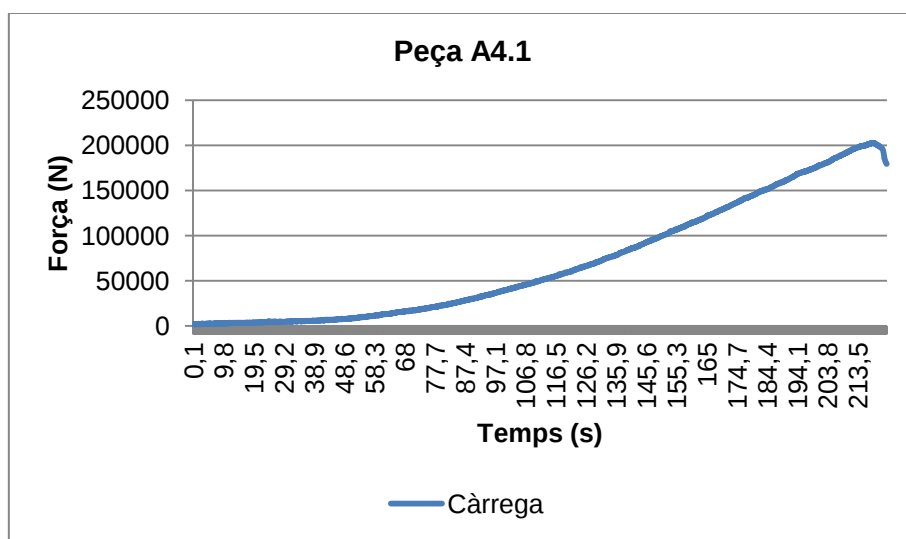
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 19,60 Tn i la tensió de ruptura de la peça és 44,57 N/mm².

El patró de trencament s'ha produït amb una fissura vertical en la totalitat de la peça en les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. Aquesta fissura vertical ha provocat el despreniment de tot el material del lateral dret.

5.2.2.11. Peça A4.1 (Llambilles i 7cm gruix)

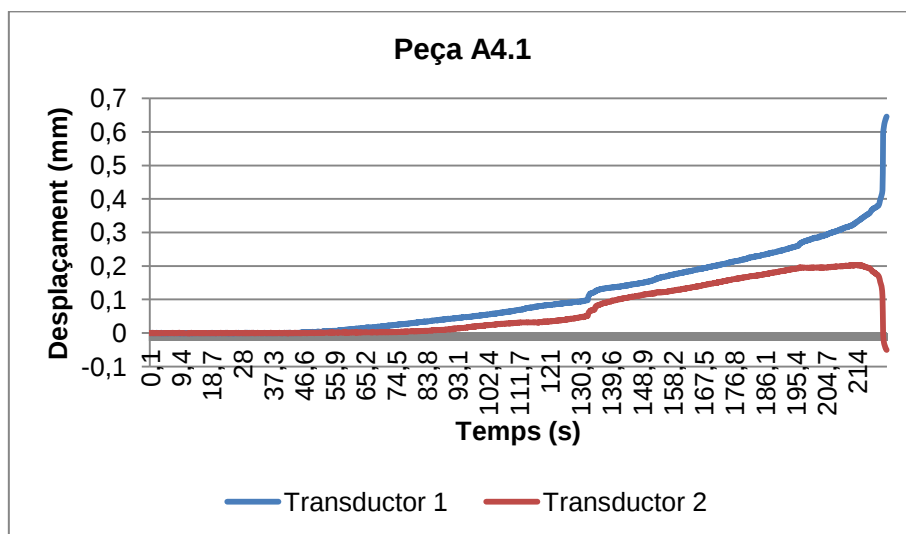
5.2.2.11.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



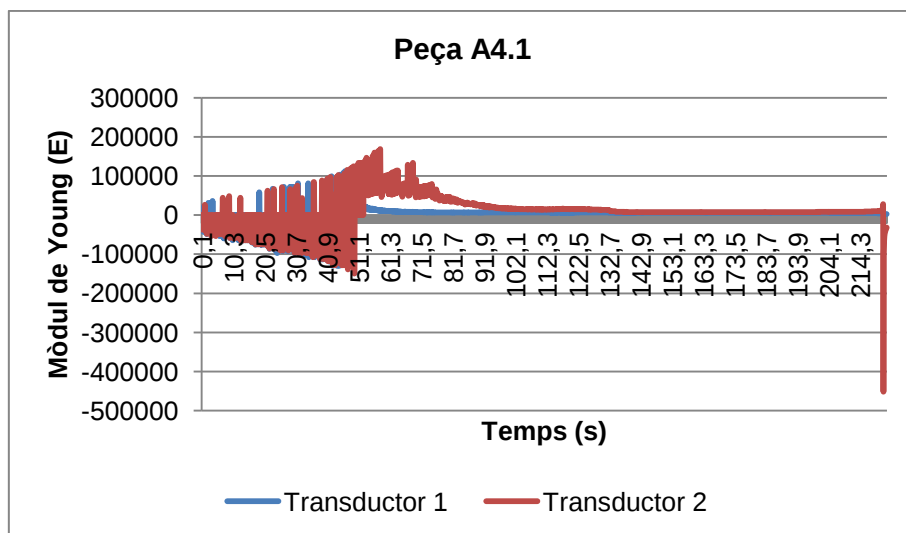
Gràfica 58 Temps – força A4.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 59 Temps – desplaçament transductors A4.1

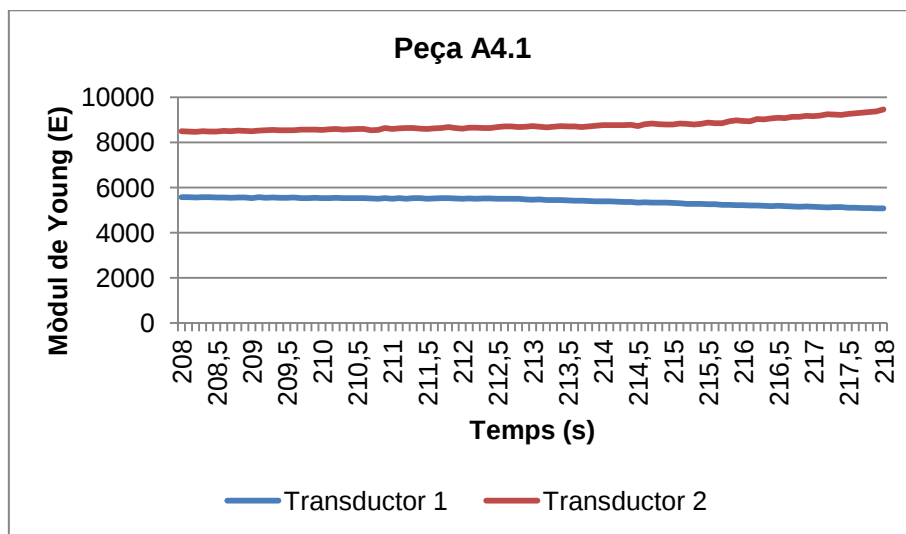
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 60 Temps – mòdul de Young transductors A4.1

5.2.2.11.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 61 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 5402,39 N/mm²

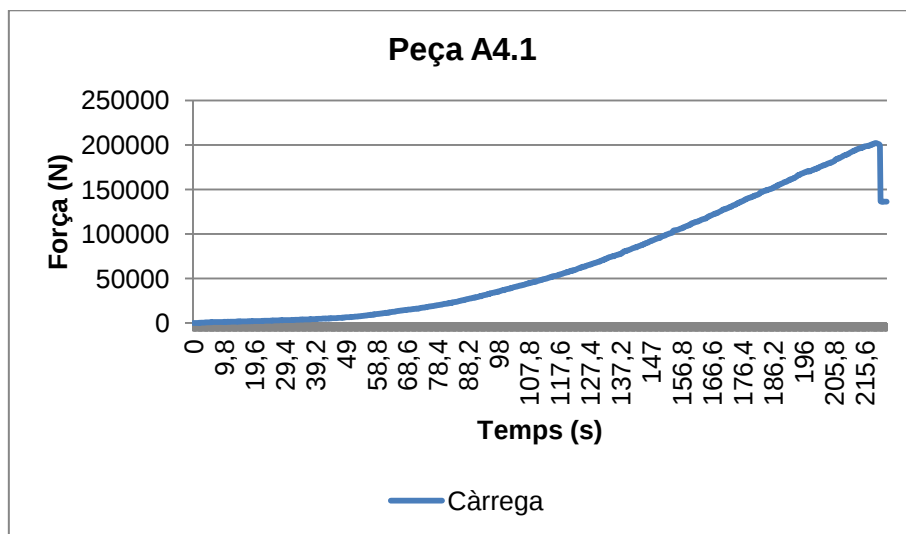
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8767,50 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **7084,94 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 23,75% Acceptació = Sí

5.2.2.11.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 62 Temps – força A4.1

Força màxima (N) = 202272,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{202272,00 \text{ N}}{9415,45 \text{ mm}^2} = 21,48 \text{ N/mm}^2$$

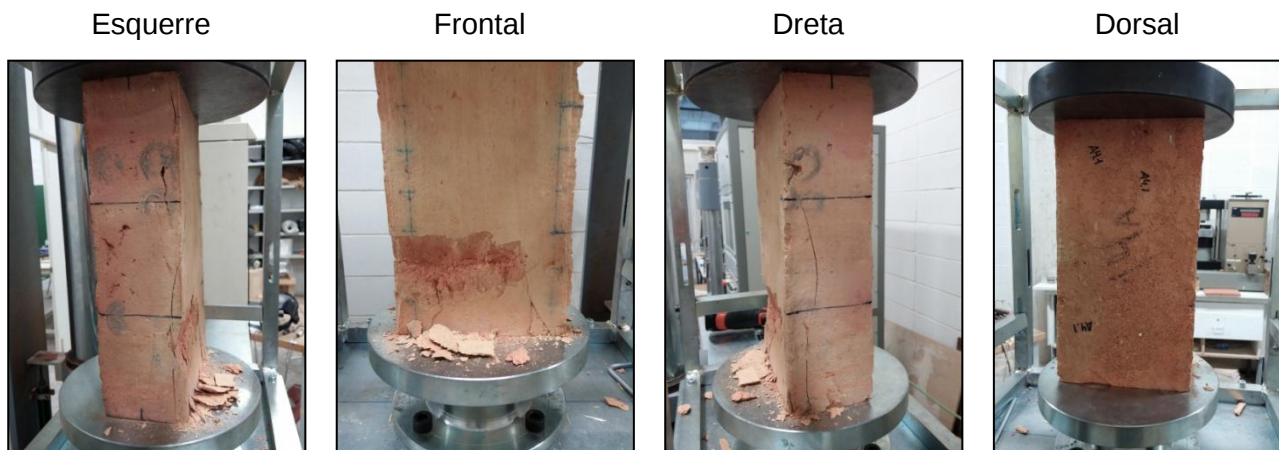
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,209

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 21,48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,209 = 25,97 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.11.4. Patró de trencament



Fotografia 41 Patró trencament A4.1

5.2.2.11.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és 7084,94 N/mm². Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és 5402,39 N/mm² i el mòdul de Young del transductor 2 és 8767,50 N/mm².

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 23,75% de dispersió de resultats.

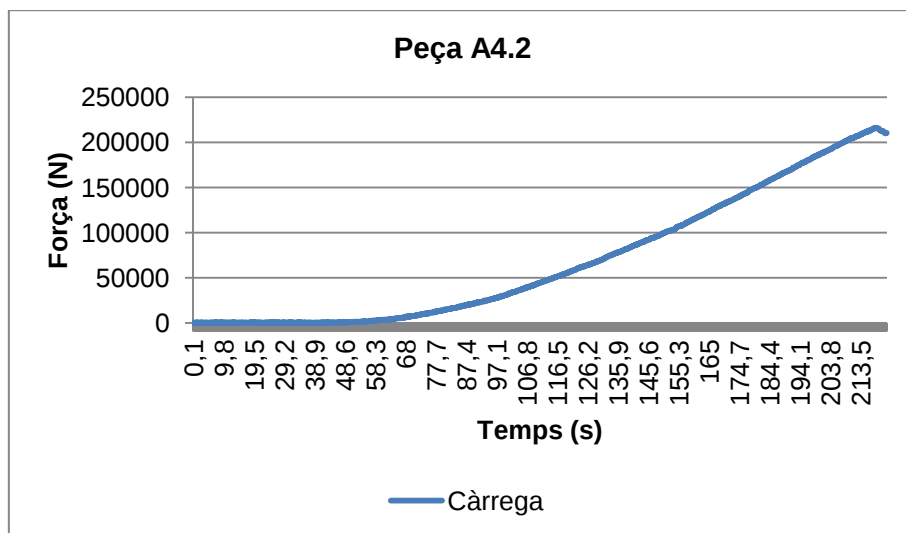
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 20,64 Tn, la tensió de ruptura de la peça és 21,48 N/mm² i la resistència de compressió normalitzada és 25,97 N/mm².

El patró de trencament s'ha produït amb una fissura vertical a la part inferior fins a la meitat de la peça en els dos laterals. També a la part inferior de la cara frontal si hi ha produït compressió de material amb la seva respectiva fissura horitzontal.

5.2.2.12. Peça A4.2 (Llambilles i 7cm gruix)

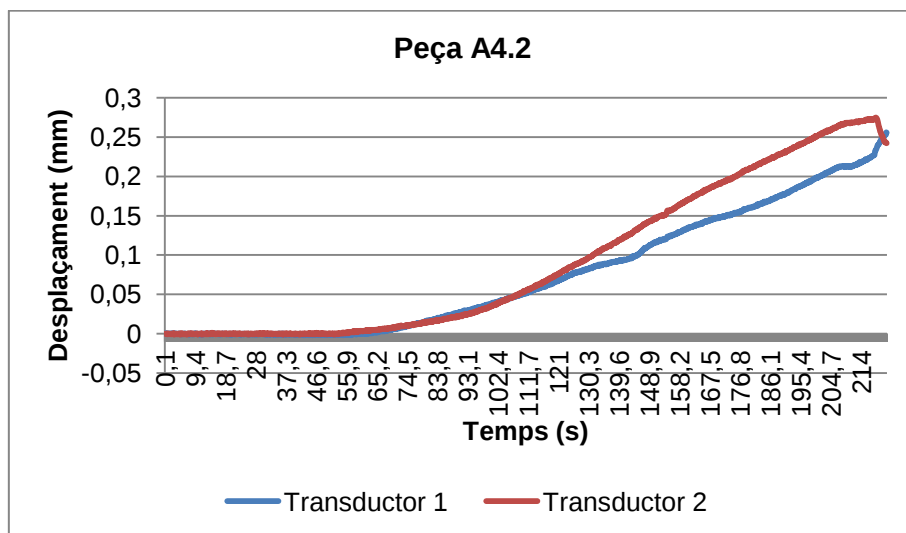
5.2.2.12.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



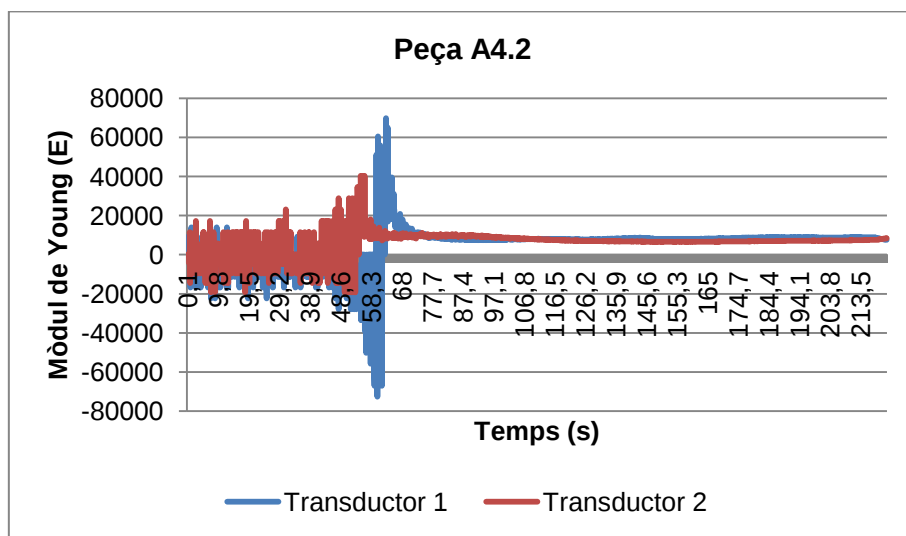
Gràfica 63 Temps – força A4.2

- Gràfica Temps – Desplaçament del transductors



Gràfica 64 Temps – desplaçament transductors A4.2

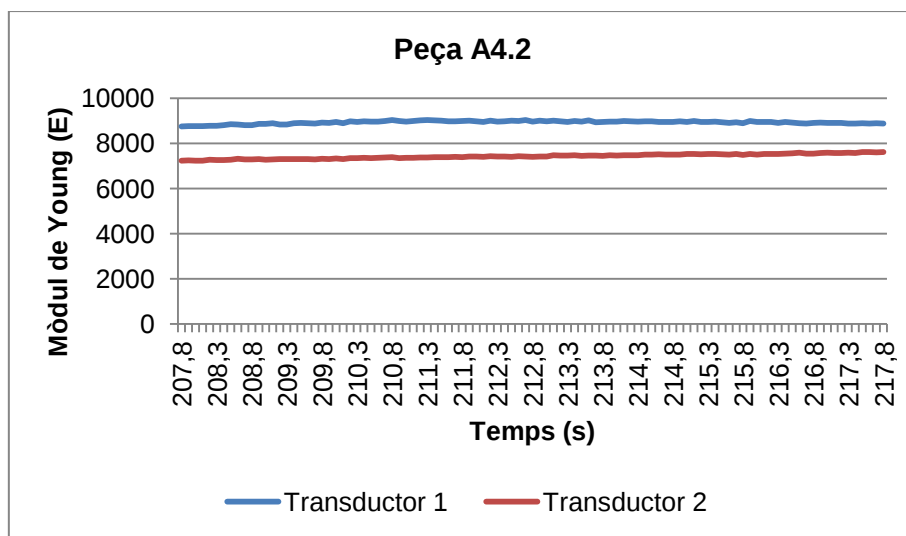
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 65 Temps – mòdul de Young transductors A4.2

5.2.2.12.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 66 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.2

- Càlcul

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 8934,21 \text{ N/mm}^2$$

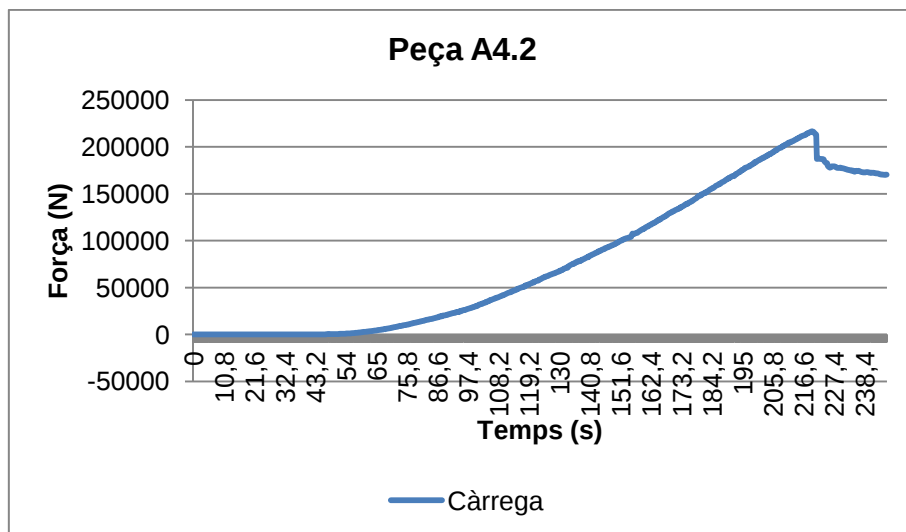
$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 7431,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = \mathbf{8182,99 \text{ N/mm}^2}$$

Dispersió dels resultats = 9,18% Acceptació = Sí

5.2.2.12.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 67 Temps – força A4.2

Força màxima (N) = 216580,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{216580,00 \text{ N}}{9478,41 \text{ mm}^2} = 22,85 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

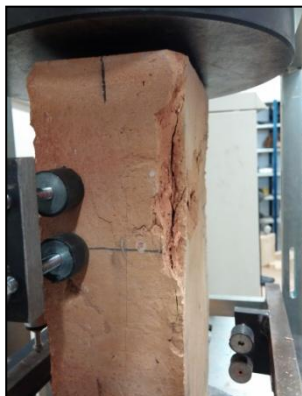
Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,209

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 22,85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,209 = 27,63 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.12.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal



Dreta

No tenim fotografia

Dorsal



Fotografia 42 Patró trencament A4.2

5.2.2.12.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és 8182,99 N/mm². Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és 8934,21 N/mm² i el mòdul de Young del transductor 2 és 7431,77 N/mm².

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un 9,18% de dispersió dels resultats.

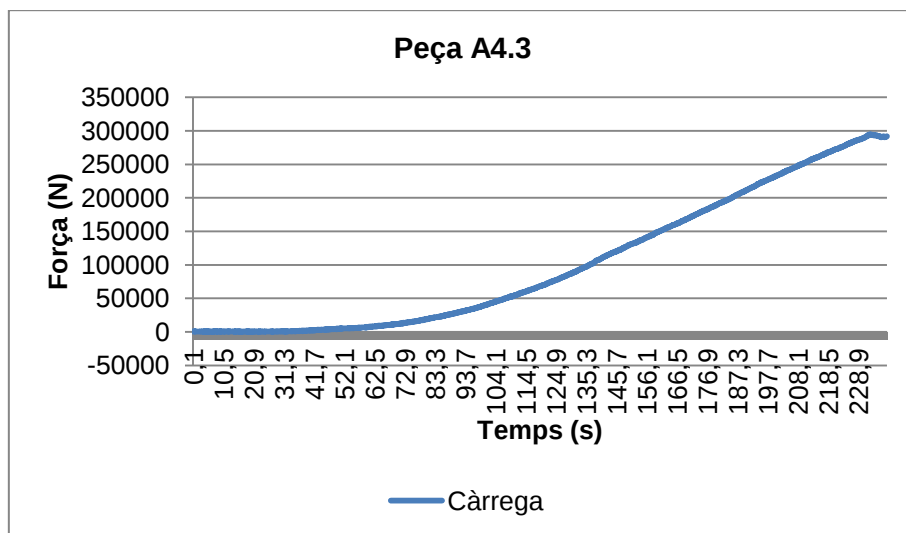
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 22,10 Tn, la tensió de ruptura de la peça és 22,85 N/mm² i la resistència de compressió normalitzada és 27,63 N/mm².

El patró de trencament s'ha produït compressió de material amb la seva respectiva fissura horitzontal a la part superior esquerra de la cara frontal.

5.2.2.13. Peça A4.3 (Llambilles i 7cm gruix)

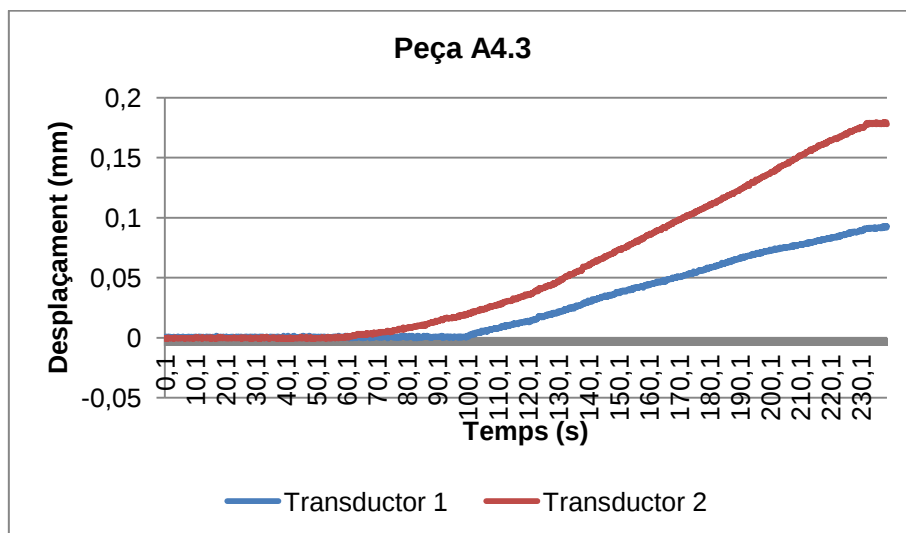
5.2.2.13.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



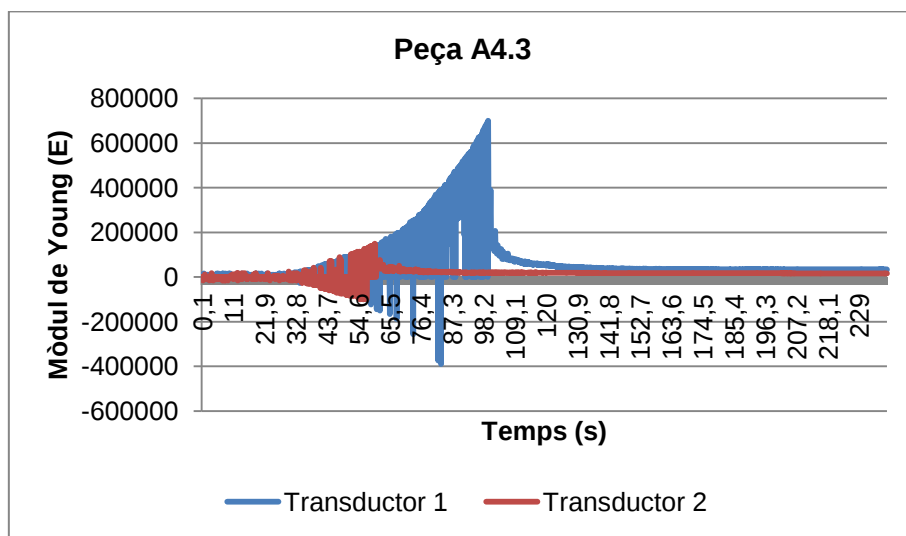
Gràfica 68 Temps – força A4.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 69 Temps – desplaçament transductors A4.3

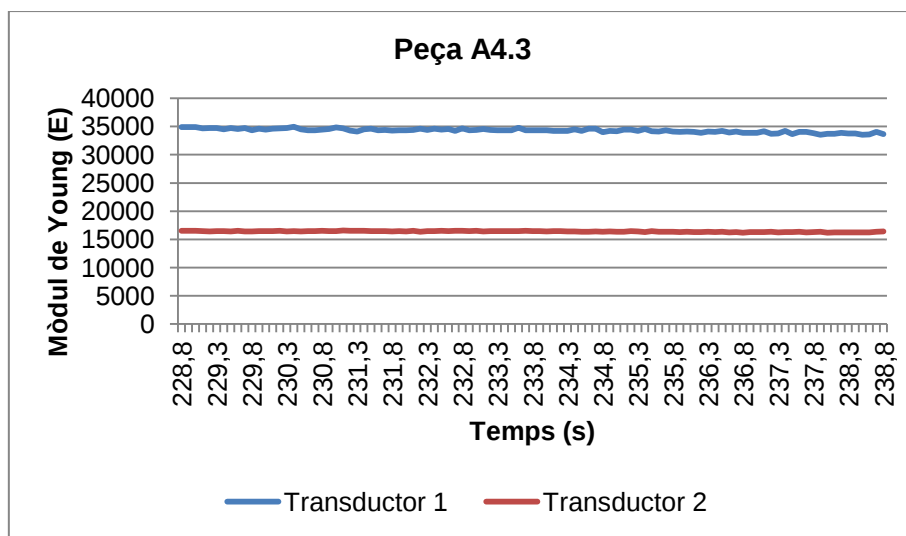
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 70 Temps – mòdul de Young transductors A4.3

5.2.2.13.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 71 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.3

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 34290,15 N/mm²

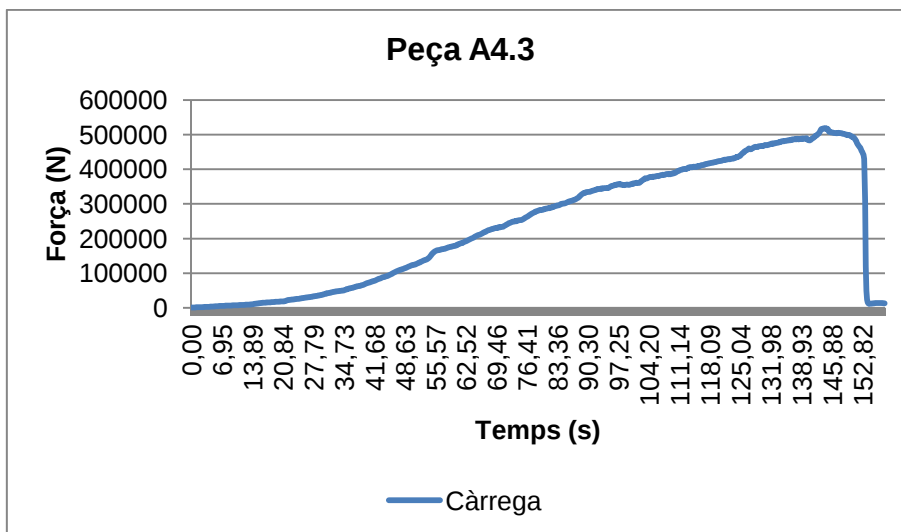
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 16411,10 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **25350,63 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 35,26% Acceptació = Sí

5.2.2.13.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 72 Temps – temps A4.3

Força màxima (N) = 518518,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{518518,00 \text{ N}}{8542,00 \text{ mm}^2} = 60,70 \text{ N/mm}^2$$

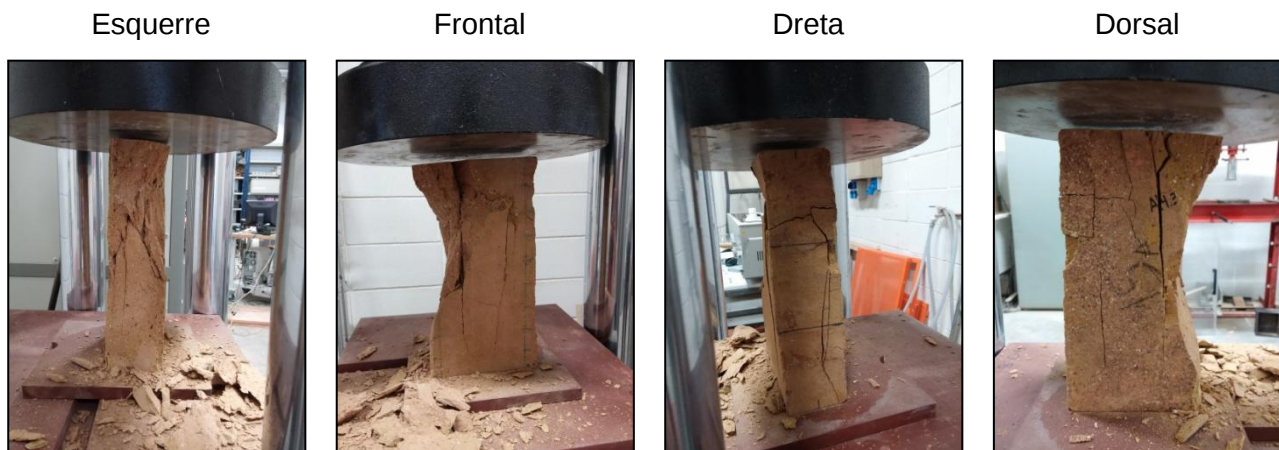
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,209

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 60,70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,209 = 73,39 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.13.4. Patró de trencament



Fotografia 43 Patró trencament A4.3

5.2.2.13.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $25350,63 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $34290,15 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $16411,10 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 35,26% de dispersió de resultats.

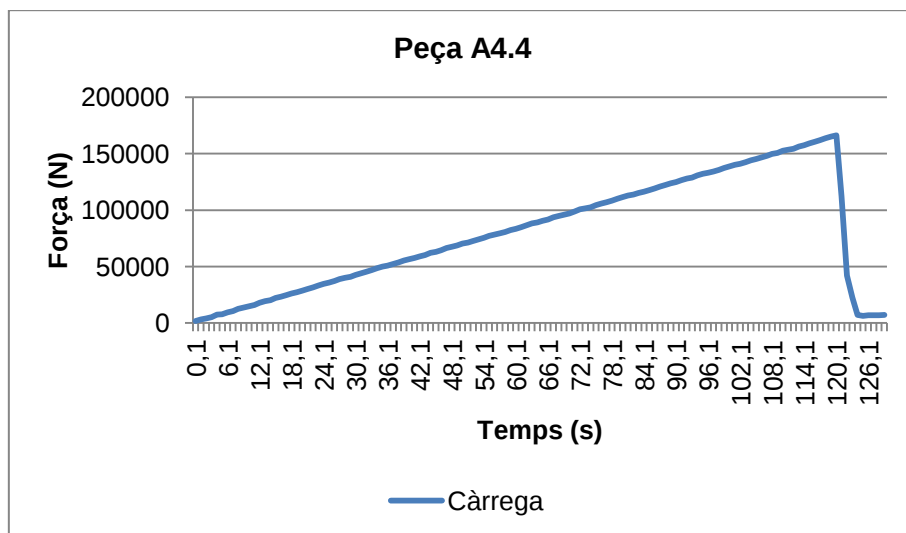
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $52,91 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $60,70 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $73,39 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb diverses fissures verticals en la totalitat de la peça a la cara frontal, la cara dorsal i al lateral dret. També si pot observar una esquerda horitzontal a la part superior de la peça de la cara frontal, la cara dorsal i del lateral dret. Al lateral esquerre s'hi ha produït desprendiment de material a la part superior.

5.2.2.14. Peça A4.4 (Llambilles i 7cm gruix)

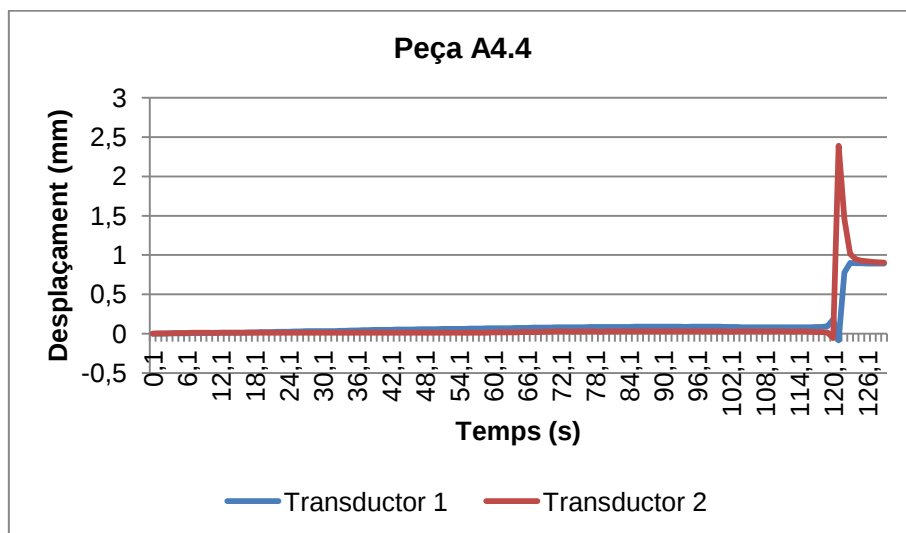
5.2.2.14.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



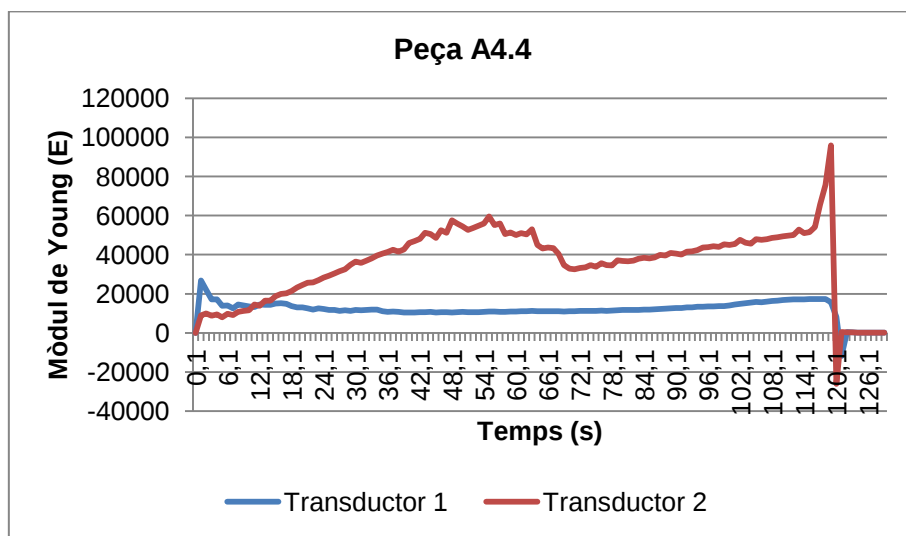
Gràfica 73 Temps – temps A4.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 74 Temps – desplaçament transductors A4.4

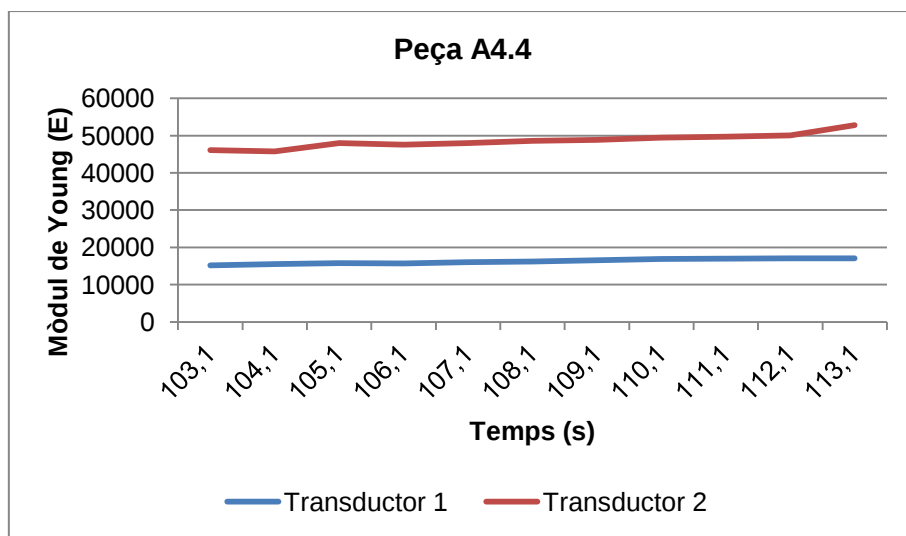
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 75 Temps – mòdul de Young transductors A4.4

5.2.2.14.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 76 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 16274,25 N/mm²

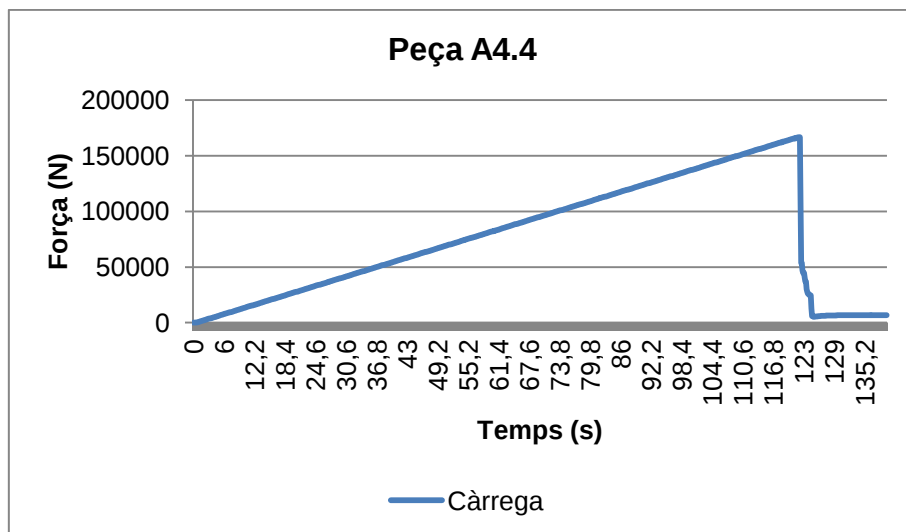
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 48609,02 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 32441,59 N/mm²

Dispersió dels resultats = 49,84% Acceptació = No

5.2.2.14.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 77 Temps – força A4.4

Força màxima (N) = 166698,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{166698,00 \text{ N}}{9365,51 \text{ mm}^2} = 17,80 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1,2

Factor forma = 1,209

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 17,80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1,2 \times 1,209 = 25,81 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.14.4. Patró de trencament

Esquerre



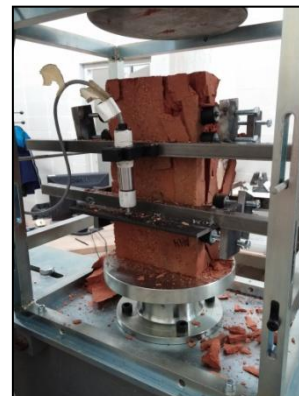
Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 44 Patró trencament A4.4

5.2.2.14.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $32441,59 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $16274,25 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $48609,02 \text{ N/mm}^2$.

No acceptem aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 49,84% de dispersió dels resultats, quan el màxim és aproximadament un 40% de dispersió.

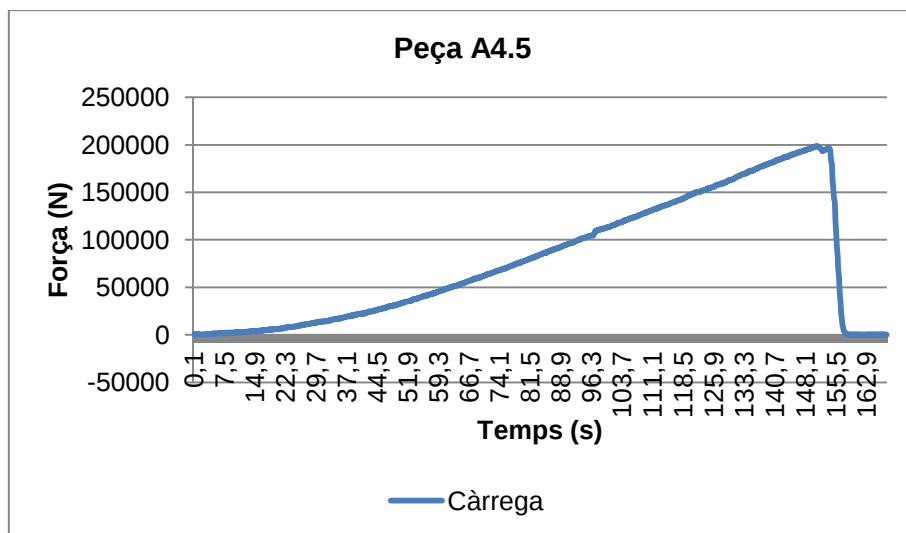
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $17,01 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $17,80 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $25,81 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerdada vertical que afecta tota la peça als dos laterals. Aquesta esquerdada ha provocat desprendiments de materials a la cara frontal i dorsal. Finalment a la cara dorsal s'hi pot observar una fissura que afecta parcialment la peça.

5.2.2.15. Peça A4.5 (Llambilles i 7cm gruix)

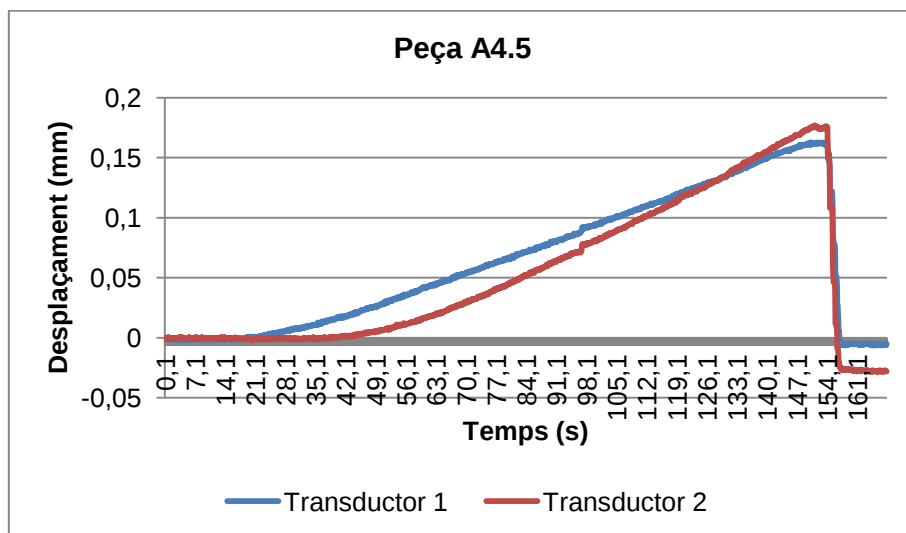
5.2.2.15.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



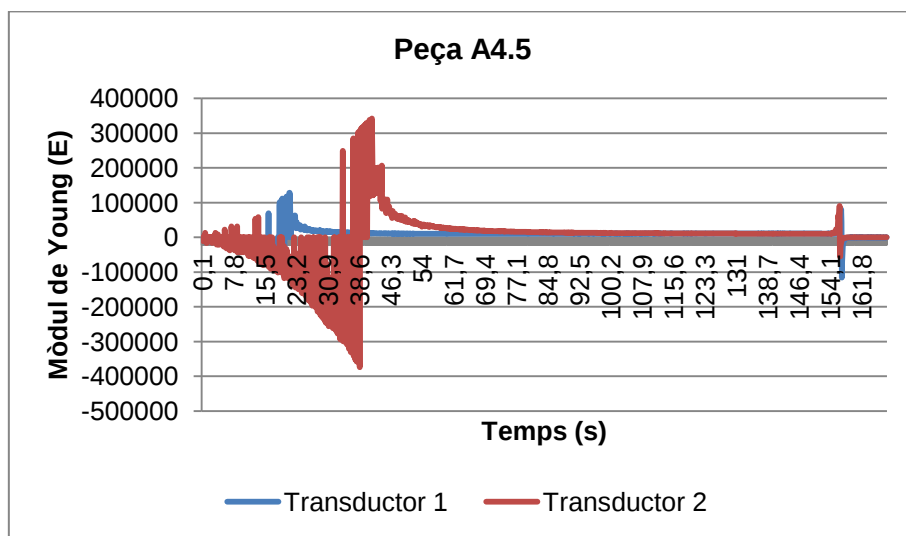
Gràfica 78 Temps – força A4.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



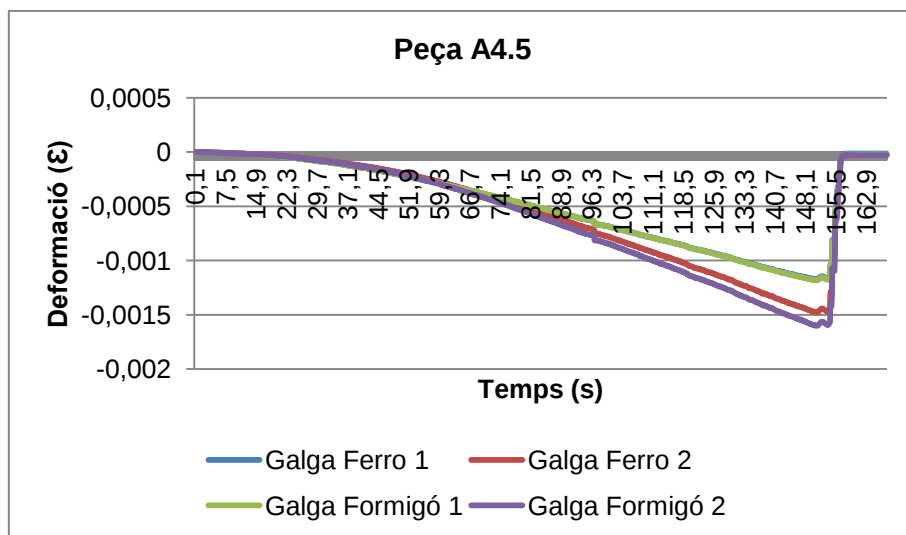
Gràfica 79 Temps – desplaçament transductors A4.5

- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



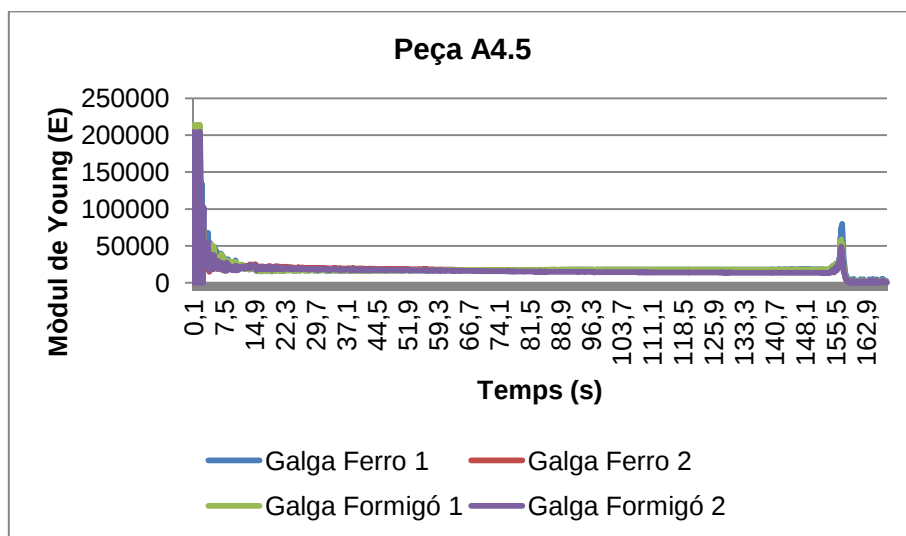
Gràfica 80 Temps – mòdul de Young transductors A4.5

- Gràfica Temps – Deformació de les galgues



Gràfica 81 Temps – deformació galgues A4.5

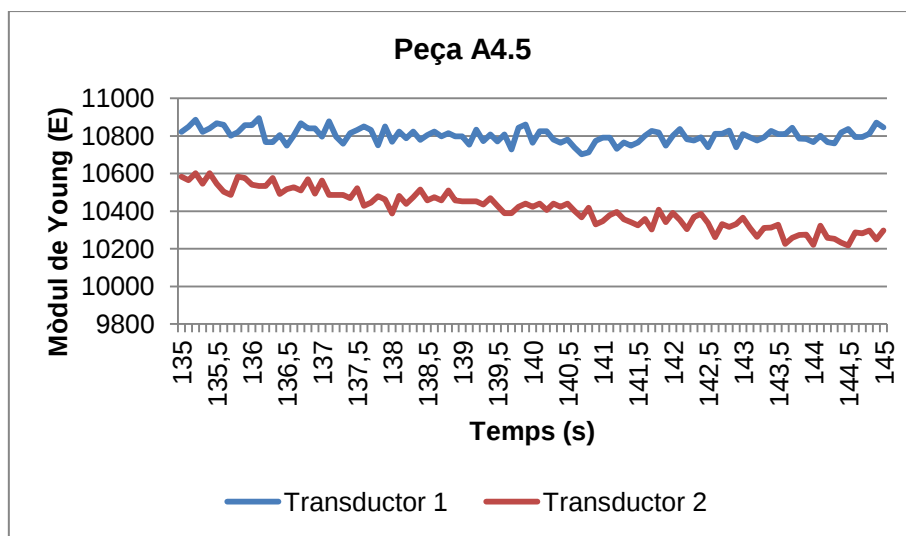
- Gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 82 Temps – mòdul de Young galgues A4.5

5.2.2.15.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 83 Zoom temps – mòdul de Young transductors A4.5

- Càlcul Mòdul de Young dels transductors

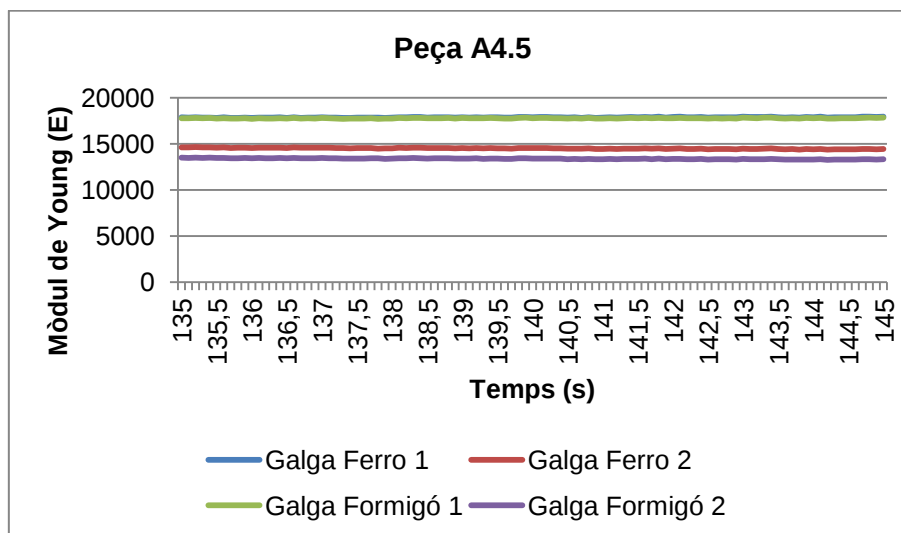
$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_{\text{trans1}}) = 10802,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_{\text{trans2}}) = 10411,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young dels transductors (E}_{\text{trans}}) = \mathbf{10607,04 \text{ N/mm}^2}$$

Dispersió dels resultats = 1,84% Acceptació = Sí

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 84 Temps – mòdul de Young galgues A4.5

- Càlcul del Mòdul de Young de les galgues

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 17876,97 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 14508,86 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **16192,91 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 10,40% Acceptació = Sí

Mòdul de Young de la galga de formigó 1 (E_{form1}) = 17779,26 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de formigó 2 (E_{form2}) = 13388,08 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de formigó (E_{form}) = **15583,67 N/mm²**

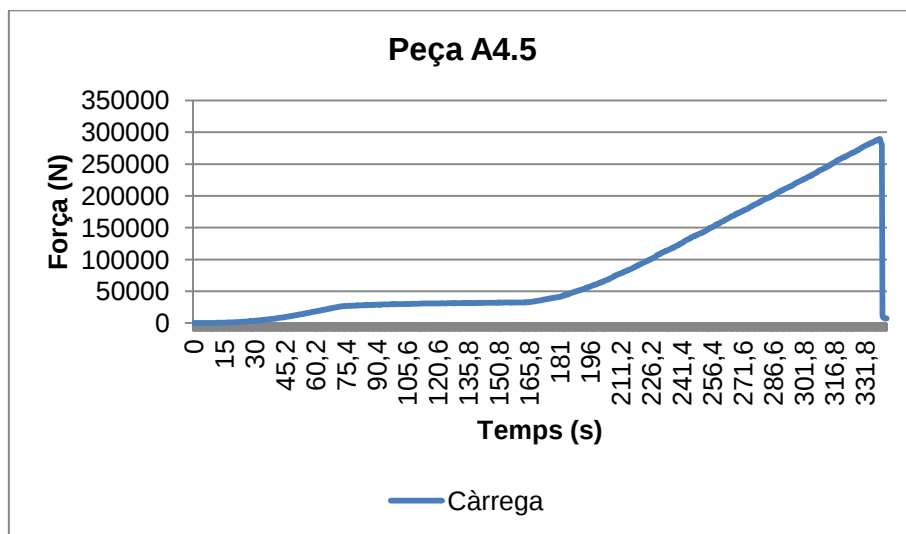
Dispersió dels resultats = 14,09% Acceptació = Sí

- Càlcul Mòdul de Young de la peça

Mòdul de Young (E) = **14127,87 N/mm²**

5.2.2.15.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 85 Temps – força A4.5

Força màxima (N) = 289296,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{289296,00 \text{ N}}{9386,82 \text{ mm}^2} = 30,82 \text{ N/mm}^2$$

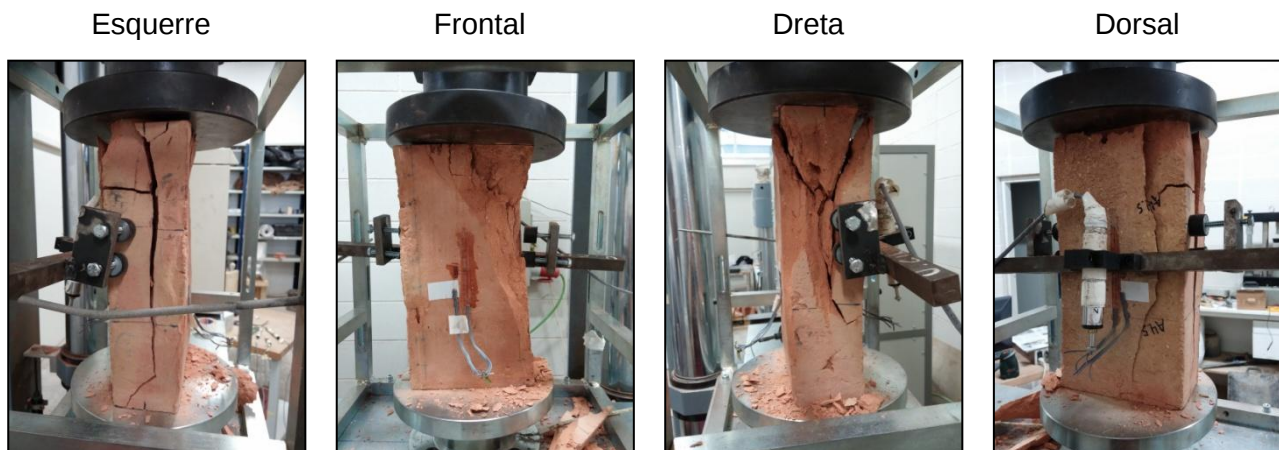
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,209

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 30,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,209 = 37,26 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.15.4. Patró de trencament



Fotografia 45 Patró trencament A4.5

5.2.2.15.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $14127,87 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors i les galgues. El mòdul de Young del transductor 1 és $10802,32 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $10411,75 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica dels dos transductors és $10607,04 \text{ N/mm}^2$. El mòdul de Young de la galga de ferro 1 és $17876,97 \text{ N/mm}^2$, el mòdul de Young de la galga de ferro 2 és $14508,86 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica de les dues galgues de ferro és $16192,91 \text{ N/mm}^2$. Finalment, el mòdul de Young de la galga de formigó 1 és $17779,26 \text{ N/mm}^2$, el mòdul de Young de la galga de formigó 2 és $13388,08 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica de les dues galgues de formigó és $15583,67 \text{ N/mm}^2$.

Acceptem aquest valor de mòdul de Young d'aquest peça perquè tenim un 1,84% de dispersió dels resultats amb transductors, 10,40% de dispersió dels resultats amb galgues de ferro i un 14,09% de dispersió de resultats amb galgues de formigó.

Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 29,52 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $30,82 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $37,26 \text{ N/mm}^2$.

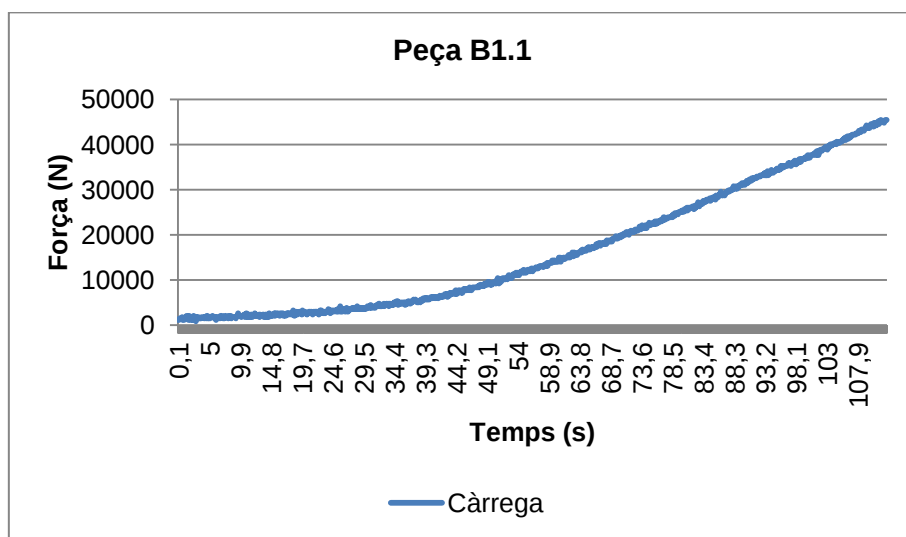
El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical en la totalitat de la peça al lateral esquerre, i també, una esquerda horitzontal a la part superior. A la cara dorsal si pot observar la continuïtat d'aquesta esquerda horitzontal a la part superior i també una esquerda vertical en la

totalitat de la peça. Finalment, al lateral dret si hi ha produït compressió de material a la part superior i aquesta ha provocat despreniment de material.

5.2.2.16. Peça B1.1 (El Bruc i 1,8cm gruix)

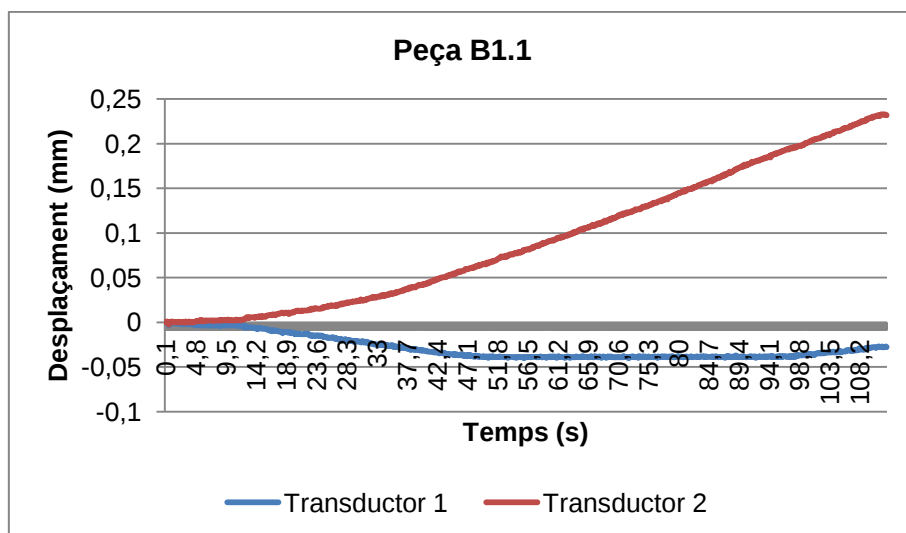
5.2.2.16.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



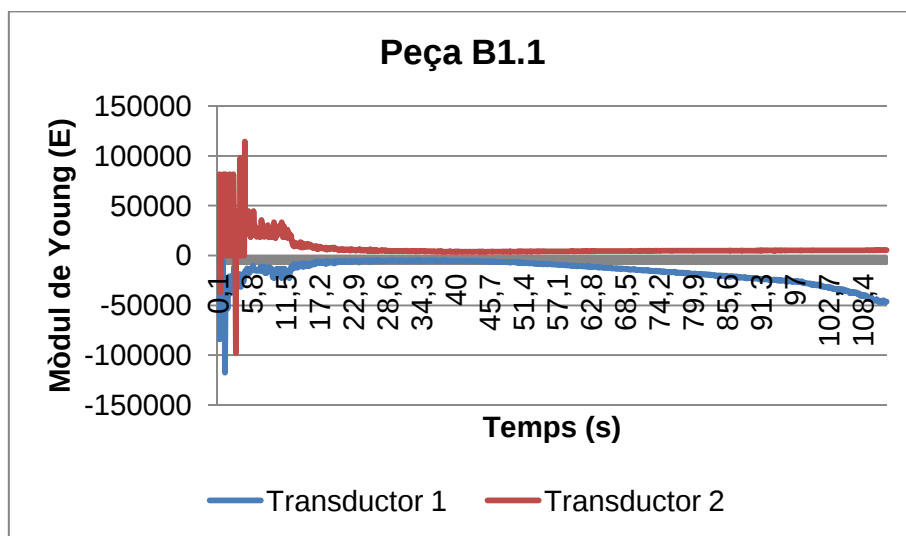
Gràfica 86 Temps – força B1.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 87 Temps – desplaçament transductors B1.1

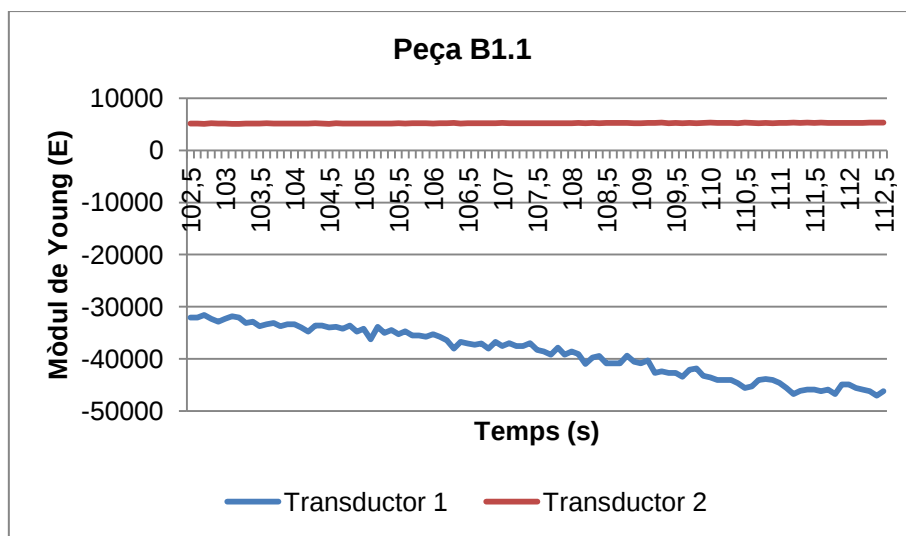
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 88 Temps – mòdul de Young transductors B1.1

5.2.2.16.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 89 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

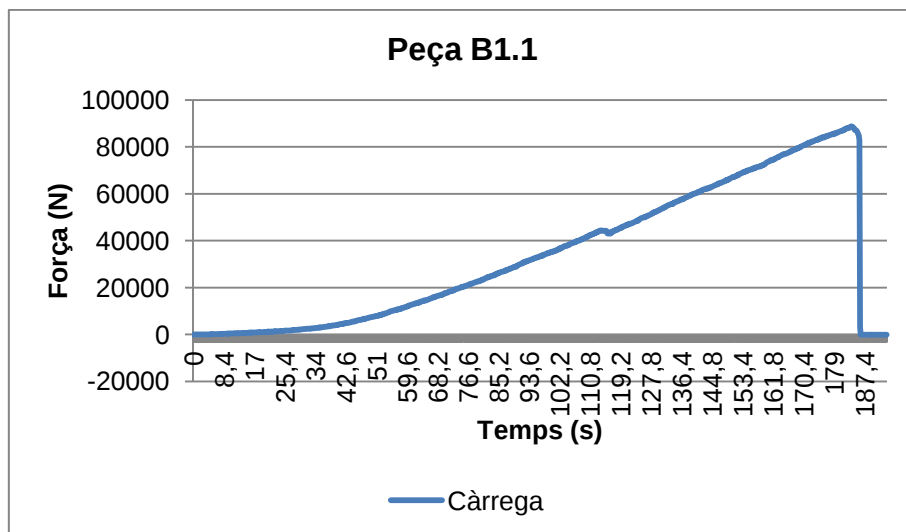
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5220,85 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.16.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 90 Temps – força B1.1

Força màxima (N) = 88690,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{88690,00 \text{ N}}{2548,50 \text{ mm}^2} = 34,81 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.16.4. Patró de trencament

Esquerre



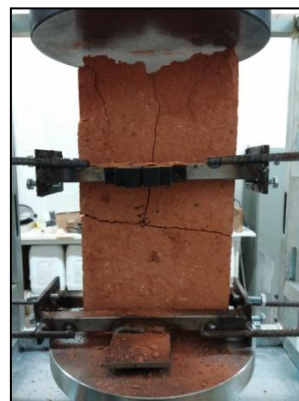
Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 46 Patró trencament B1.1

5.2.2.16.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és 5220,85 N/mm² i correspon al transductor 2.

No podem acceptar cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

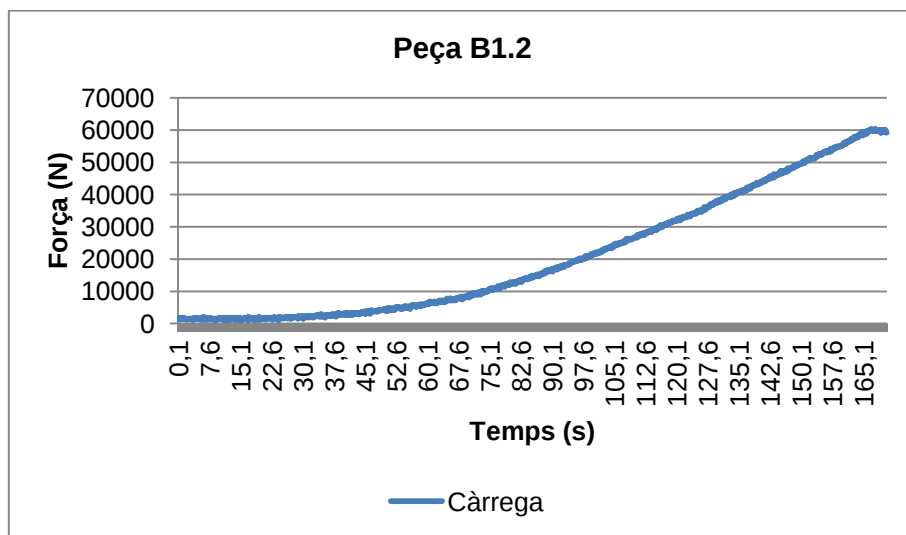
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 9,05 Tn i la tensió de ruptura de la peça és 34,81 N/mm².

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical de la part superior fins a aproximadament al centre de la peça a les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. També, s'hi pot observar una esquerda horitzontal en el centre de la peça que afecta les dues cares i als dos laterals. Finalment, a la part superior de la peça hi trobem compressió i despreniment del material.

5.2.2.17. Peça B1.2 (El Bruc i 1,8cm gruix)

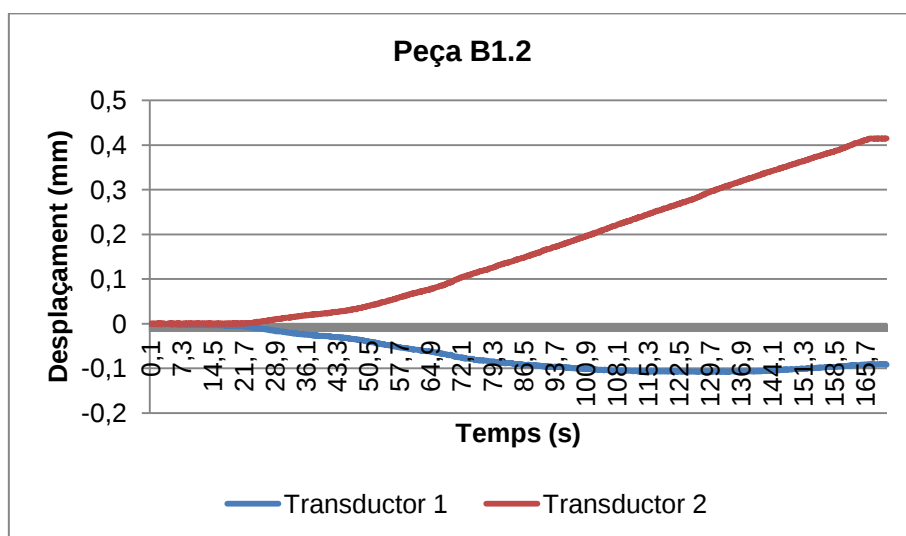
5.2.2.17.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



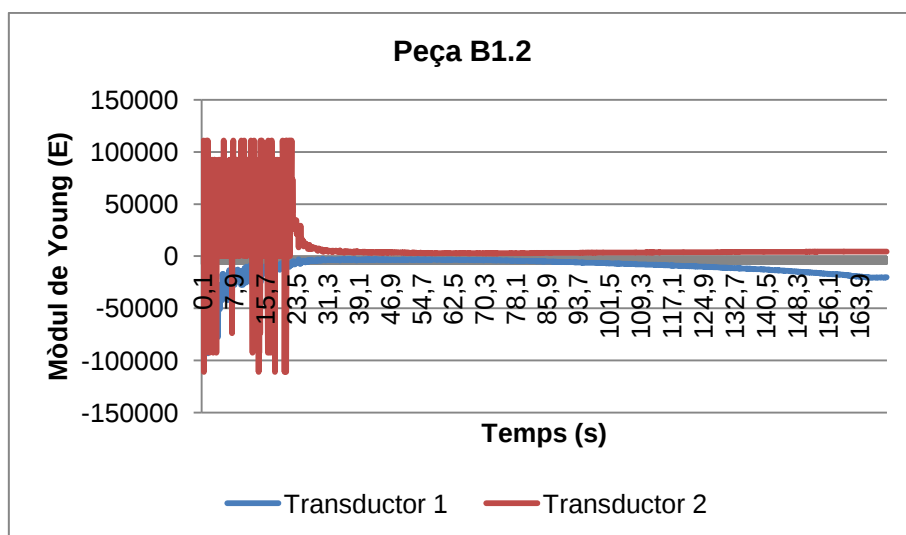
Gràfica 91 Temps – força B1.2

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 92 Temps – desplaçament transductors B1.2

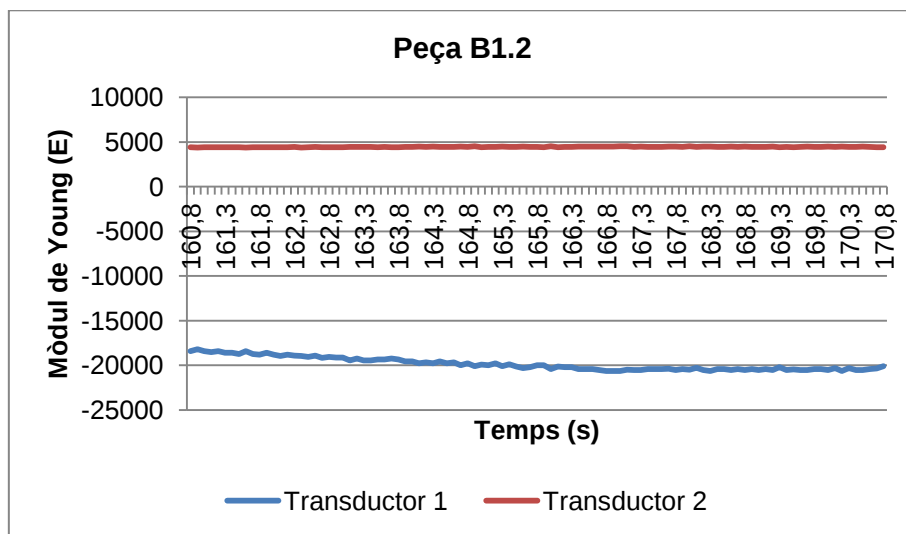
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 93 Temps – mòdul de Young transductors B1.2

5.2.2.17.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 94 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

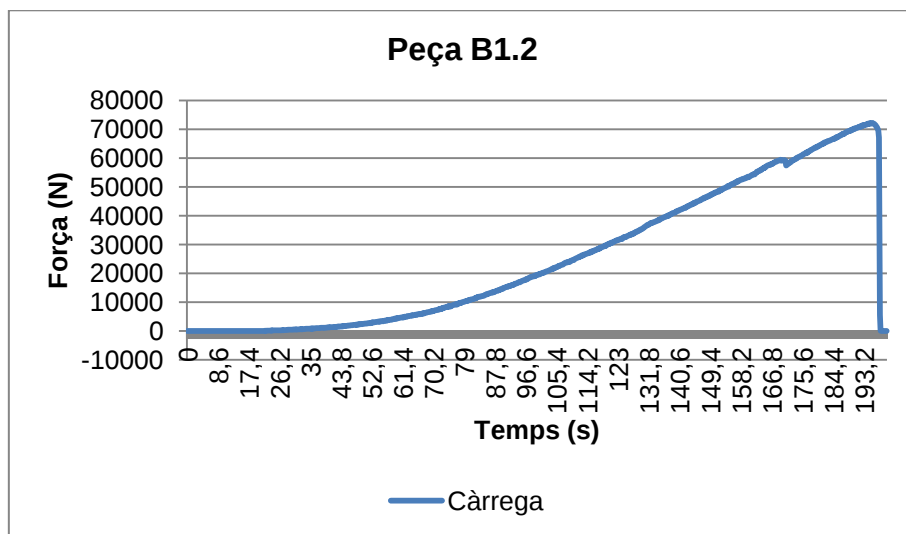
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 4450,52 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.17.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 95 Temps – força B1.2

Força màxima (N) = 72226,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{72226,00 \text{ N}}{2328,32 \text{ mm}^2} = 31,01 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.17.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 47 Patró trencament B1.2

5.2.2.17.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $4450,52 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No podem acceptar cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

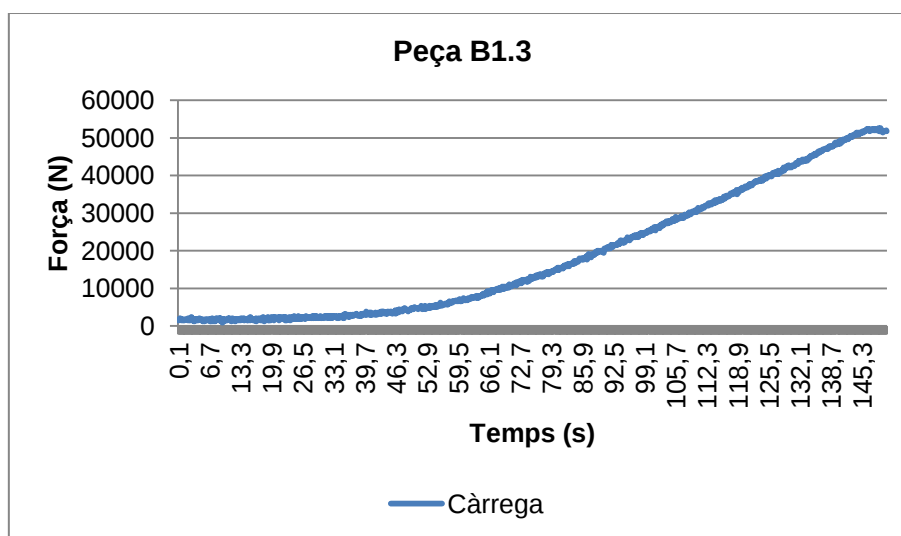
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 7,37 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $31,01 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical en la totalitat de la peça i a la cara frontal i la cara dorsal. També, a la cara dorsal s'hi ha produït una esquerda horitzontal i que també afecta el lateral dret.

5.2.2.18. Peça B1.3 (El Bruc i 1,8cm gruix)

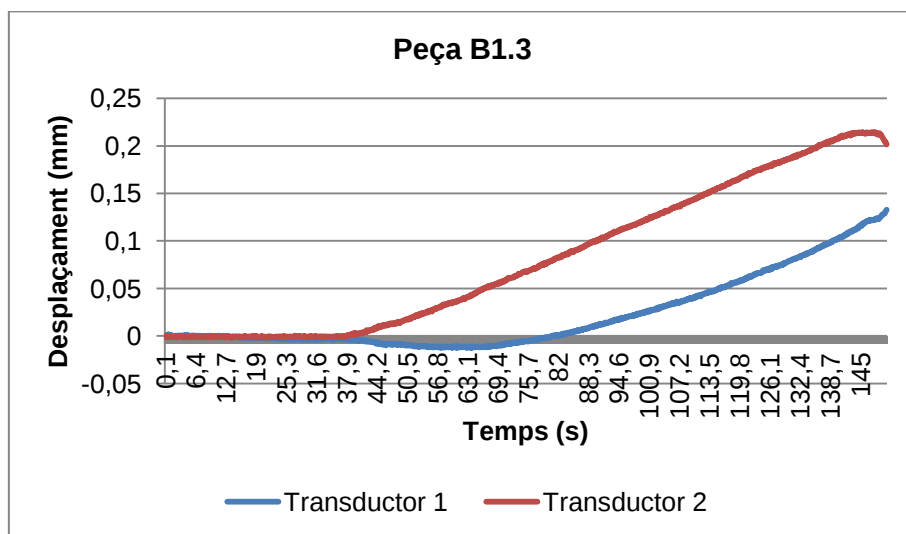
5.2.2.18.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



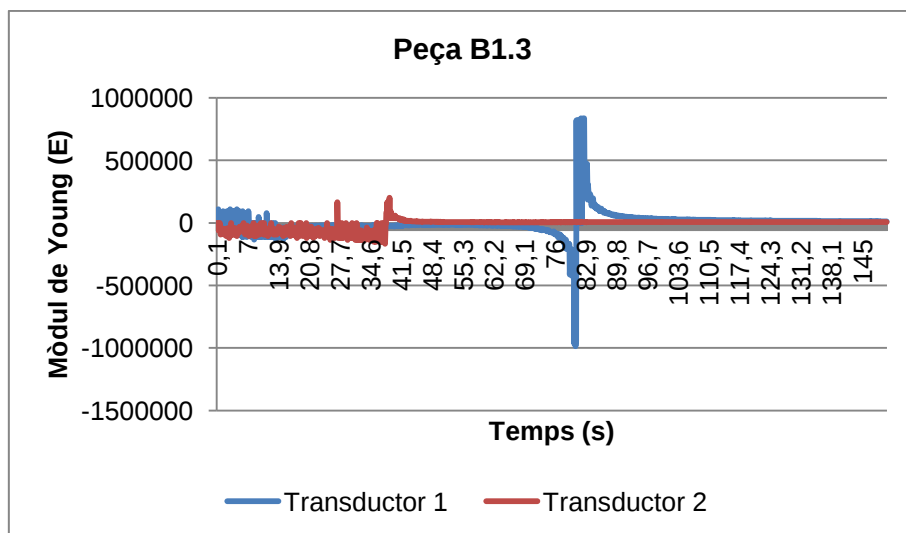
Gràfica 96 Temps – força B1.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 97 Temps – desplaçament transductors B1.3

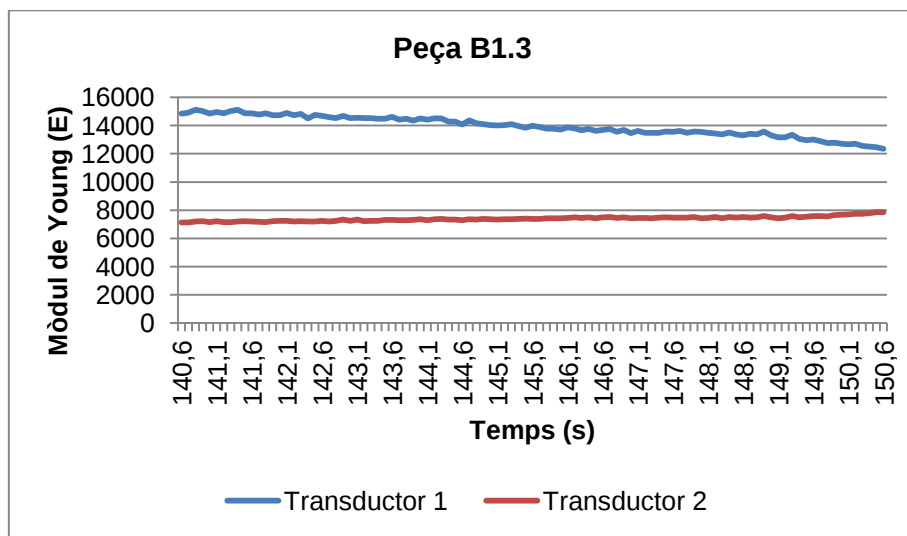
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 98 Temps – mòdul de Young transductors B1.3

5.2.2.18.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 99 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.3

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 13945,83 N/mm²

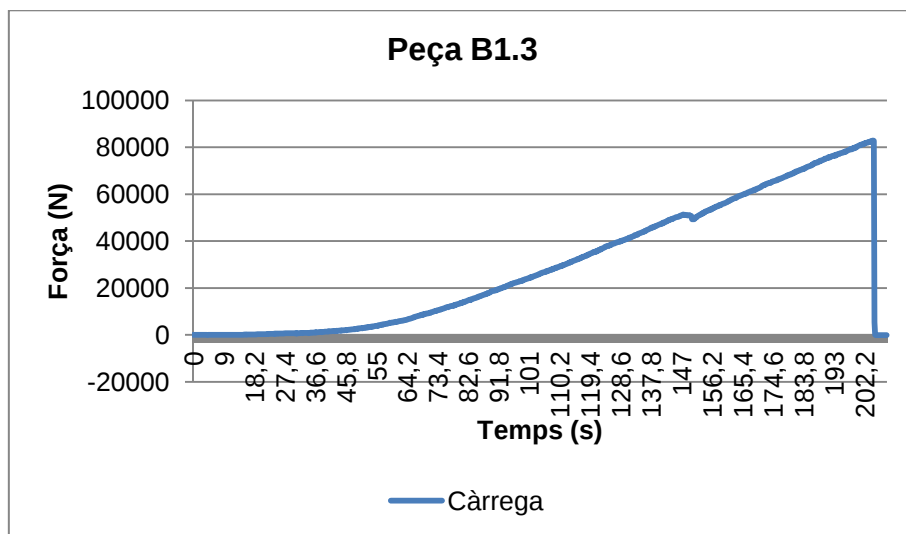
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 7398,69 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **10672,26 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 30,67% Acceptació = Sí

5.2.2.18.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 100 Temps – força B1.3

Força màxima (N) = 82810,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{82810,00 \text{ N}}{2352,20 \text{ mm}^2} = 35,22 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.18.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 48 Patró trencament B1.3

5.2.2.18.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $10672,26 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $13945,83 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $7398,69 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 30,67% de dispersió dels resultats.

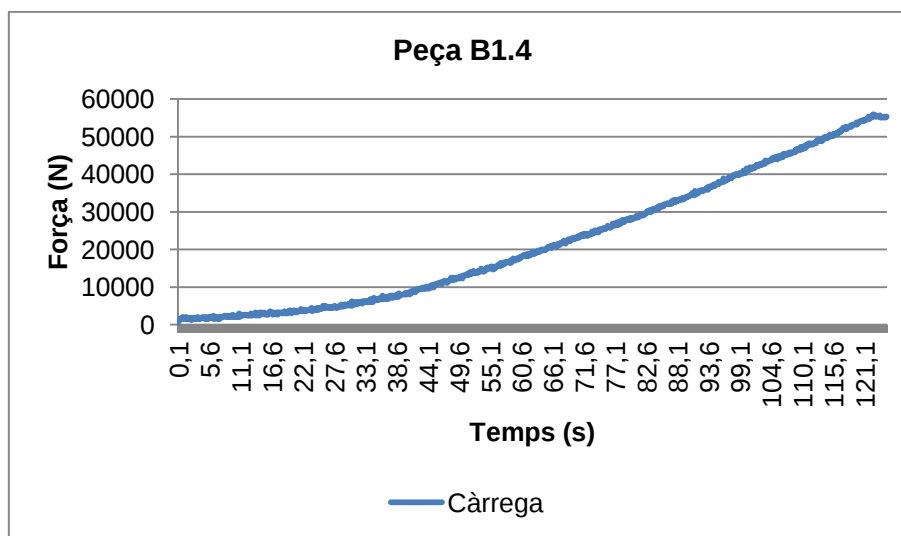
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 8,45 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $35,22 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una fissura vertical en la totalitat de la peça i a les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. També, observem que a la part superior de la peça trobem compressió del material i amb la qual cosa provoca el despeniment d'una bona part del material.

5.2.2.19. Peça B1.4 (El Bruc i 1,8cm gruix)

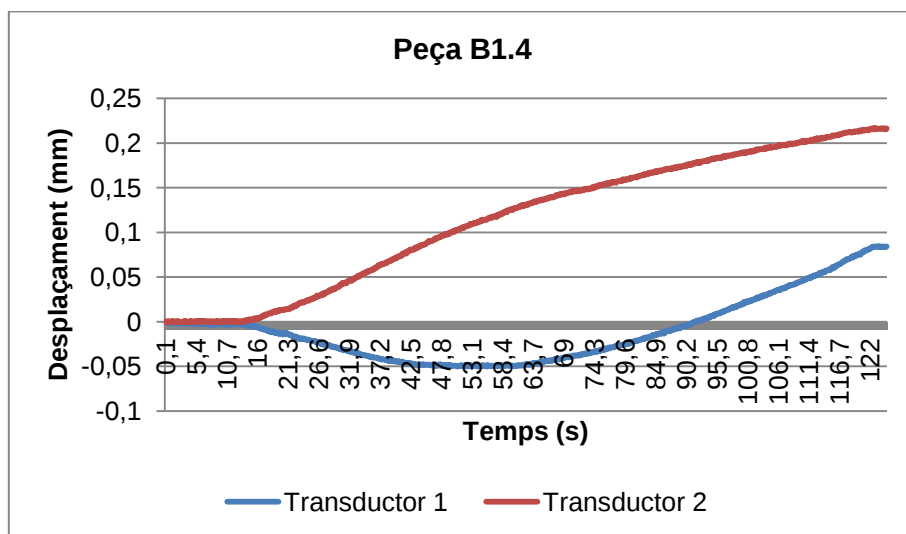
5.2.2.19.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



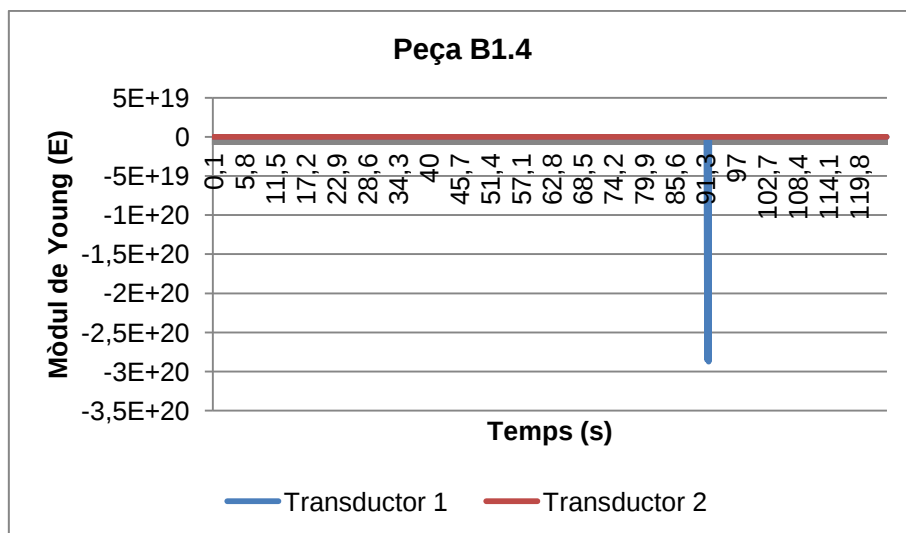
Gràfica 101 Temps – força B1.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 102 Temps – desplaçament transductors B1.4

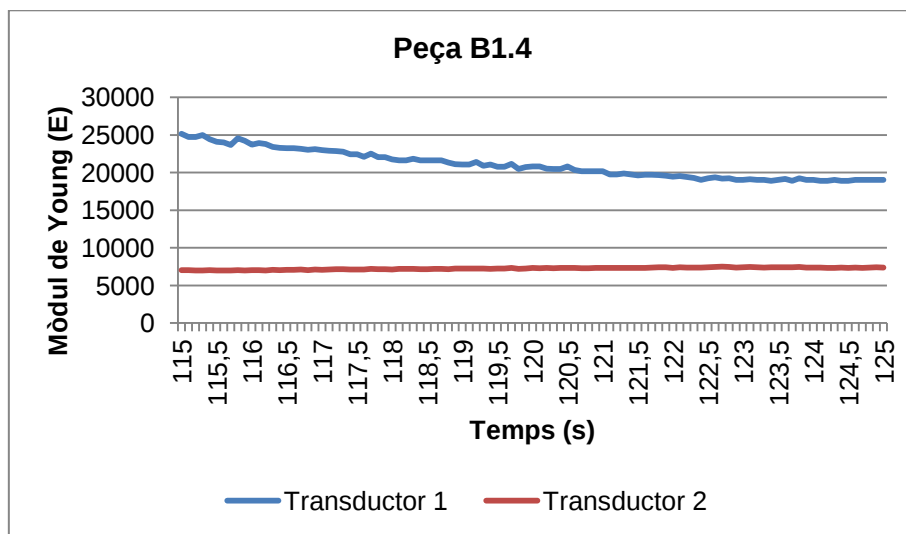
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 103 Temps – mòdul de Young transductors B1.4

5.2.2.19.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 104 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.4

- Càlcul

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 21023,03 \text{ N/mm}^2$$

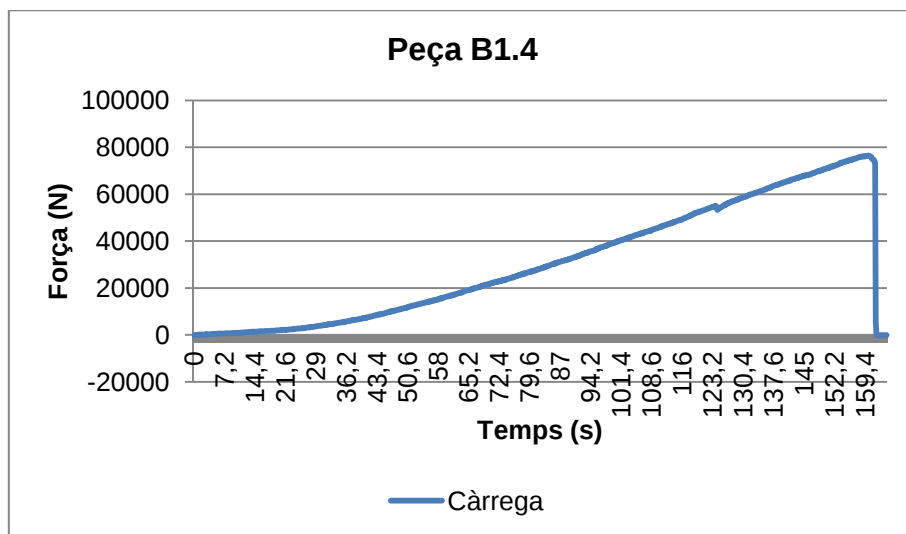
$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 7254,19 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 14138,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 48,69\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

5.2.2.19.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 105 Temps – força B1.4

Força màxima (N) = 76440,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{76440,00 \text{ N}}{2439,52 \text{ mm}^2} = 31,35 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.19.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 49 Patró trencament B1.4

5.2.2.19.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $14138,61 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $21023,03 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $7254,19 \text{ N/mm}^2$.

No podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 48,69% de dispersió de resultats, quan el màxim és aproximadament un 40%.

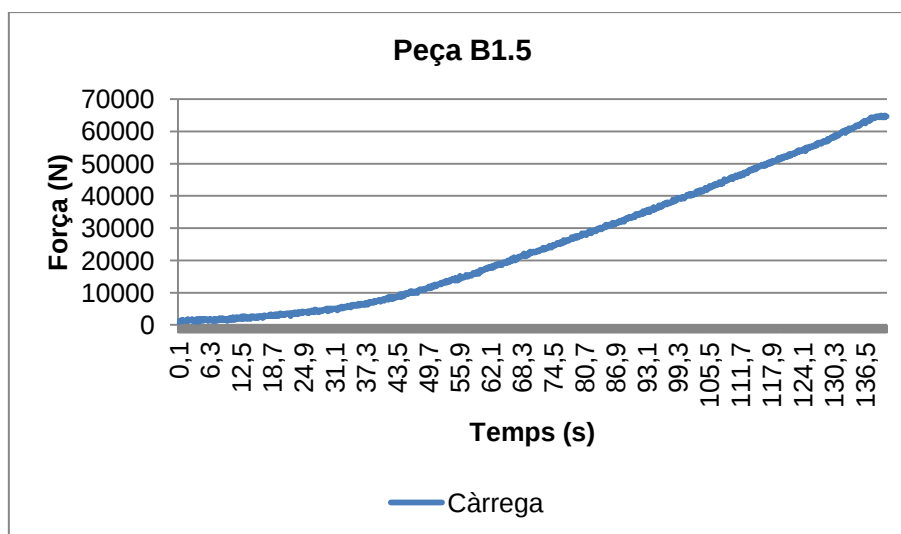
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 7,80 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $31,35 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical en la totalitat de la peça i a les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal. També, a la part superior de la cara dorsal podem observar com tenim compressió del material i que aquesta provoca desprendiments. Finalment, a la part superior dels dos laterals de la peça, trobem una fissura horitzontal provocada per aquesta compressió de la part superior.

5.2.2.20. Peça B1.5 (El Bruc i 1,8cm gruix)

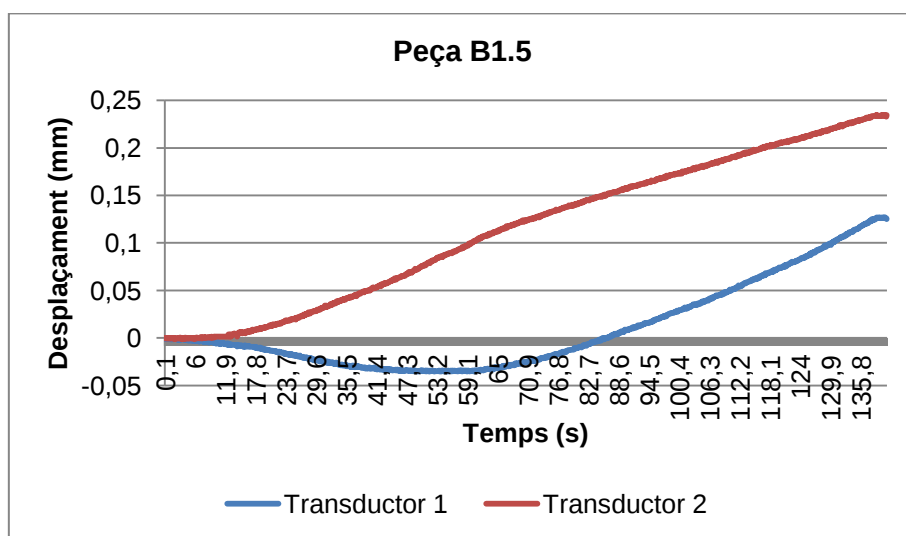
5.2.2.20.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



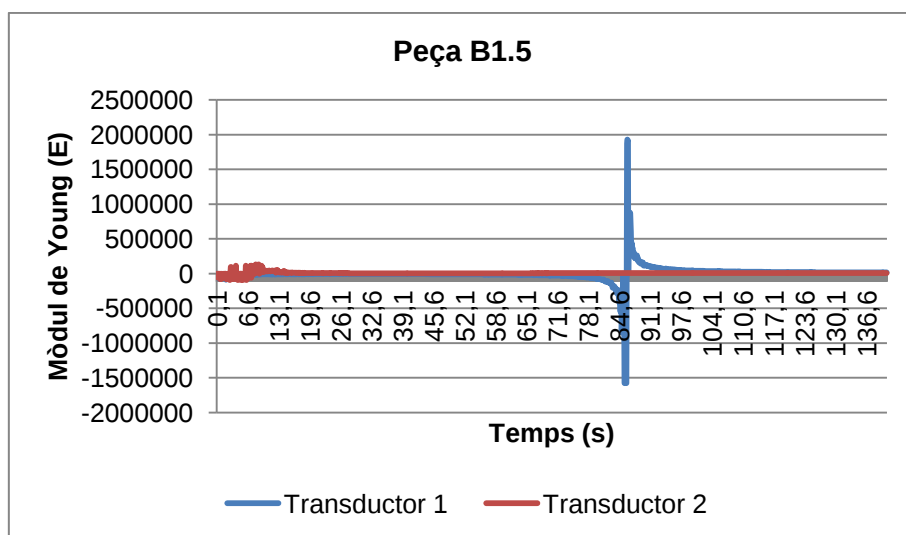
Gràfica 106 Temps – força B1.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 107 Temps – desplaçament transductors B1.5

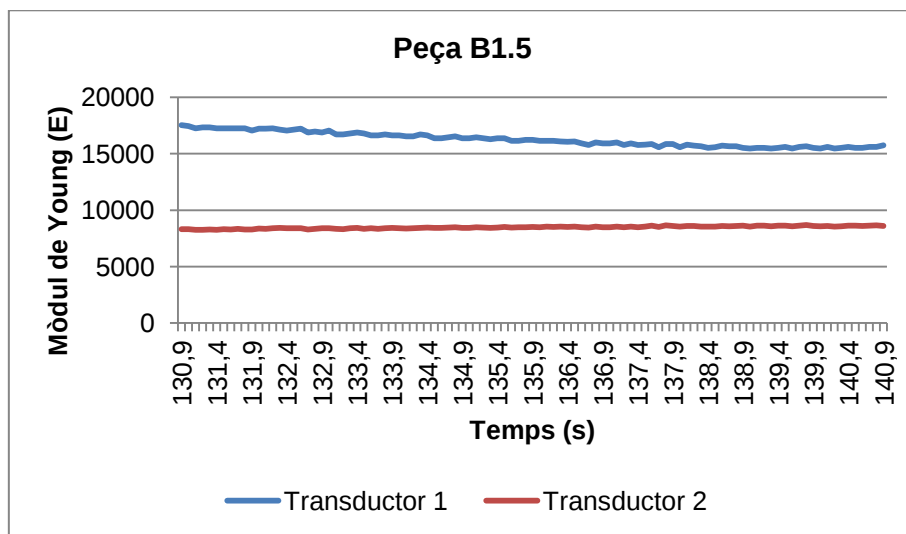
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 108 Temps – mòdul de Young transductors B1.5

5.2.2.20.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 109 Zoom temps – mòdul de Young transductors B1.5

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 16268,27 N/mm²

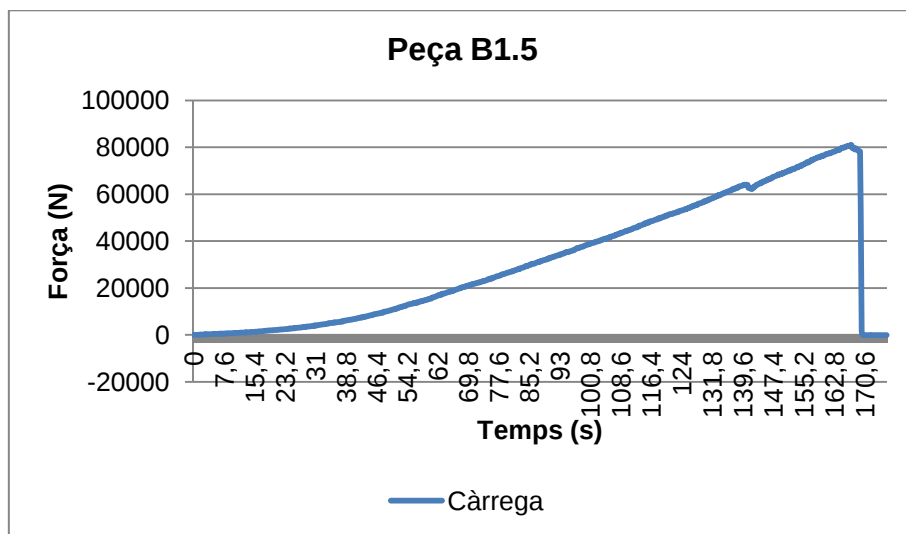
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8485,16 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **12376,72 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 31,44% Acceptació = Sí

5.2.2.20.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 110 Temps – força B1.5

Força màxima (N) = 81046,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{81046,00 \text{ N}}{2481,77 \text{ mm}^2} = 32,64 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.20.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 50 Patró trencament B1.5

5.2.2.20.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $12376,72 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $16268,27 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $8485,16 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 31,44% de dispersió dels resultats.

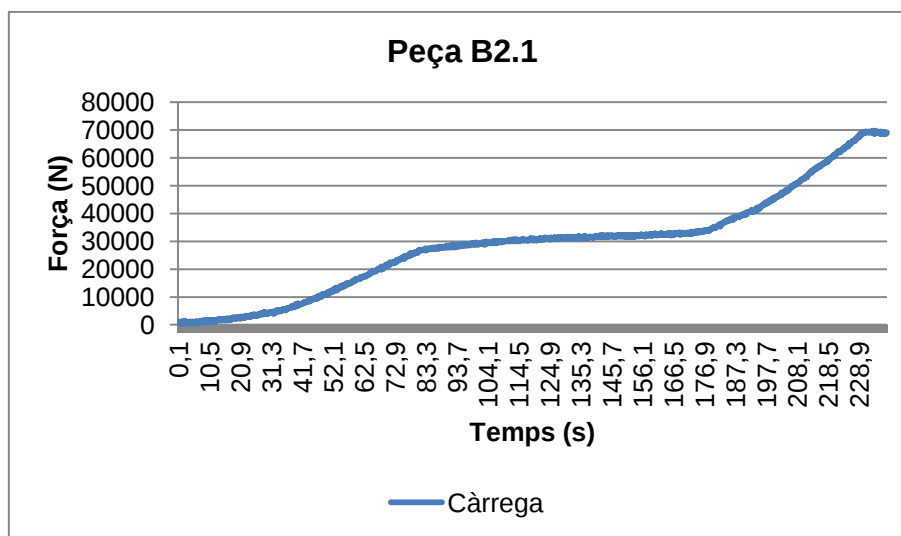
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 8,27 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $32,64 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb compressió del material a la part inferior de la peça. Aquesta compressió ha provocat una esquerda als dos laterals i també podem observar una esquerda vertical en la totalitat de la peça i que afecta la cara frontal com a la cara dorsal.

5.2.2.21. Peça B2.1 (El Bruc i 3,2cm gruix)

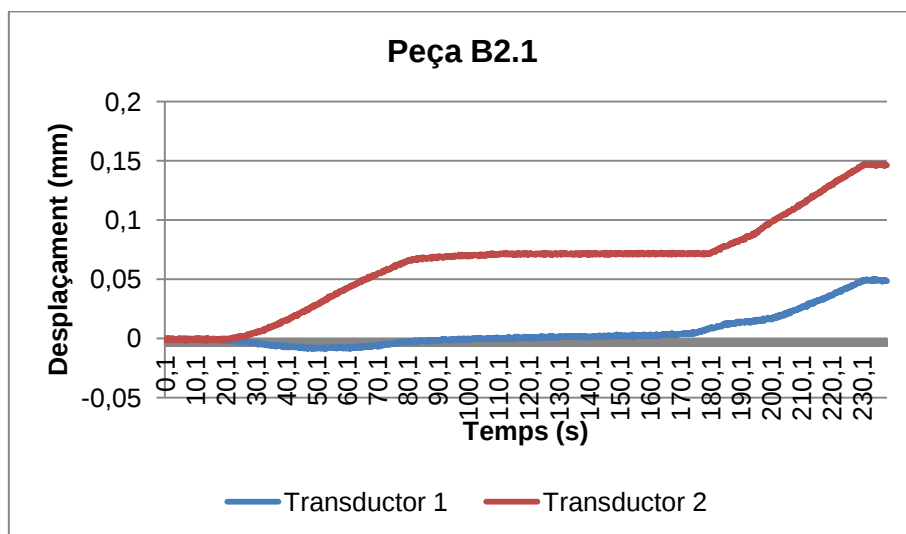
5.2.2.21.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



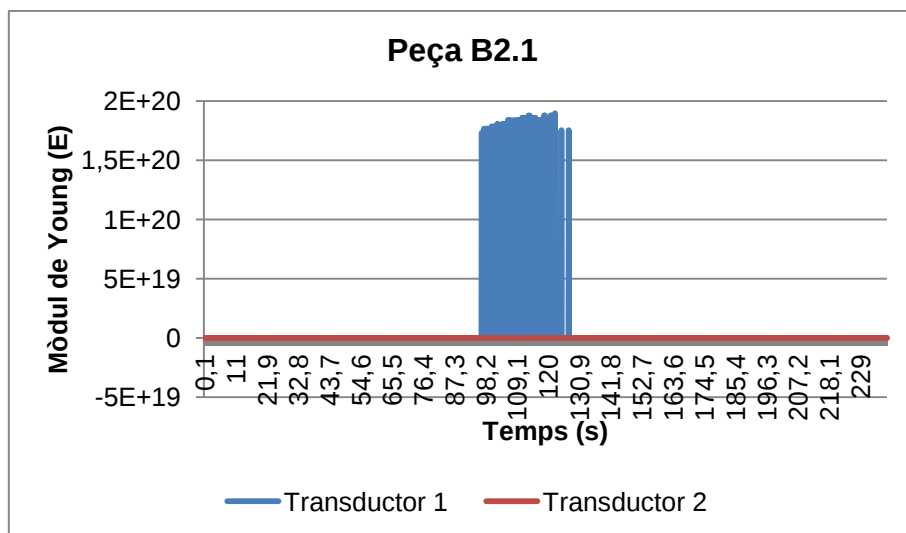
Gràfica 111 Temps – força B2.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



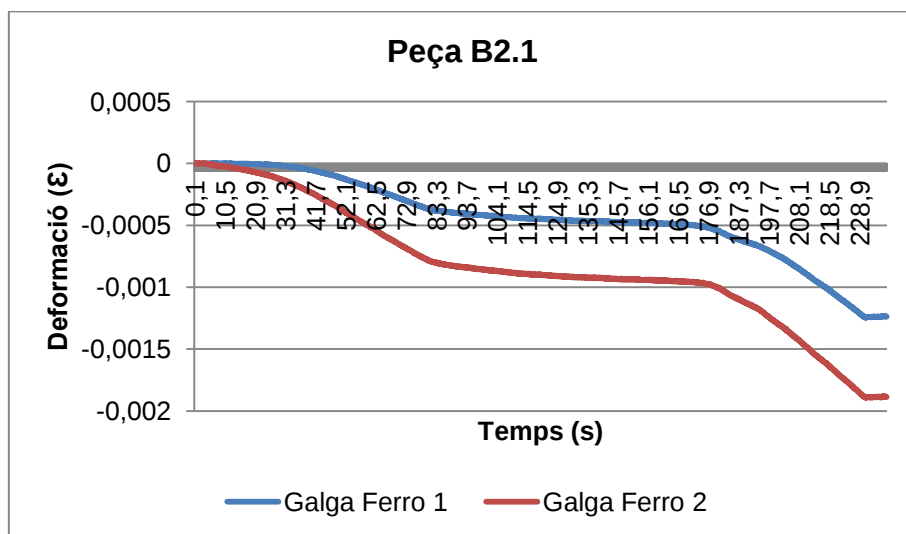
Gràfica 112 Temps – desplaçament transductors B2.1

- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



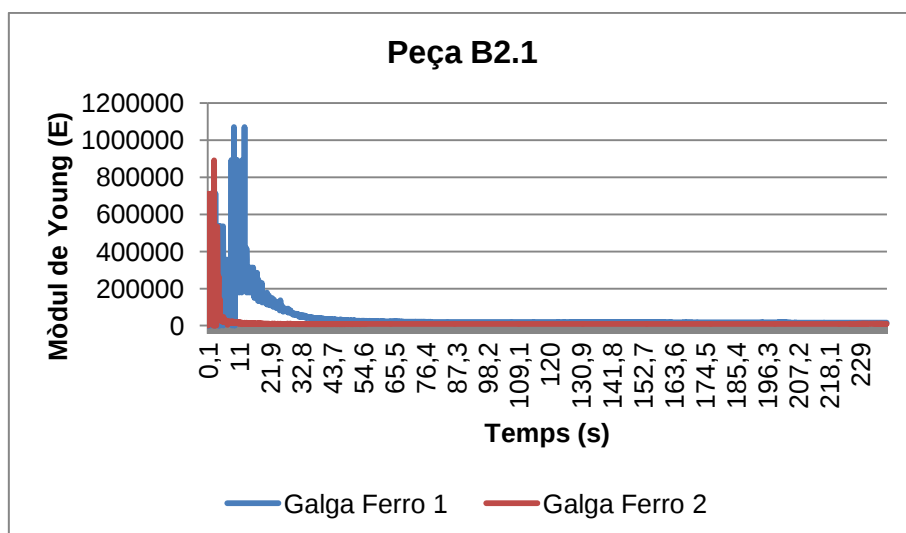
Gràfica 113 Temps – mòdul de Young transductors B2.1

- Gràfica Temps – Deformació de les galgues



Gràfica 114 Temps – deformació galgues B2.1

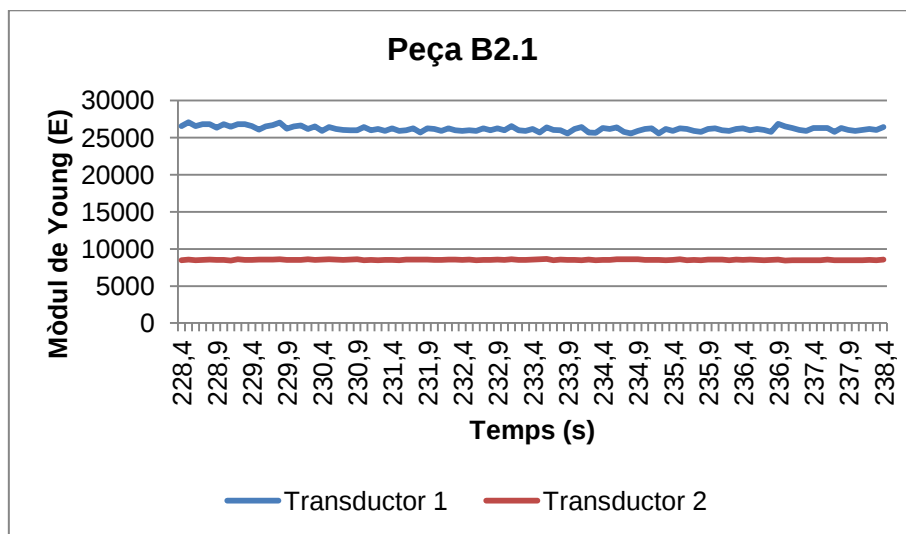
- Gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 115 Temps – mòdul de Young galgues B2.1

5.2.2.21.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 116 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.1

- Càlcul Mòdul de Young dels transductors

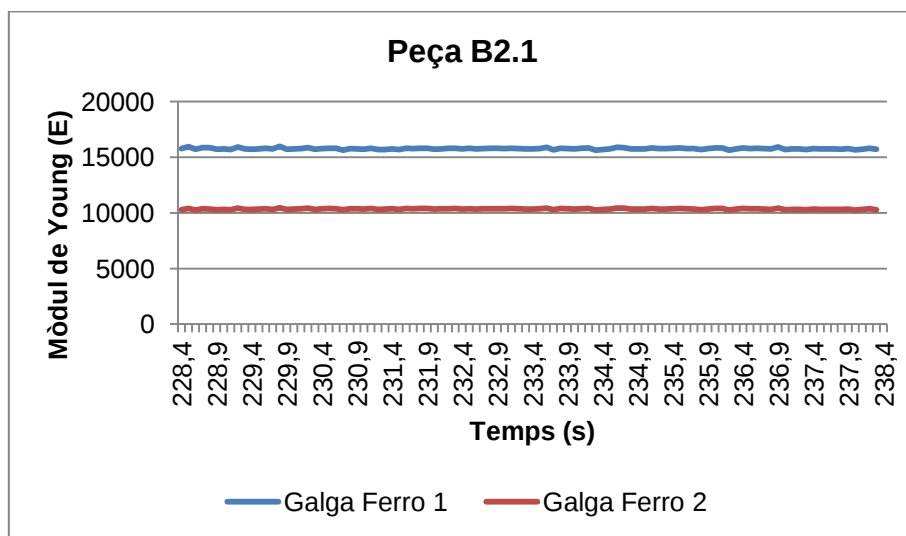
$$\text{Mòdul de Young del transductor 1} (E_{\text{trans1}}) = 26165,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2} (E_{\text{trans2}}) = 8527,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young dels transductors} (E_{\text{trans}}) = 17346,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 50,84\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 117 Temps – mòdul de Young galgues B2.1

- Càlcul Mòdul de Young de les galgues

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 15760,31 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 10341,56 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **13050,94 N/mm²**

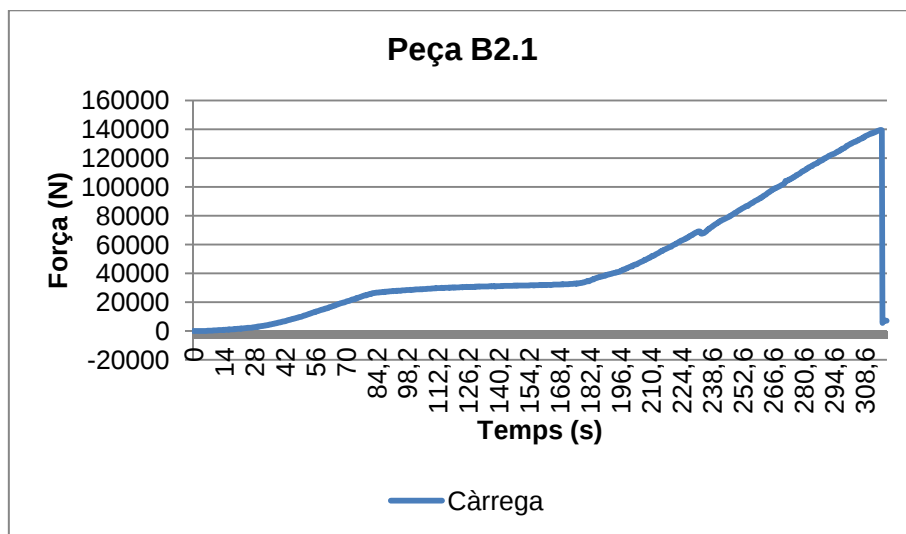
Dispersió dels resultats = 20,76% Acceptació = Sí

- Càlcul Mòdul de Young de la peça

Mòdul de Young (E) = **13050,94 N/mm²**

5.2.2.21.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 118 Temps – força B2.1

Força màxima (N) = 139454,00 N

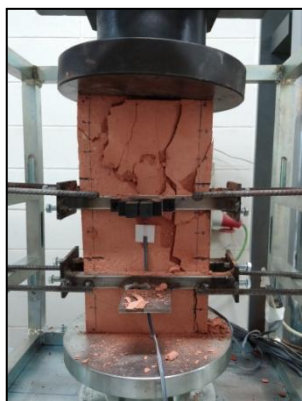
$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{139454,00 \text{ N}}{3540,92,50 \text{ mm}^2} = 39,38 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.21.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 51 Patró trencament B2.1

5.2.2.21.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $13050,94 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb les galgues. El mòdul de Young del transductor 1 és $8961,08 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $29977,60 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica dels dos transductors és $17346,44 \text{ N/mm}^2$. El mòdul de Young de la galga de ferro 1 és $15760,31 \text{ N/mm}^2$, el mòdul de Young de la galga de ferro 2 és $10341,56 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica de les dues galgues de ferro és $13050,94 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young perquè tenim un 20,76% de dispersió de resultats de les galgues, i perquè les galgues donen resultats més fiables que els transductors.

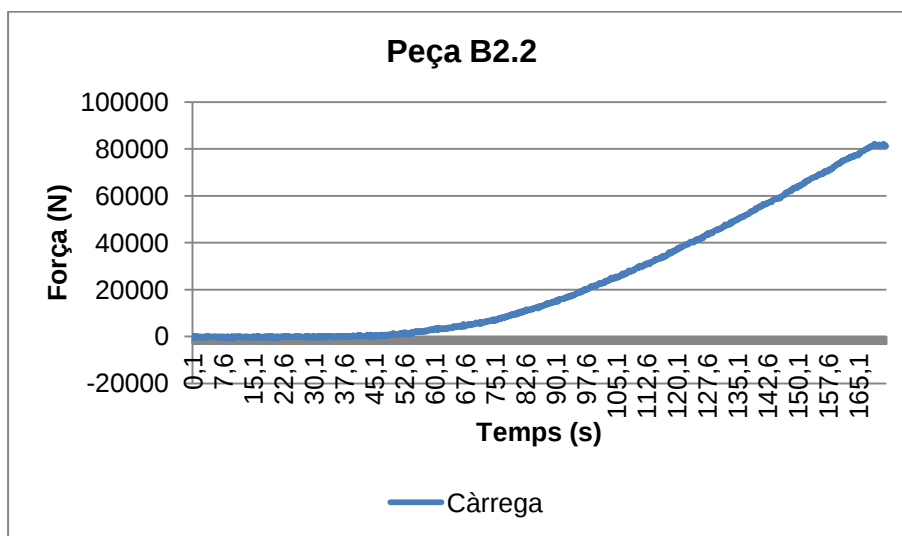
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 14,23 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $39,38 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb compressió de material a tota la part superior de la peça i degut a aquesta compressió s'ha produït una esquerda a la part superior del lateral esquerre. També s'ha format una esquerda a la totalitat de la peça i que afecta les cares dorsal i frontal.

5.2.2.22. Peça B2.2 (El Bruc i 3,2cm gruix)

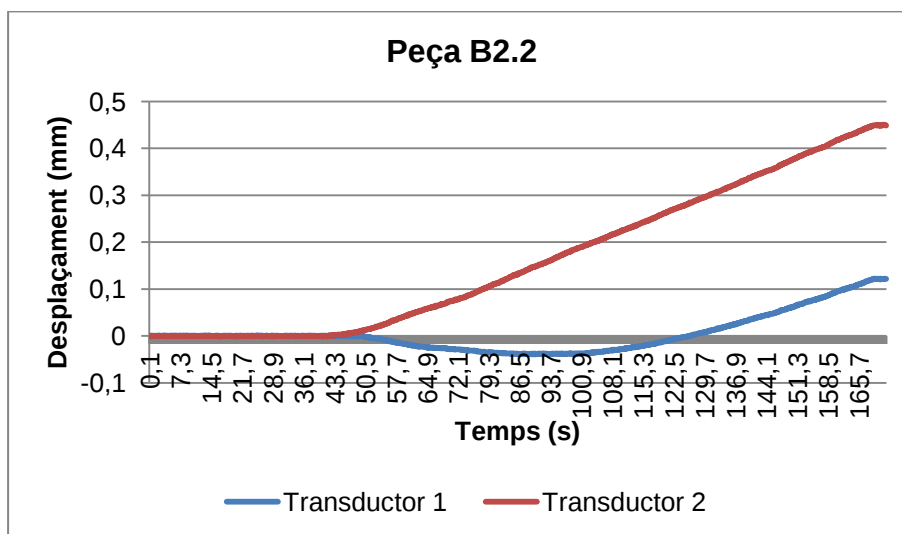
5.2.2.22.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



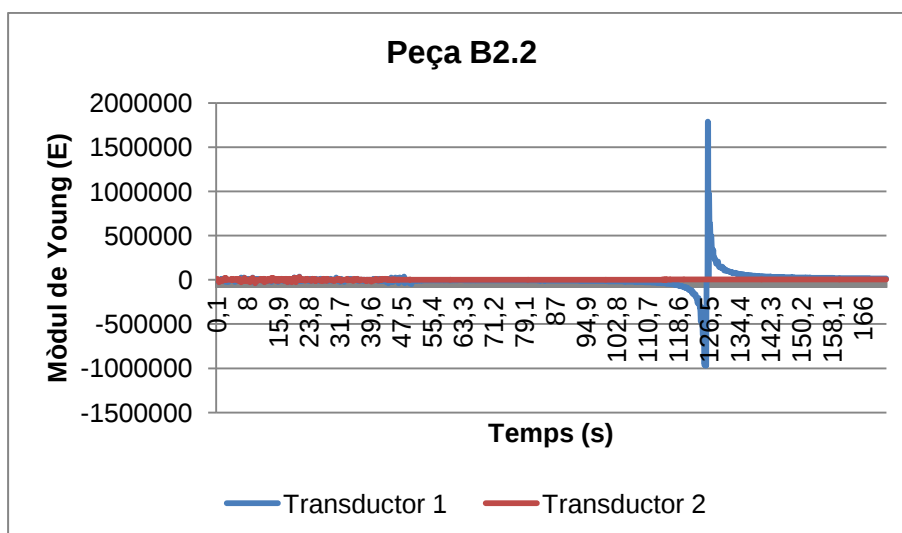
Gràfica 119 Temps – força B2.2

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 120 Temps – desplaçament transductors B2.2

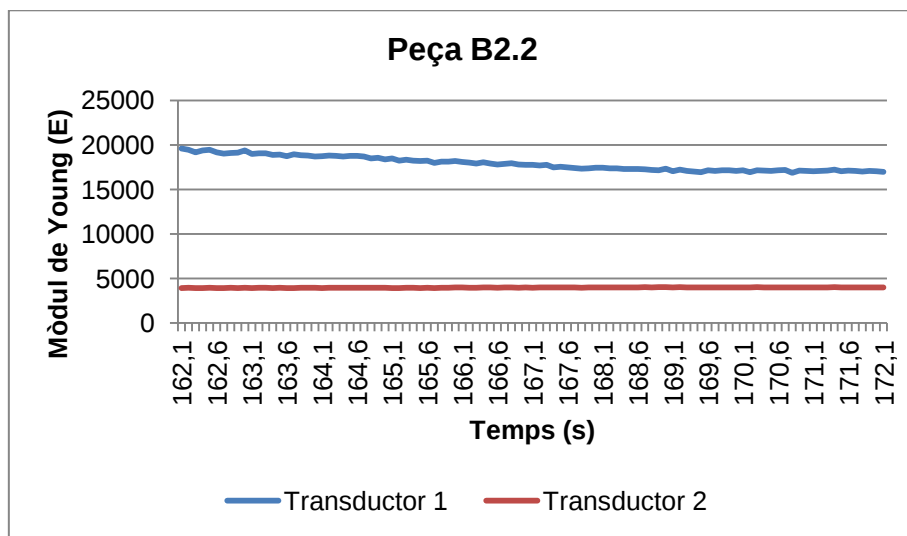
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 121 Temps – mòdul de Young transductors B2.2

5.2.2.22.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 122 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 17900,56 N/mm²

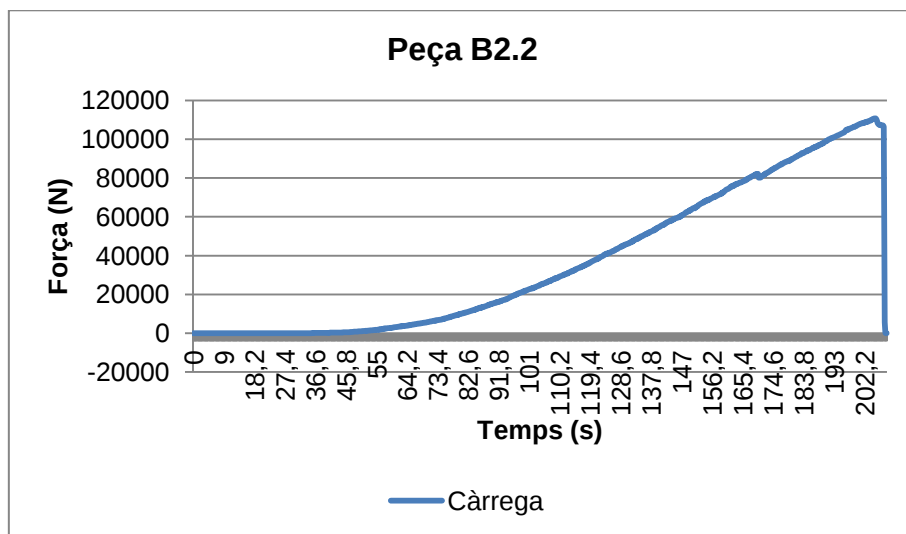
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3988,09 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 10944,33 N/mm²

Dispersió dels resultats = 63,56% Acceptació = No

5.2.2.22.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 123 Temps – força B2.2

Força màxima (N) = 110740,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{110740,00 \text{ N}}{3416,50 \text{ mm}^2} = 32,41 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.22.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 52 Patró trencament B2.2

5.2.2.22.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $10944,33 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $17900,56 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $3988,09 \text{ N/mm}^2$.

No podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 63,56% de dispersió de resultats, quan el màxim és aproximadament un 40% de dispersió.

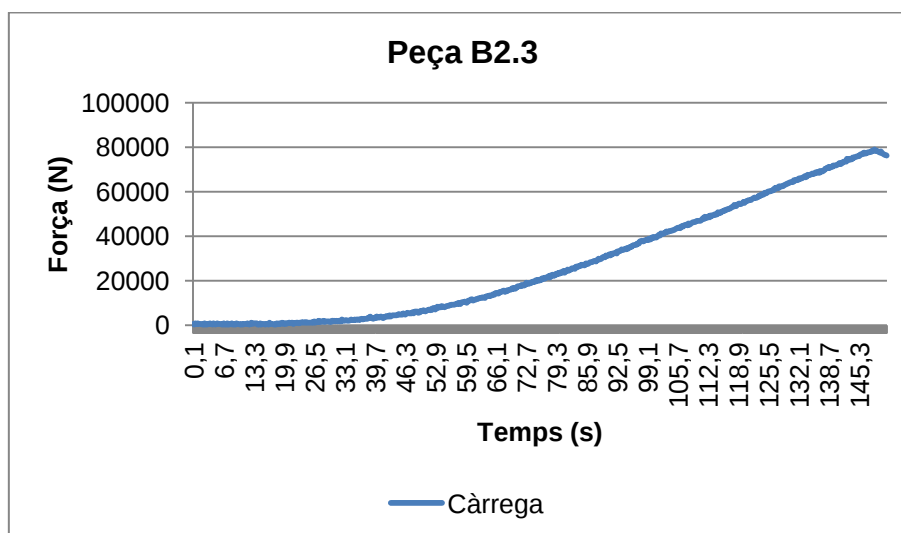
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 11,30 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $32,41 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament ha sigut amb una esquerda horitzontal en el centre del lateral esquerre, una esquerda vertical en la totalitat de la peça a les cares frontal i dorsal i esquerda horitzontal a la part superior de la cara dorsal. Aquesta esquerda horitzontal ha provocat despreniment de material de la part superior.

5.2.2.23. Peça B2.3 (El Bruc i 3,2cm gruix)

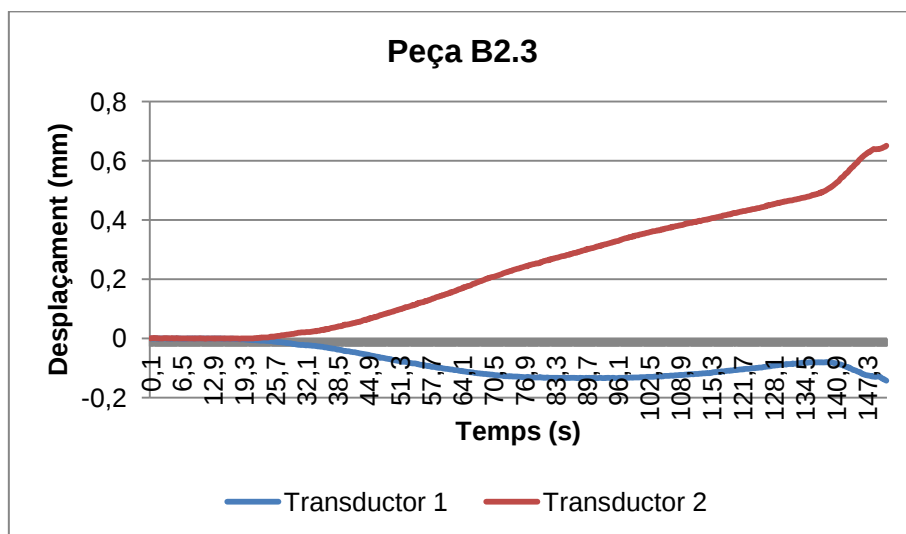
5.2.2.23.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



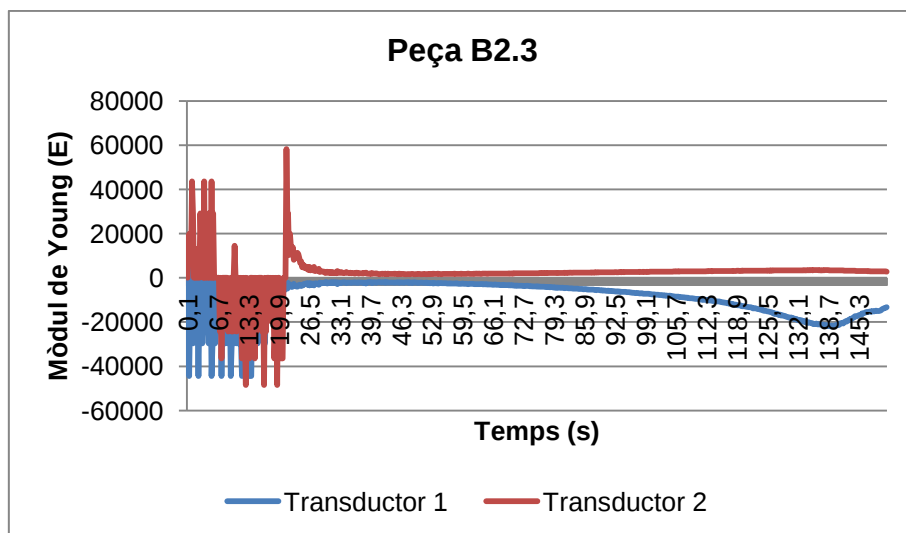
Gràfica 124 Temps – força B2.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 125 Temps – desplaçament transductors B2.3

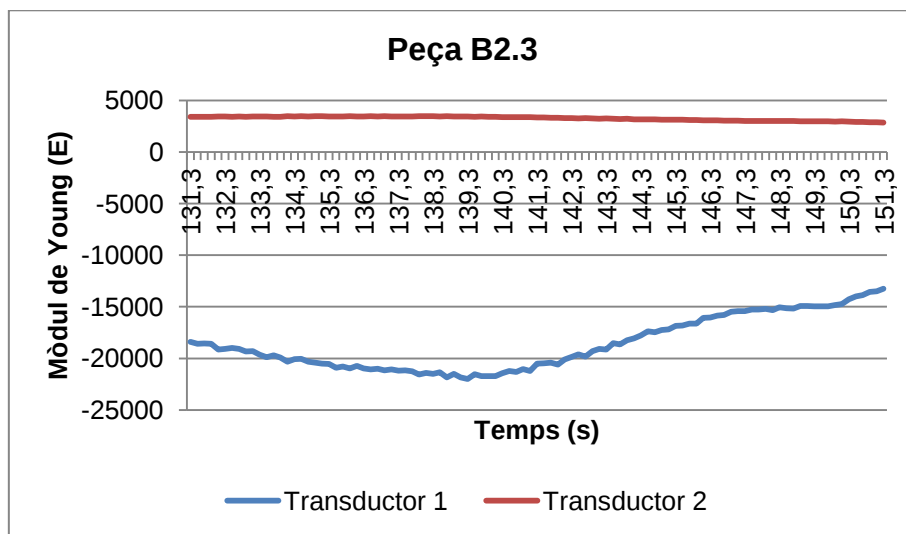
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 126 Temps – mòdul de Young transductors B2.3

5.2.2.23.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 127 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.3

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

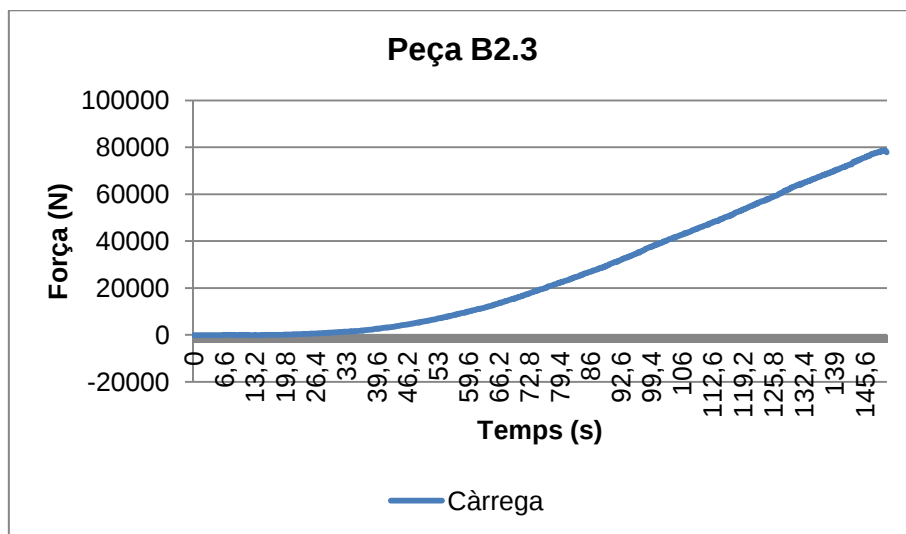
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3261,94 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.23.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 128 Temps – força B2.3

Força màxima (N) = 78694,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{78694,00 \text{ N}}{3576,30 \text{ mm}^2} = 22,00 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.23.4. Patró de trencament

Esquerre

Frontal

Dreta

Dorsal

No tenim fotografia



Fotografia 53 Patró trencament B2.3

5.2.2.23.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és 3261,94 N/mm² i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor del mòdul de Young d'aquesta peça.

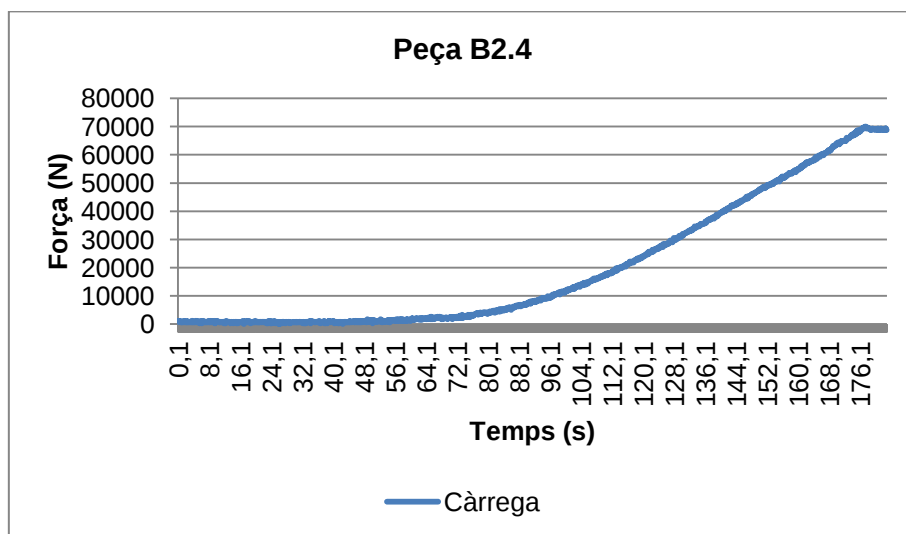
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 8,03 Tn i la tensió de ruptura de la peça és 20,00 N/mm².

El patró de trencament s'ha provocat amb una fissura horitzontal a la part superior de la cara frontal. A la cara dorsal s'hi ha produït despreniment de material a la part superior de la peça.

5.2.2.24. Peça B2.4 (El Bruc i 3,2cm gruix)

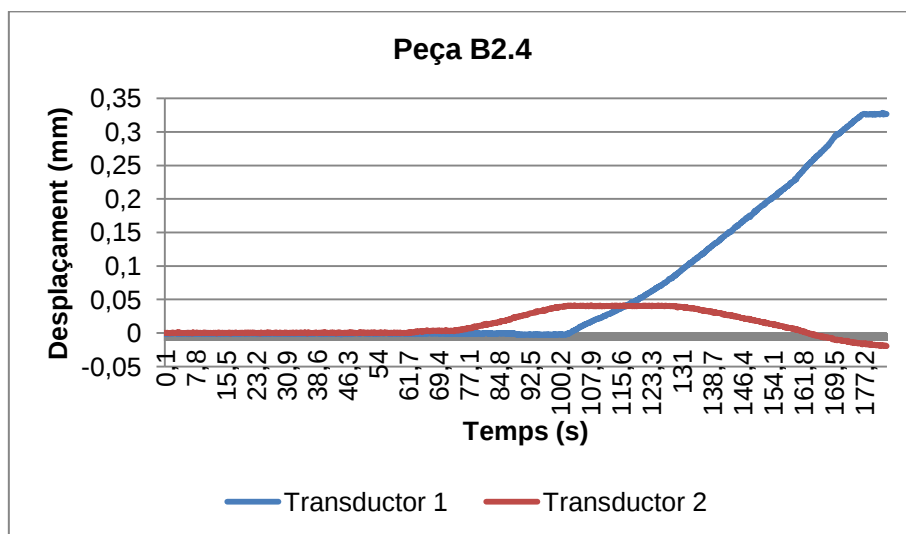
5.2.2.24.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



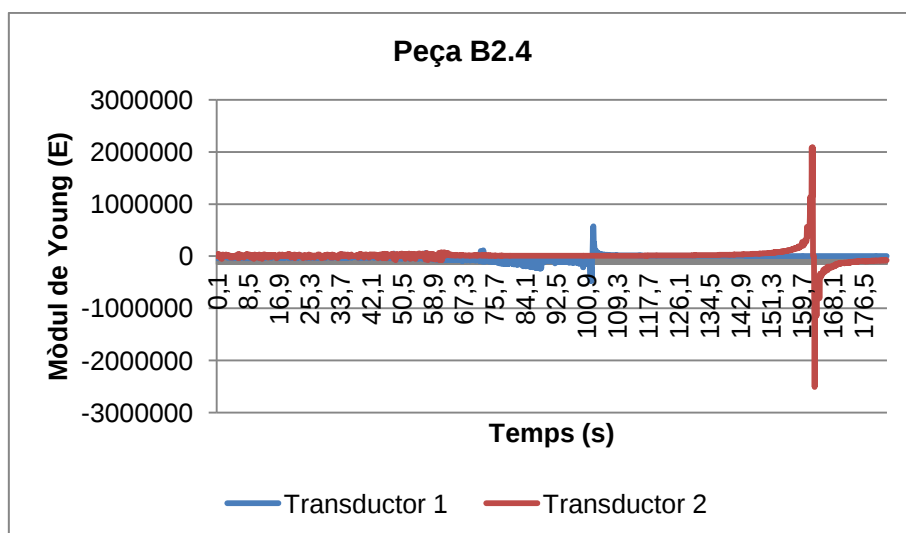
Gràfica 129 Temps – força B2.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 130 Temps – desplaçament transductors B2.4

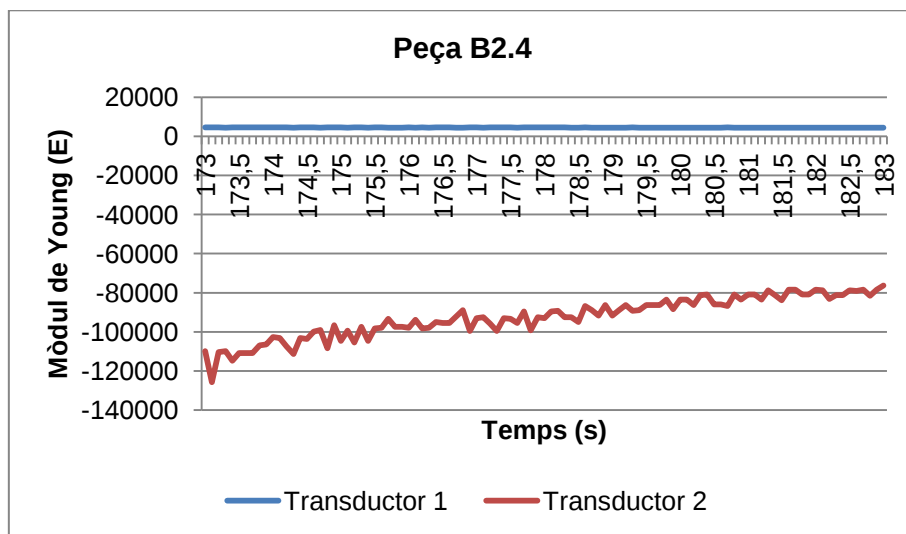
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 131 Temps – mòdul de Young transductors B2.4

5.2.2.24.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 132 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 4527,57 N/mm²

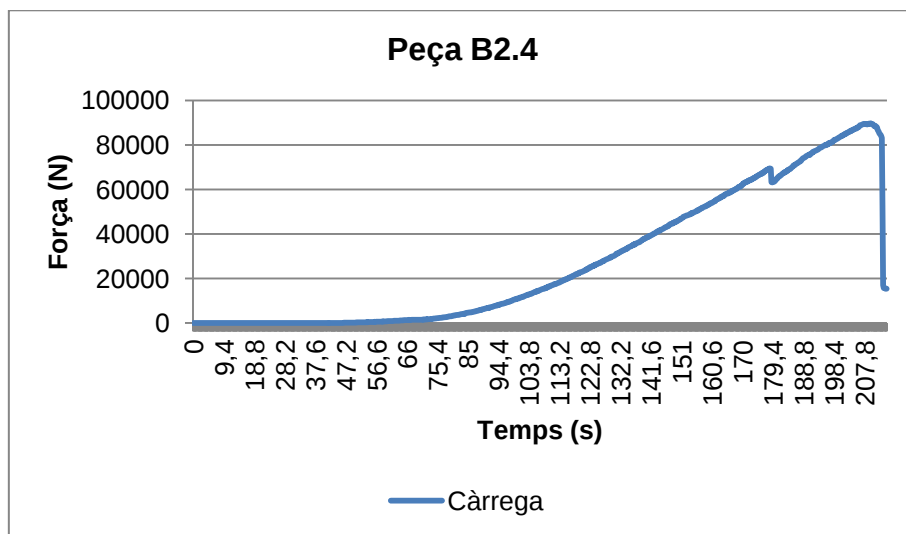
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.24.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 133 Temps – força B2.4

Força màxima (N) = 89572,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{89572,00 \text{ N}}{3612,13 \text{ mm}^2} = 24,80 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.24.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 54 Patró trencament B2.4

5.2.2.24.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $4527,57 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 1.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

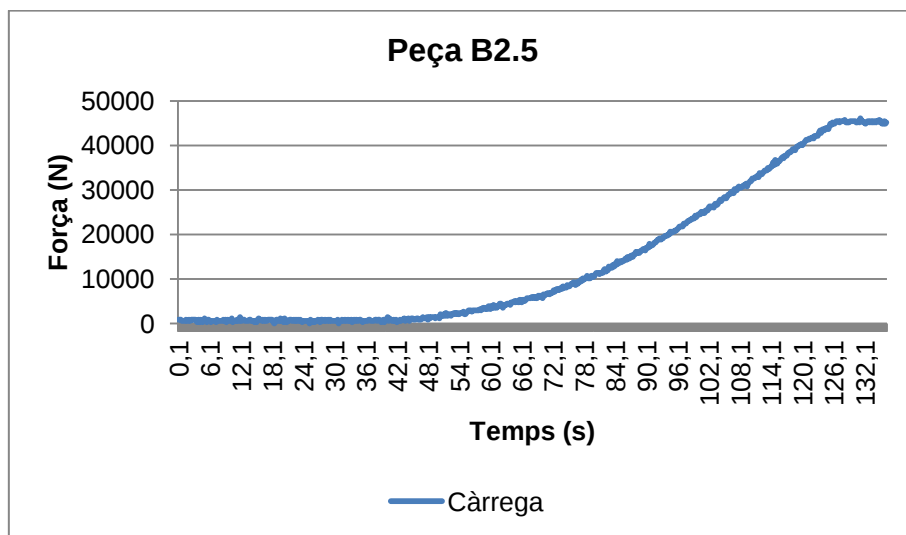
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $9,14 \text{ Tn}$ i la tensió de ruptura de la peça és $24,80 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb dues fissures aproximadament a la totalitat de la peça i a la cara frontal. Als dos laterals hi trobem a la part superior dues esquerdes horitzontals i a la cara dorsal tenim la continuïtat d'aquestes esquerdes horitzontal on ha provocat el desprendiment de material.

5.2.2.25. Peça B2.5 (El Bruc i 3,2cm gruix)

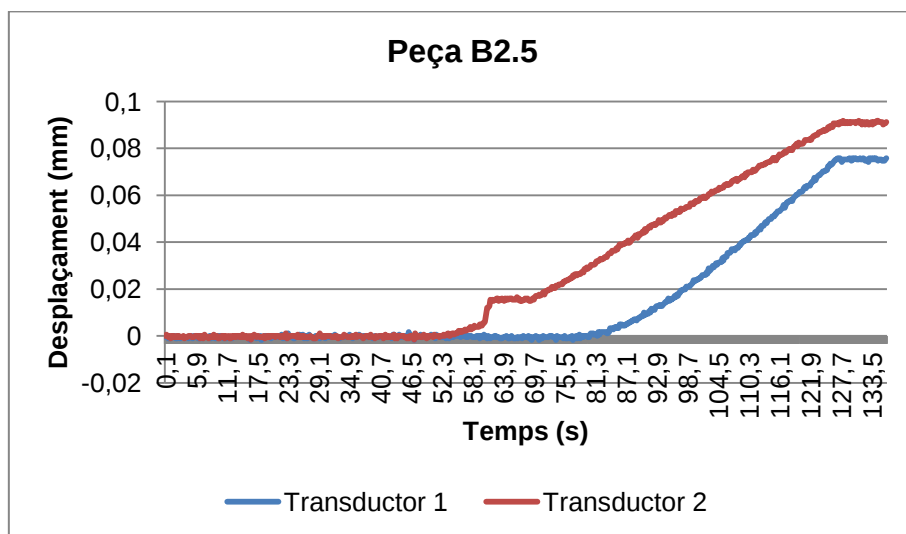
5.2.2.25.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



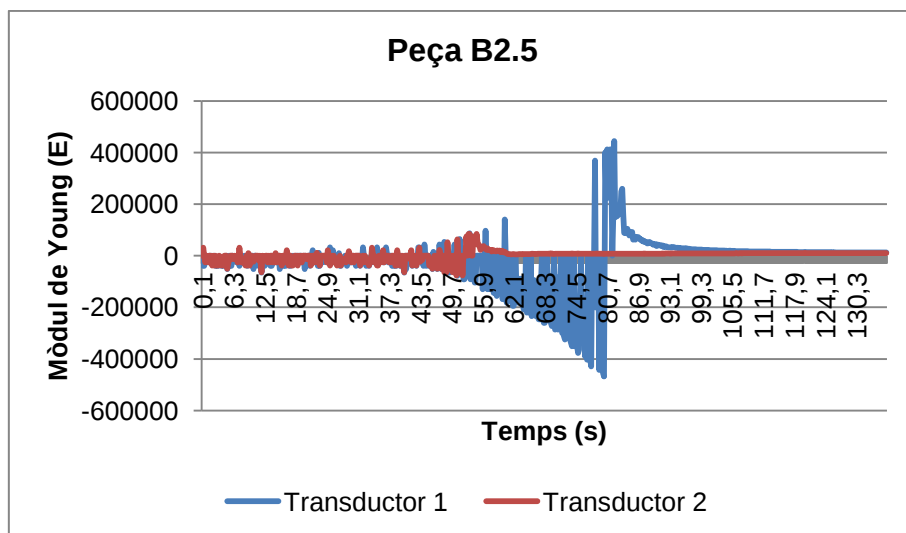
Gràfica 134 Temps – força B2.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 135 Temps – desplaçament transductors B2.5

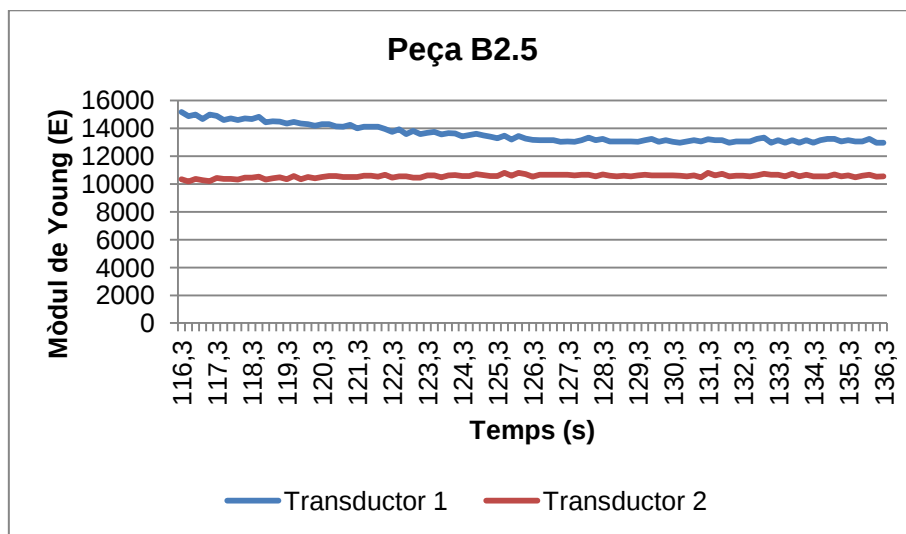
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 136 Temps – mòdul de Young transductors B2.5

5.2.2.25.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 137 Zoom temps – mòdul de Young transductors B2.5

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 13592,06 N/mm²

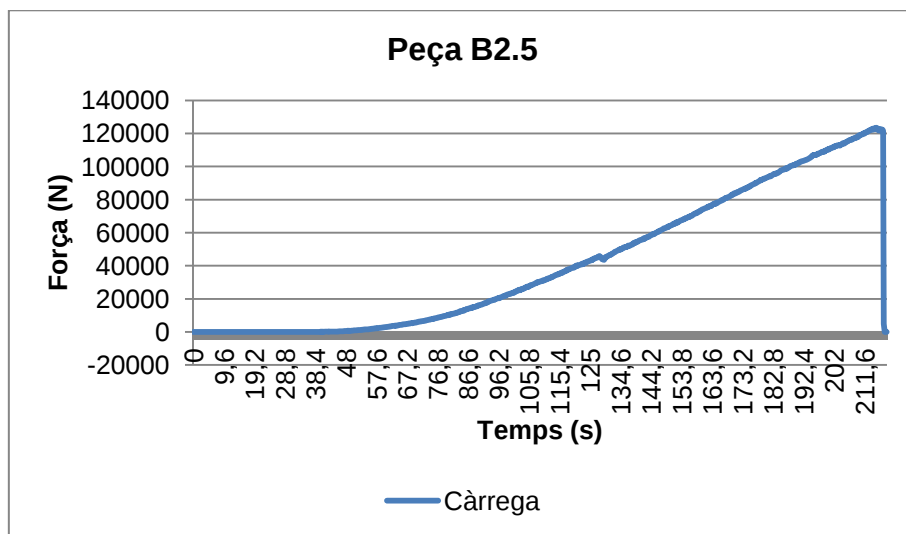
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 10554,13 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **12073,10 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 12,58% Acceptació = Sí

5.2.2.25.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 138 Temps – força B2.5

Força màxima (N) = 123480,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{123480,00 \text{ N}}{3529,08 \text{ mm}^2} = 34,99 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.25.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 55 Patró trencament B2.5

5.2.2.25.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $12073,10 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $13592,06 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $10554,13 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 12,58% de dispersió dels resultats.

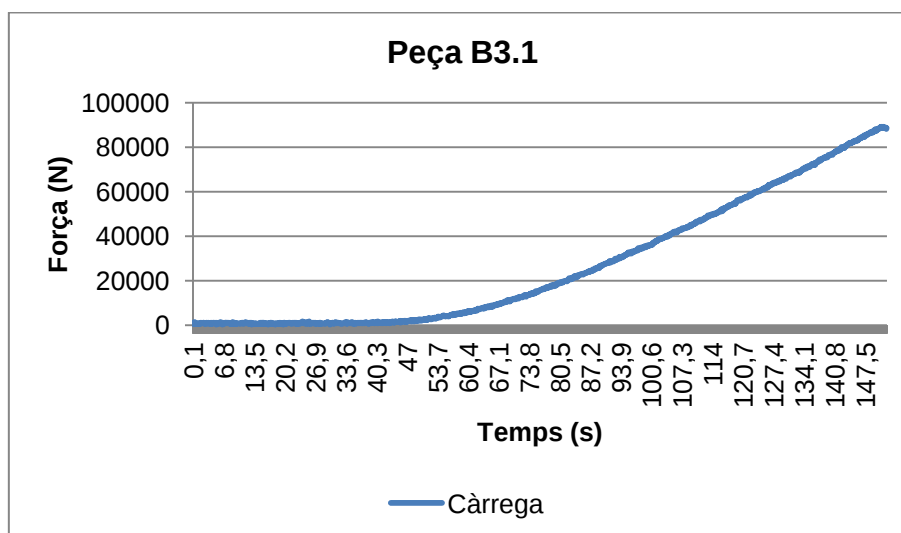
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 12,60 Tn i la tensió de ruptura de la peça és $34,99 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical a la totalitat de la cara frontal. També, a la cara frontal, a la part superior trobem compressió de la peça i la seva corresponent esquerda horitzontal. Finalment, a la cara dorsal, podem observar una esquerda a la totalitat de la peça.

5.2.2.26. Peça B3.1 (El Bruc i 5cm gruix)

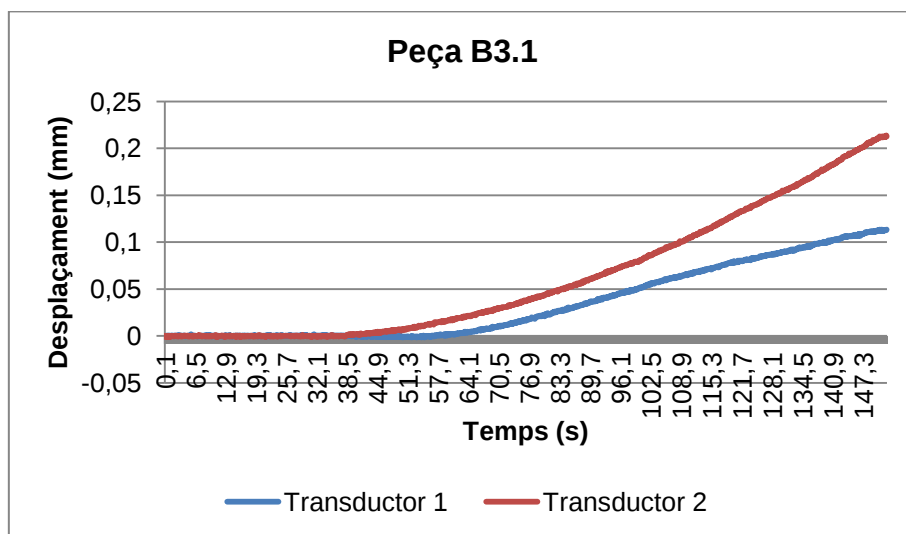
5.2.2.26.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



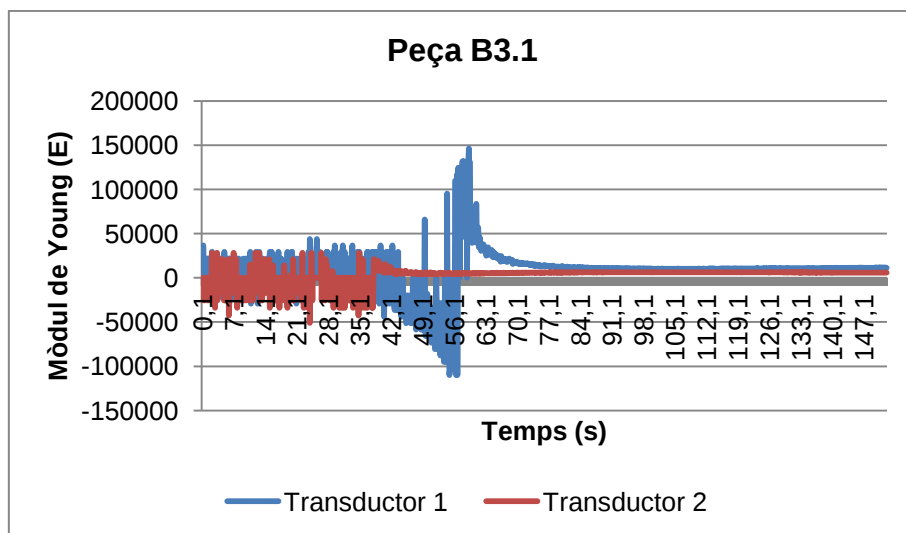
Gràfica 139 Temps – força B3.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 140 Temps – desplaçament transductors B3.1

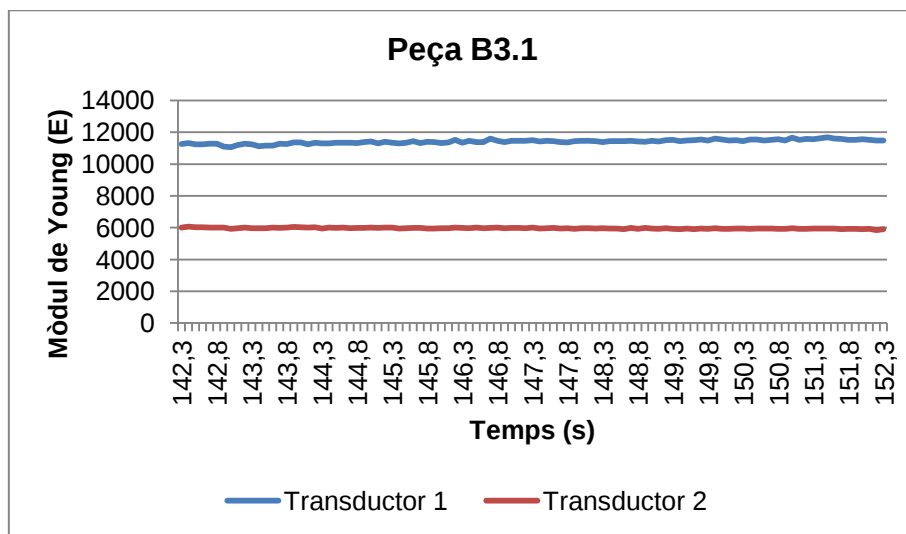
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 141 Temps – mòdul de Young transductors B3.1

5.2.2.26.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 142 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 11411,75 N/mm²

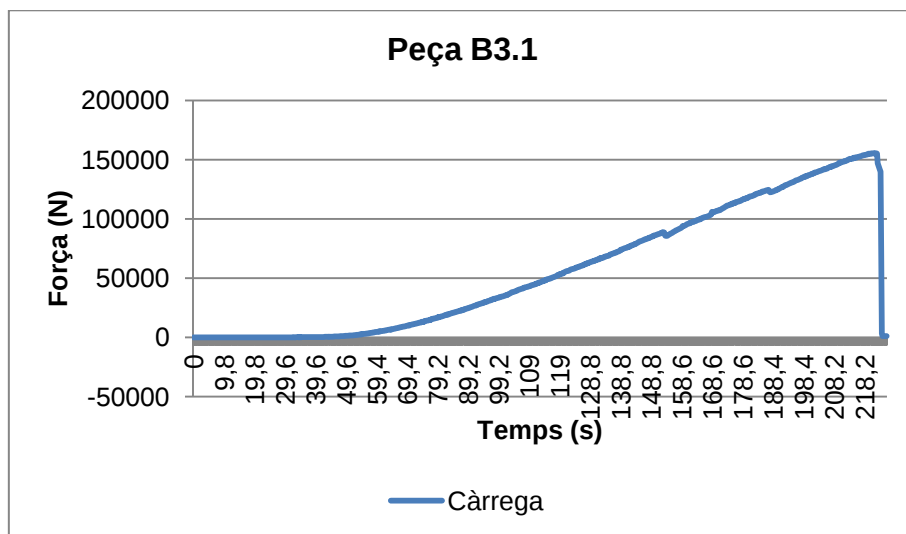
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5964,65 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **8688,20 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 31,35% Acceptació = Sí

5.2.2.26.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 143 Temps – força B3.1

Força màxima (N) = 155428,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{155428,00 \text{ N}}{5958,74 \text{ mm}^2} = 26,08 \text{ N/mm}^2$$

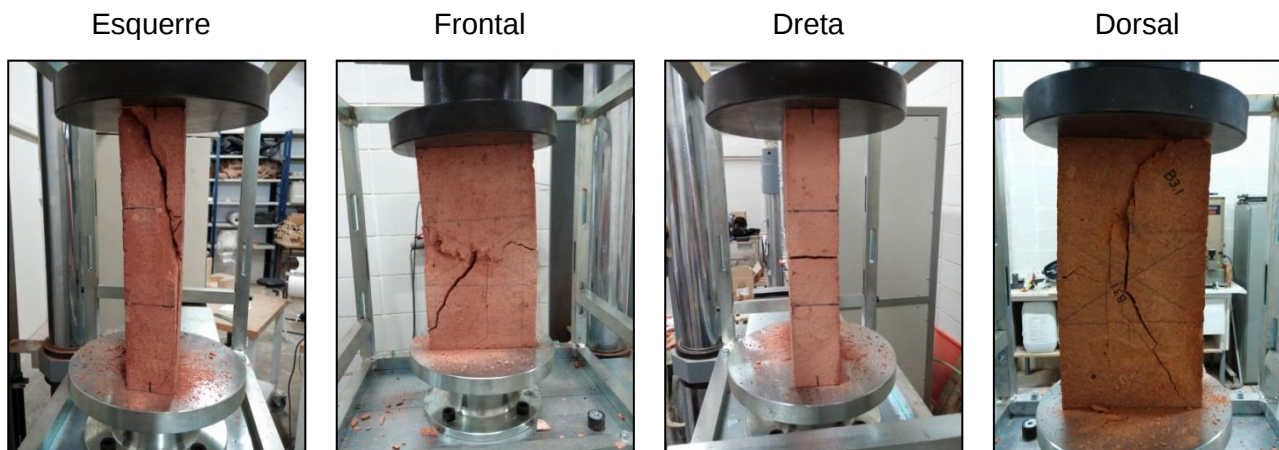
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 26,08 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 32,74 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.26.4. Patró de trencament



Fotografia 56 Patró trencament B3.1

5.2.2.26.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $8688,20 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $8961,08 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $29977,60 \text{ N/mm}^2$.

Acceptem aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 31,35% de dispersió dels resultats.

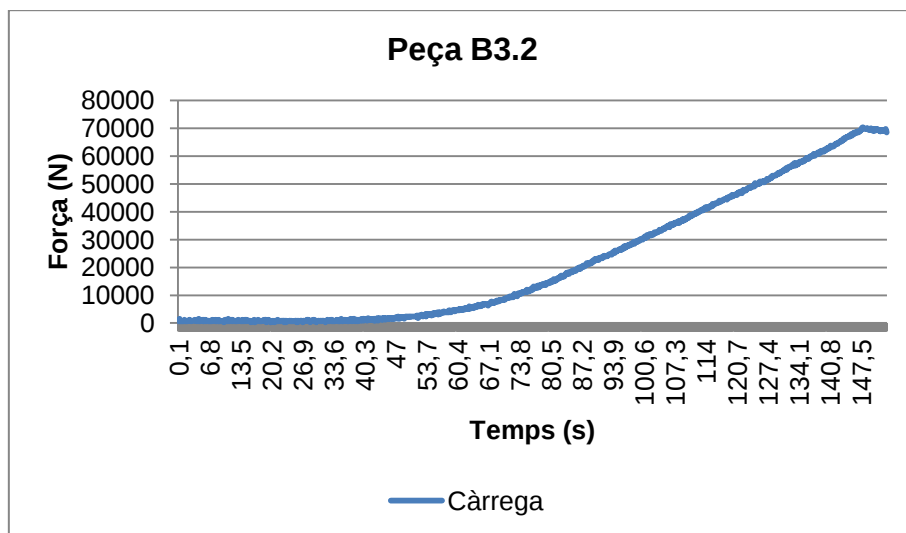
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 15,86 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $26,08 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $32,74 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda diagonal que va des de la part superior esquerra fins al centre dreta de la peça. A la cara frontal, al centre de la peça podem observar una esquerda horitzontal i compressió del material. En el centre del lateral dret, també s'hi ha produït una esquerda horitzontal. Finalment, a la cara dorsal tenim una esquerda vertical a la totalitat de la peça.

5.2.2.27. Peça B3.2 (El Bruc i 5cm gruix)

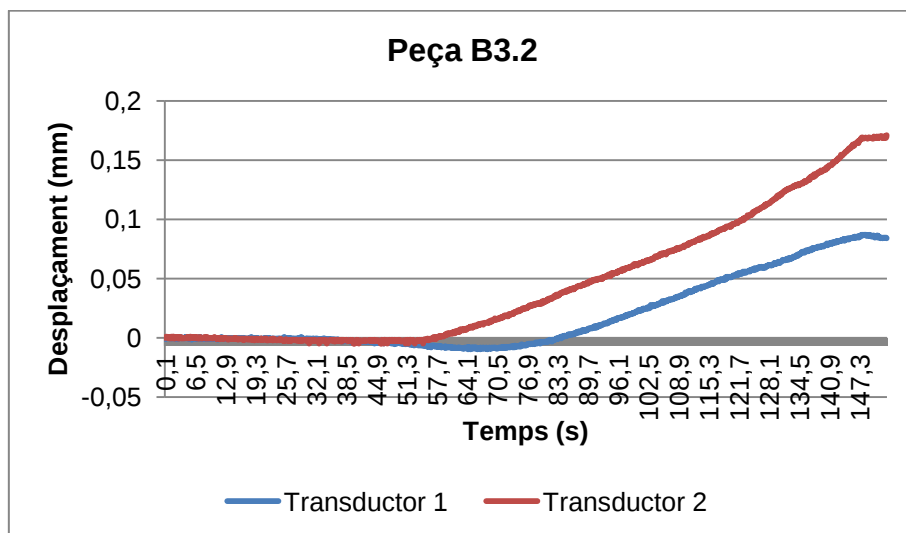
5.2.2.27.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



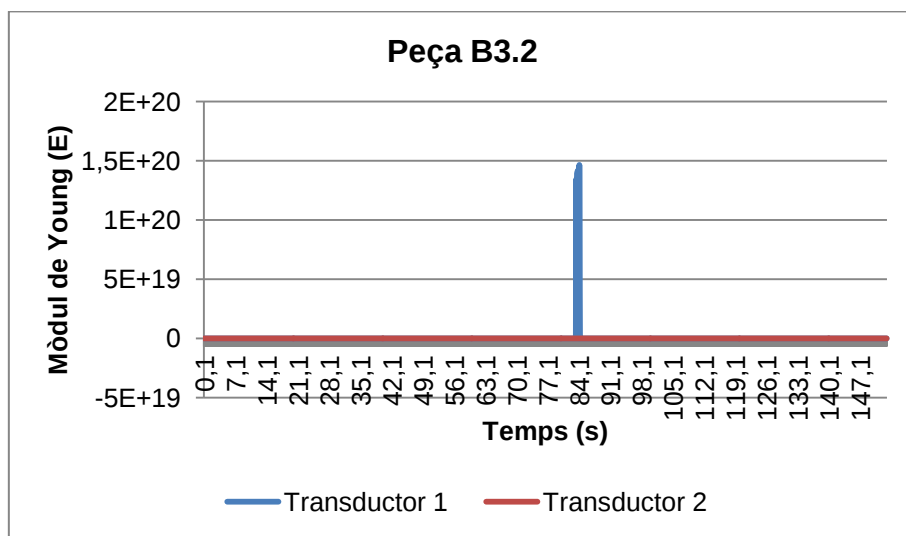
Gràfica 144 Temps – força B3.2

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 145 Temps – desplaçament transductors B3.2

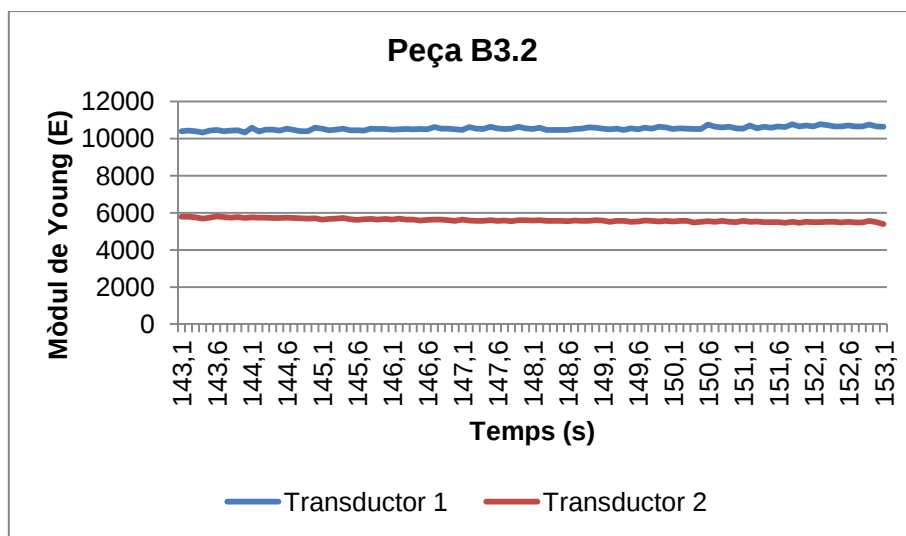
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 146 Temps – mòdul de Young transductors B3.2

5.2.2.27.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 147 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 10538,08 N/mm²

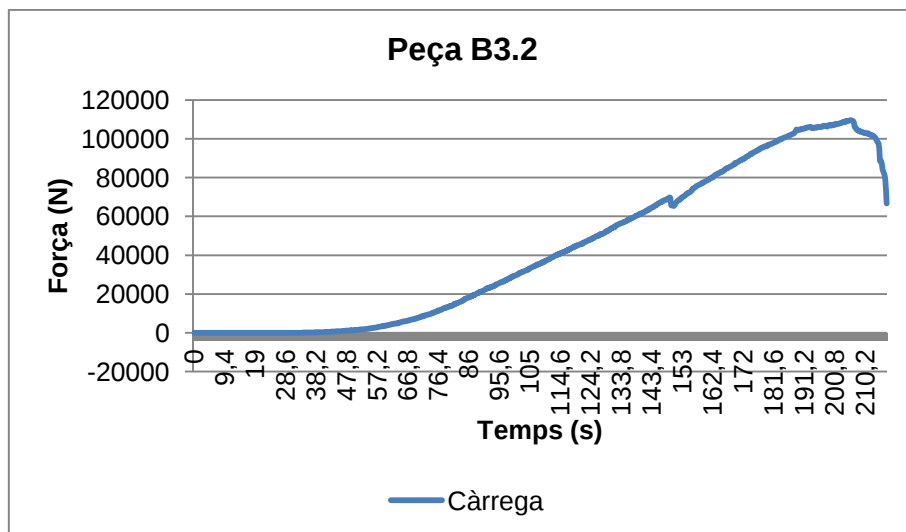
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5595,54 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **8066,81 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 30,64% Acceptació = Sí

5.2.2.27.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 148 Temps – força B3.2

Força màxima (N) = 109564,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{109564,00 \text{ N}}{6094,06 \text{ mm}^2} = 17,98 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 17,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 22,56 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.27.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 57 Patró trencament B3.2

5.2.2.27.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $8066,81 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $10538,08 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $5964,65 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 30,64% de dispersió dels resultats.

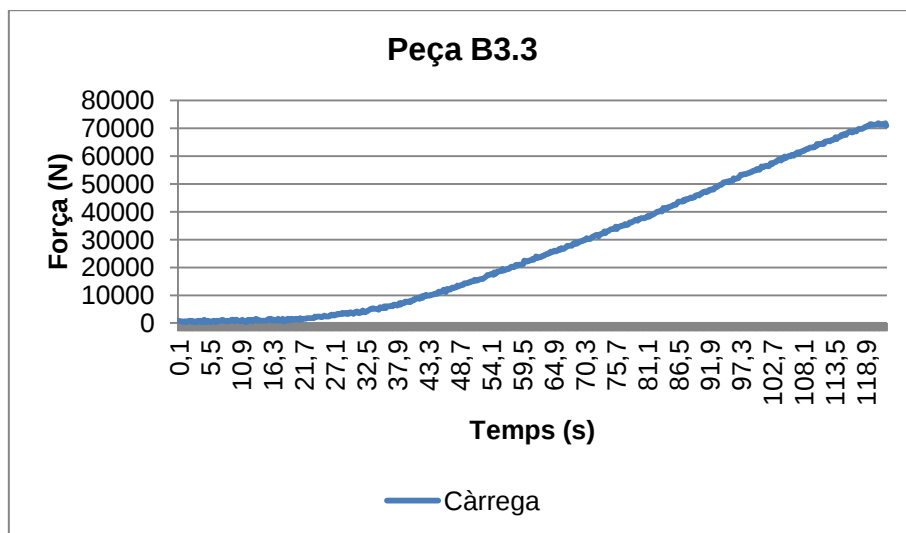
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 11,18 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $17,98 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $22,56 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb dues fissures a les parts superiors dels laterals. A la cara dorsal, a la part superior, tenim compressió del material ceràmic.

5.2.2.28. Peça B3.3 (El Bruc i 5cm gruix)

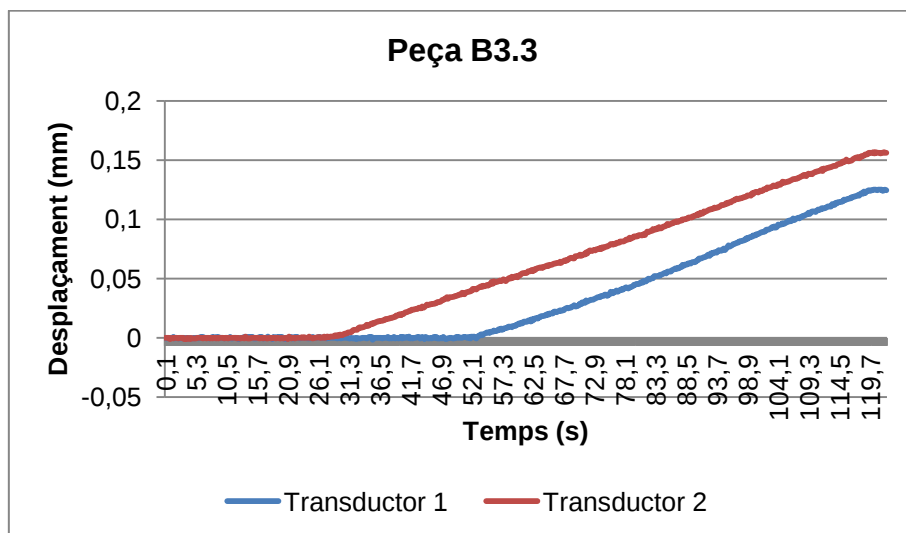
5.2.2.28.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



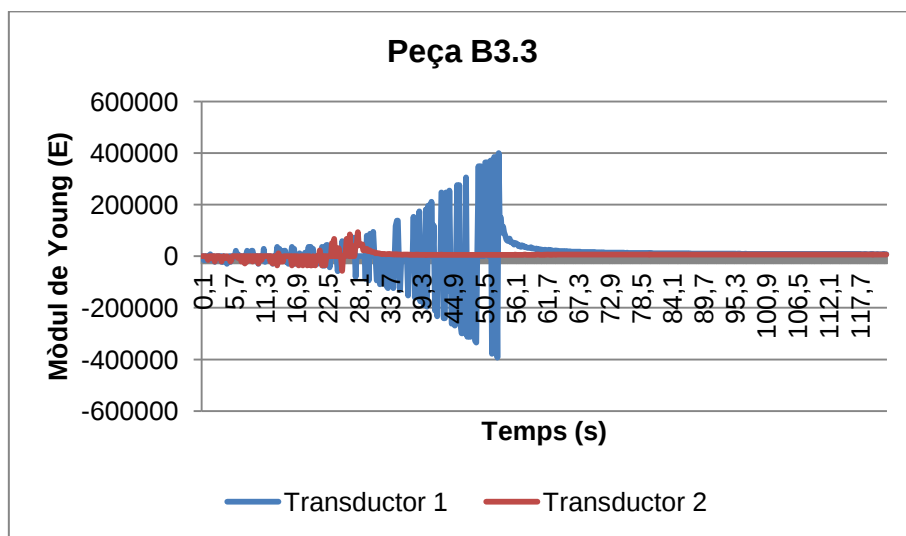
Gràfica 149 Temps – força B3.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 150 Temps – desplaçament transductors B3.3

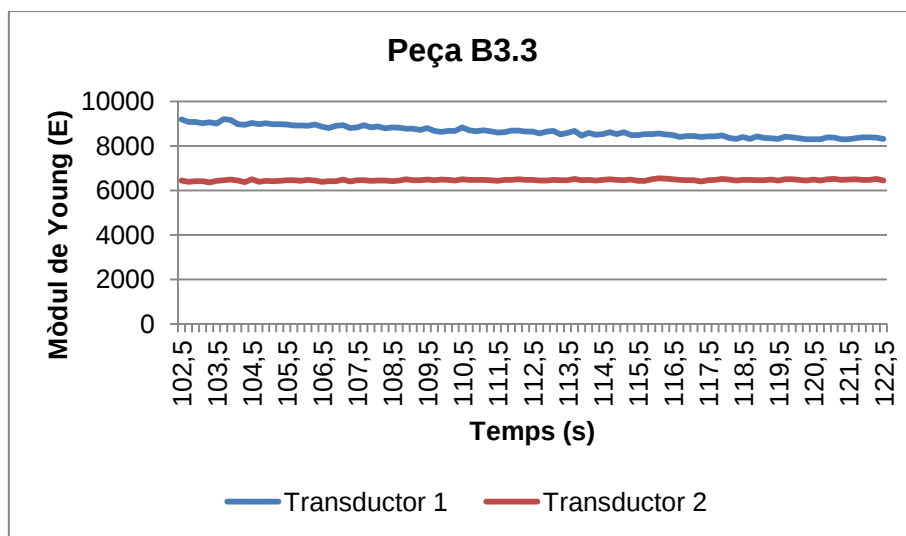
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 151 Temps – mòdul de Young transductors B3.3

5.2.2.28.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 152 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.3

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 8651,51 N/mm²

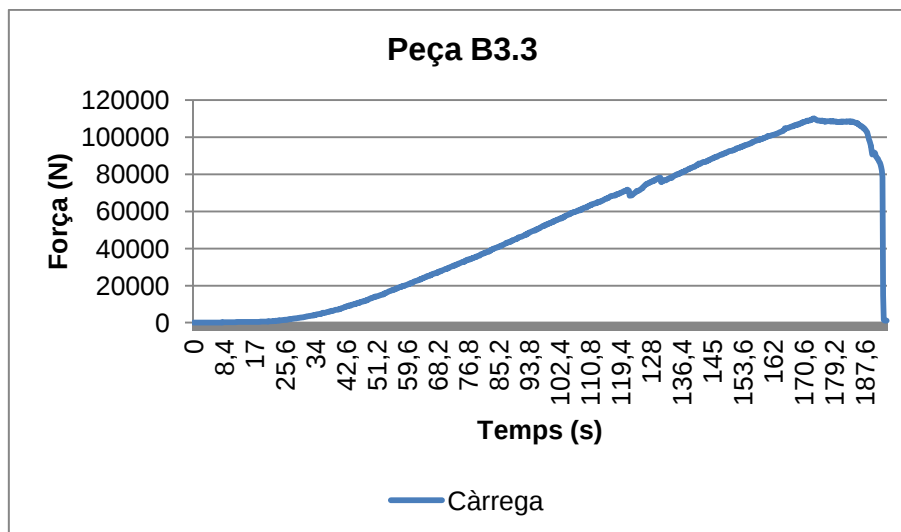
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 6461,84 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **7556,67 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 14,49% Acceptació = Sí

5.2.2.28.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 153 Temps – força B3.3

Força màxima (N) = 110152,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{110152,00 \text{ N}}{6136,16 \text{ mm}^2} = 17,95 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 17,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 22,53 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.28.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal

No tenim fotografia

Dreta



Dorsal



Fotografia 58 Patró trencament B3.3

5.2.2.28.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $7556,67 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $8651,51 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $6461,84 \text{ N/mm}^2$.

Acceptem aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 14,49% de dispersió dels resultats.

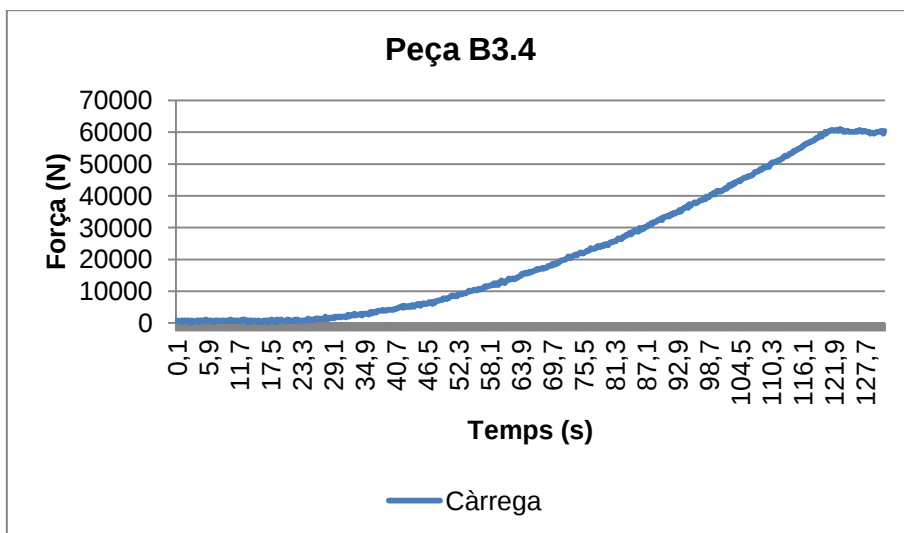
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $11,24 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $17,95 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $22,53 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda horitzontal a la part inferior del lateral esquerre. Una esquerda vertical aproximadament a la totalitat de la peça al lateral dret. Finalment, a la cara dorsal, dues fissures verticals a la totalitat de la peça i a la part inferior trobem una esquerda horitzontal amb la seva respectiva compressió del material.

5.2.2.29. Peça B3.4 (El Bruc i 5cm gruix)

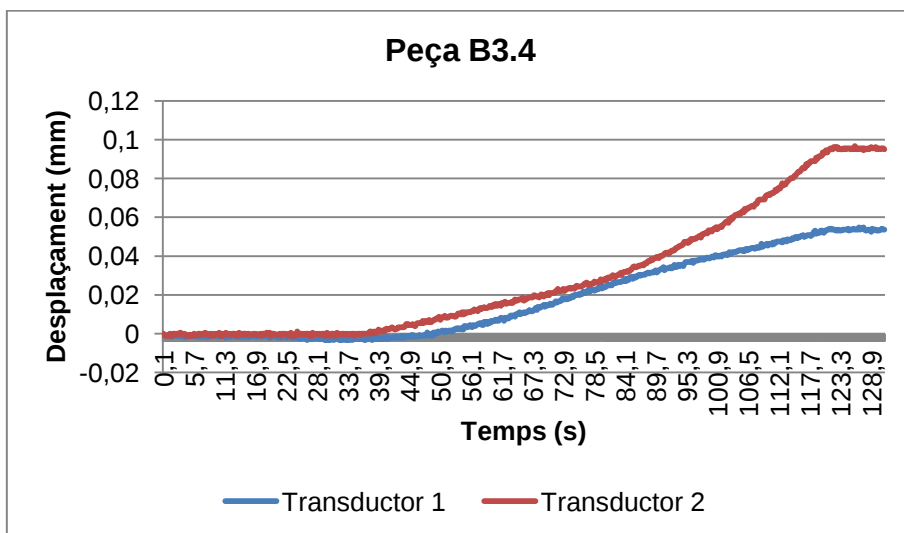
5.2.2.29.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



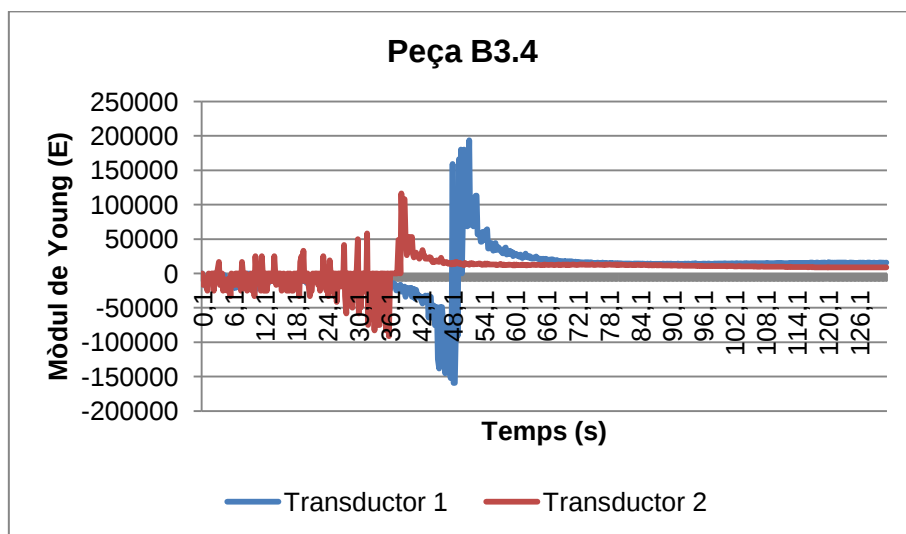
Gràfica 154 Temps – força B3.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 155 Temps – desplaçament transductors B3.4

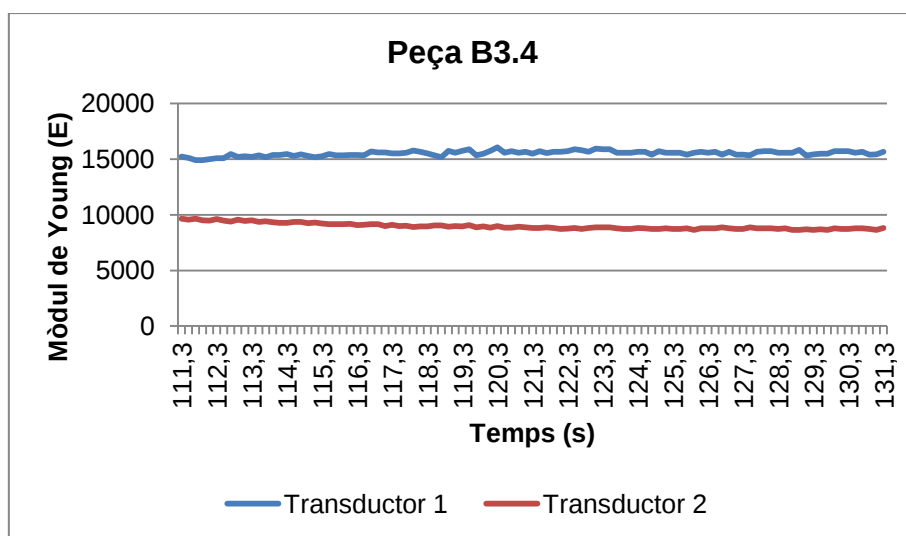
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 156 Temps – mòdul de Young transductors B3.4

5.2.2.29.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 157 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 15505,68 N/mm²

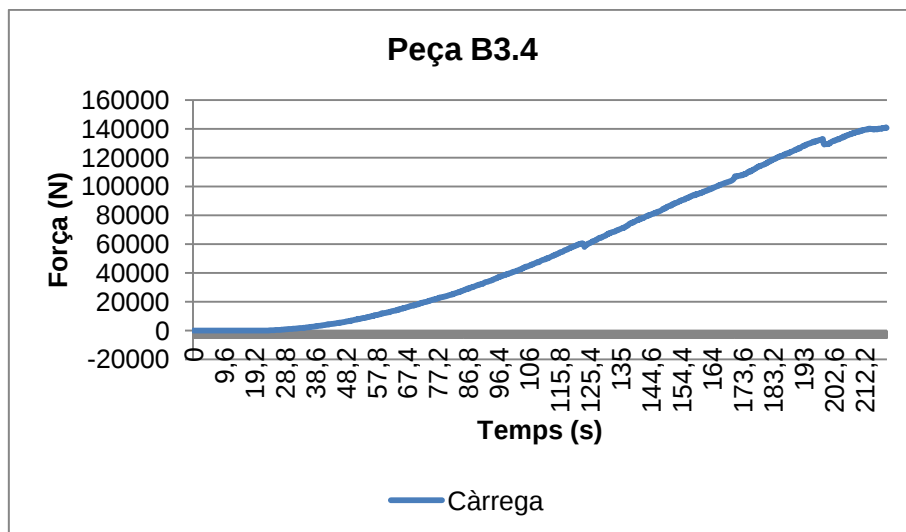
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8966,98 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 12236,33 N/mm²

Dispersió dels resultats = 26,72% Acceptació = Sí

5.2.2.29.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 158 Temps – força B3.4

Força màxima (N) = 141120,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{141120,00 \text{ N}}{5976,36 \text{ mm}^2} = 23,61 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 23,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 29,63 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.29.4. Patró de trencament



Fotografia 59 Patró trencament B3.4

5.2.2.29.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $12236,33 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $15505,68 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $8966,98 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 26,72% de dispersió dels resultats.

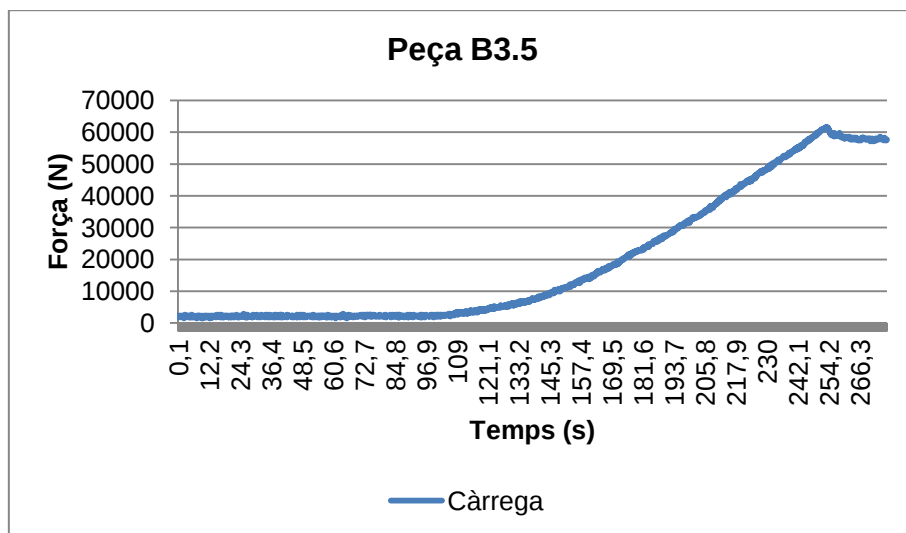
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 14,40 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $23,61 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $29,63 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha sigut amb una fissura vertical a la totalitat de la peça a les dues cares, la cara frontal i la cara dorsal.

5.2.2.30. Peça B3.5 (El Bruc i 5cm gruix)

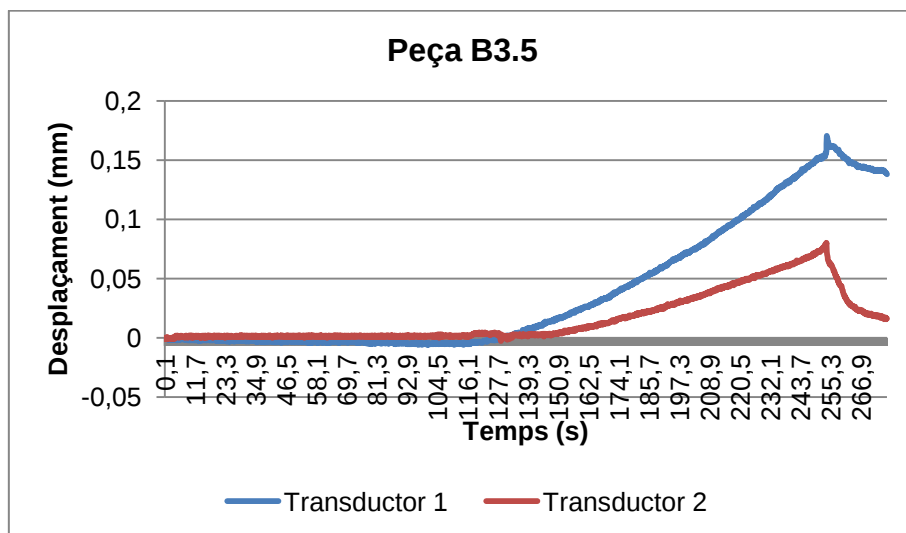
5.2.2.30.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



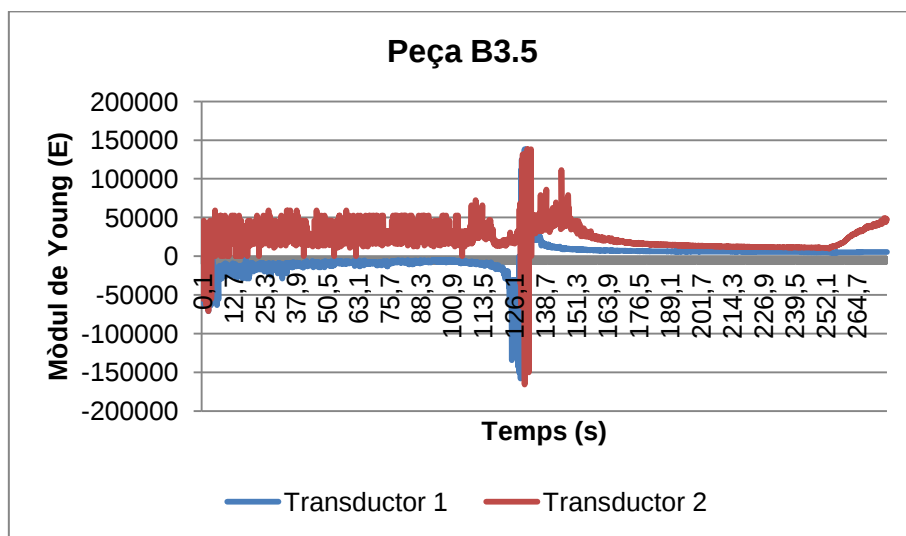
Gràfica 159 Temps – força B3.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



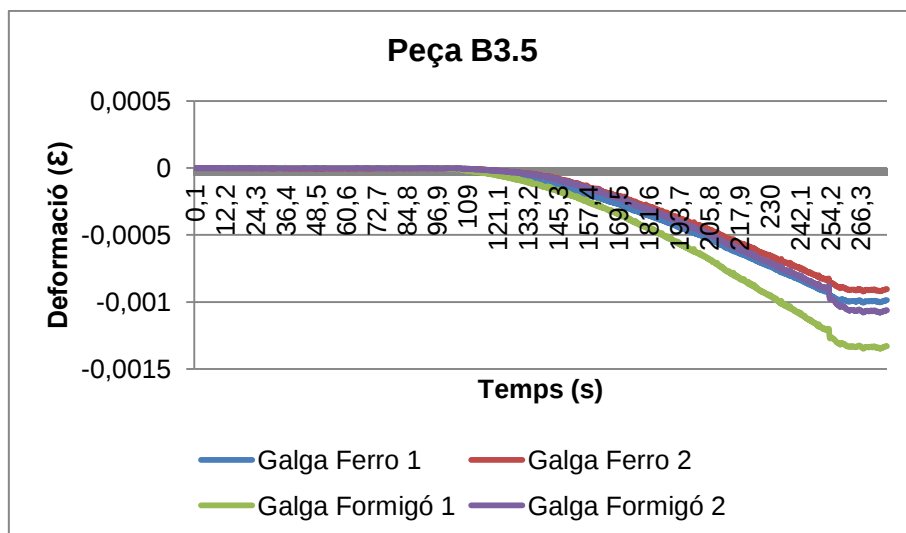
Gràfica 160 Temps – desplaçament transductors B3.5

- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



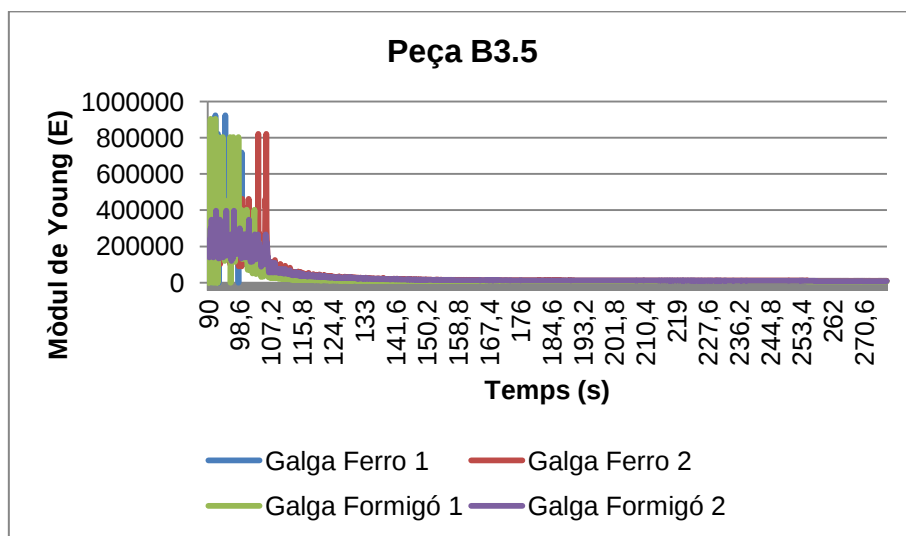
Gràfica 161 Temps – mòdul de Young transductors B3.5

- Gràfica Temps – Deformació de les galgues



Gràfica 162 Temps – deformació galgues B3.5

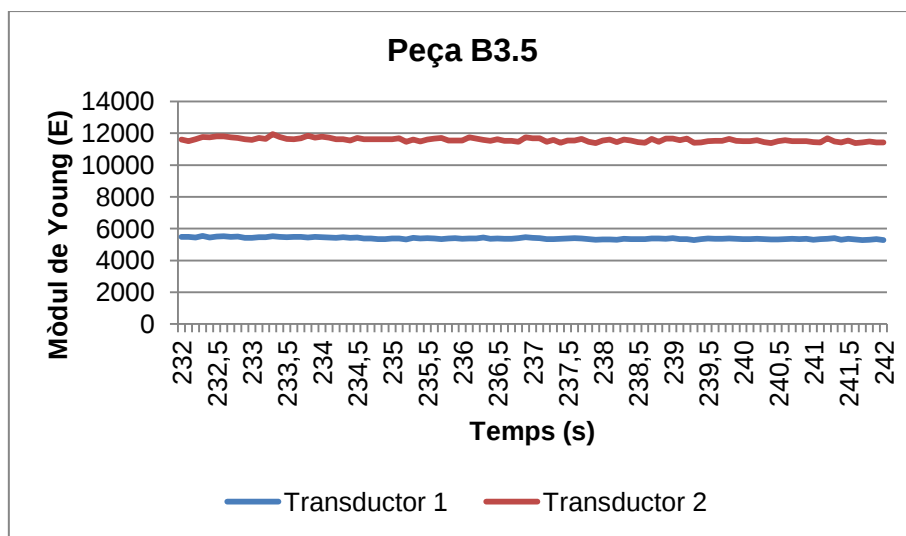
- Gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 163 Temps – mòdul de Young galgues B3.5

5.2.2.30.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 164 Zoom temps – mòdul de Young transductors B3.5

- Càlcul Mòdul de Young dels transductors

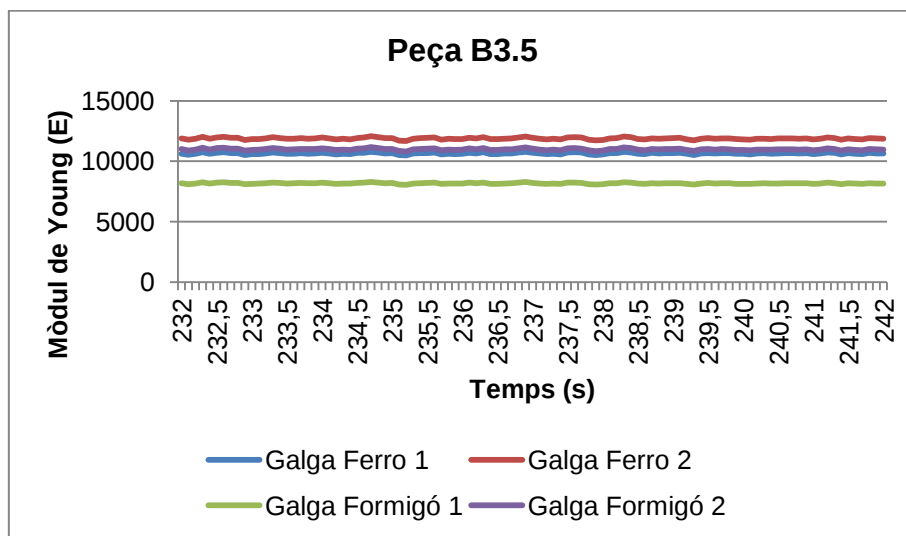
Mòdul de Young del transductor 1 (E_{trans1}) = 5387,41 N/mm²

Mòdul de Young del transductor 2 (E_{trans2}) = 11576,90 N/mm²

Mòdul de Young dels transductors (E_{trans}) = **8482, 16 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 36,49% Acceptació = Sí

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young de les galgues



Gràfica 165 Zoom temps – mòdul de Young galgues B3.5

- Càlcul Mòdul de Young de les galgues

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 10648,21 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 11885,32 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **11266,76 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 5,49% Acceptació = Sí

Mòdul de Young de la galga de formigó 1 (E_{form1}) = 8174,42 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de formigó 2 (E_{form2}) = 10992,98 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de formigó (E_{form}) = **9583,70 N/mm²**

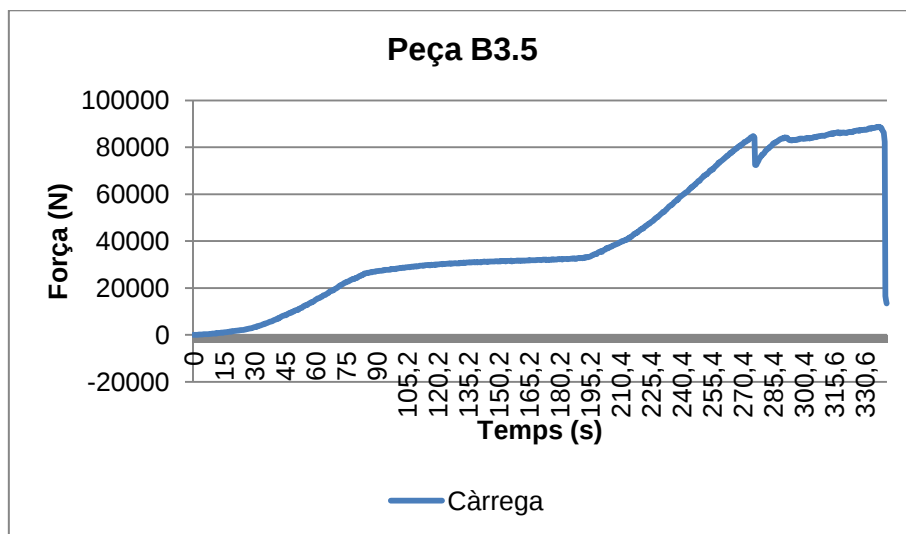
Dispersió dels resultats = 14,70% Acceptació = Sí

- Càlcul Mòdul de Young de la peça

Mòdul de Young (E) = **9777,54 N/mm²**

5.2.2.30.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 166 Temps – força B3.5

Força màxima (N) = 89180,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{89180,00 \text{ N}}{6203,16 \text{ mm}^2} = 14,38 \text{ N/mm}^2$$

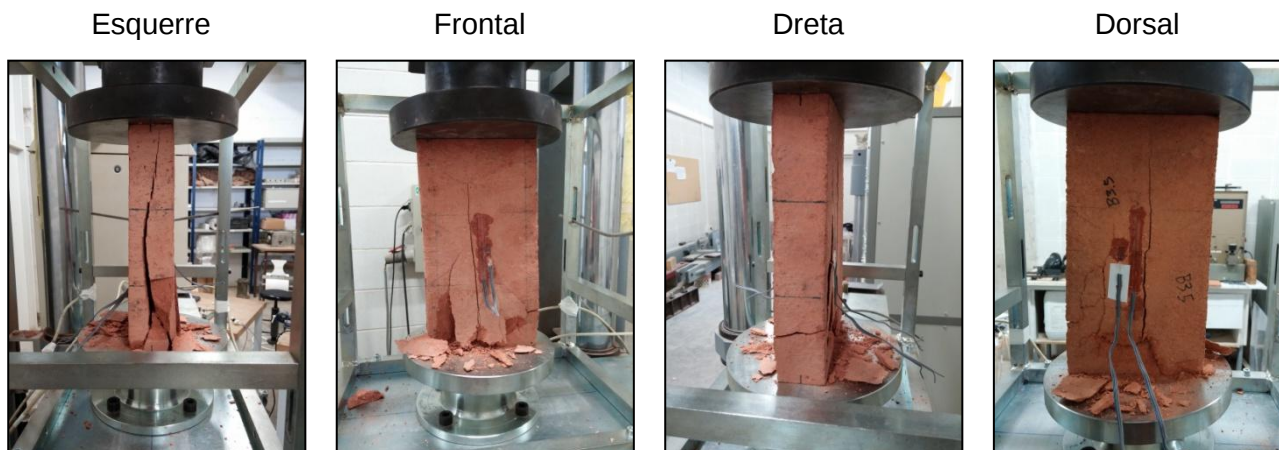
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 14,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 18,04 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.30.4. Patró de trencament



Fotografia 60 Patró trencament B3.5

5.2.2.30.5. Conclusiones parciais

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $9777,54 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors i les galgues. El mòdul de Young del transductor 1 és $5387,41 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $11576,90 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica dels dos transductors és $8482,16 \text{ N/mm}^2$. El mòdul de Young de la galga de ferro 1 és $10648,21 \text{ N/mm}^2$, el mòdul de Young de la galga de ferro 2 és $11885,32 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica de les dues galgues de ferro és $11266,76 \text{ N/mm}^2$. Finalment, el mòdul de Young de la galga de formigó 1 és $8174,42 \text{ N/mm}^2$, el mòdul de Young de la galga de formigó 2 és $10992,98 \text{ N/mm}^2$ i la mitjana aritmètica de les dues galgues de formigó és $9583,70 \text{ N/mm}^2$.

Acceptem aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 36,49% de dispersió dels resultats dels transductors, un 5,49% de dispersió dels resultats de les galgues de ferro i un 14,70% dels resultats de les galgues de formigó.

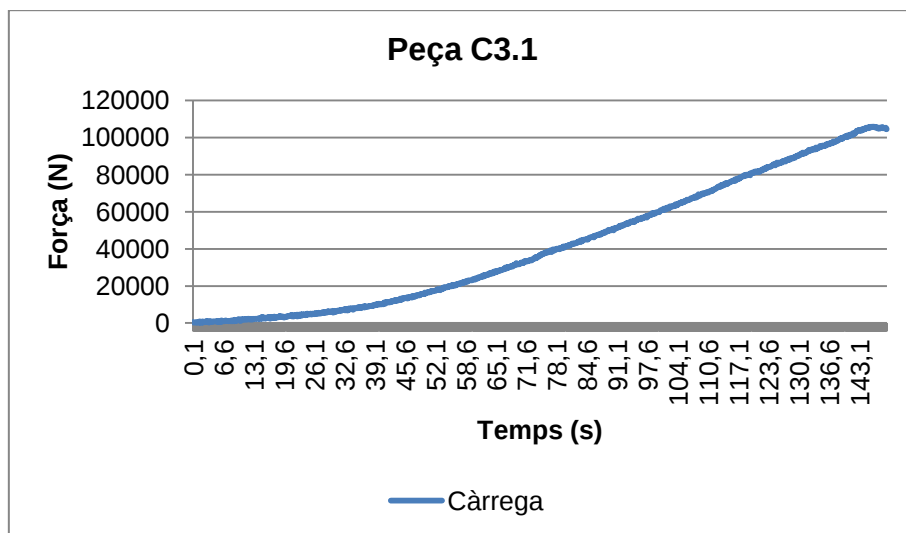
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $9,10 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $14,38 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $18,04 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical a la totalitat de la peça al lateral esquerre. A les cares frontal i dorsal, podem observar dues fissures verticals a la totalitat de la peça i compressió de material a la part inferior, i aquesta compressió provoca una esquerda horitzontal a la part inferior del lateral dret.

5.2.2.31. Peça C3.1 (Laboratori i 5cm gruix)

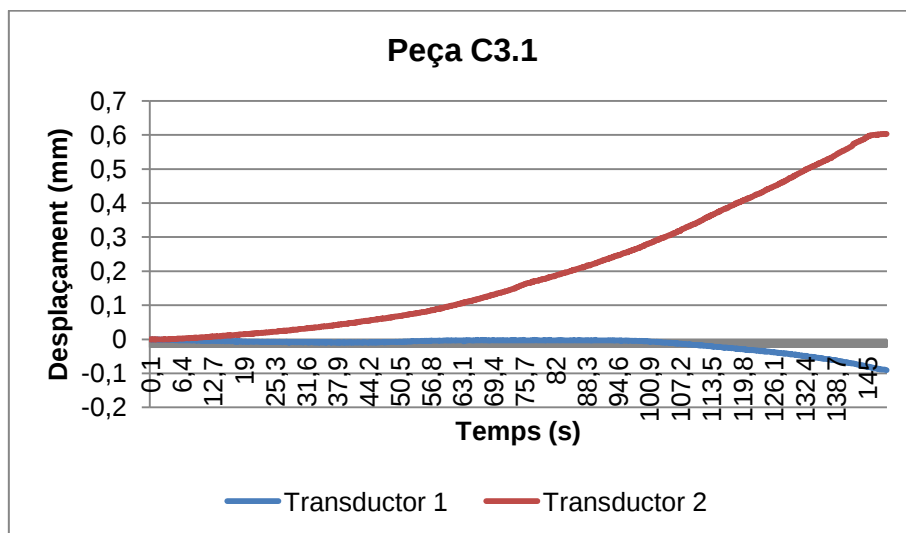
5.2.2.31.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



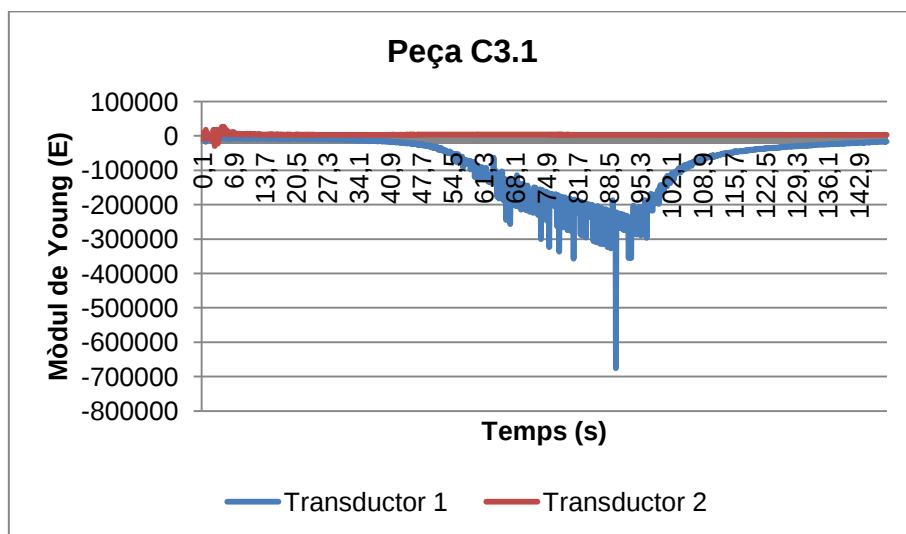
Gràfica 167 Temps – força C3.1

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 168 Temps – desplaçament transductors C3.1

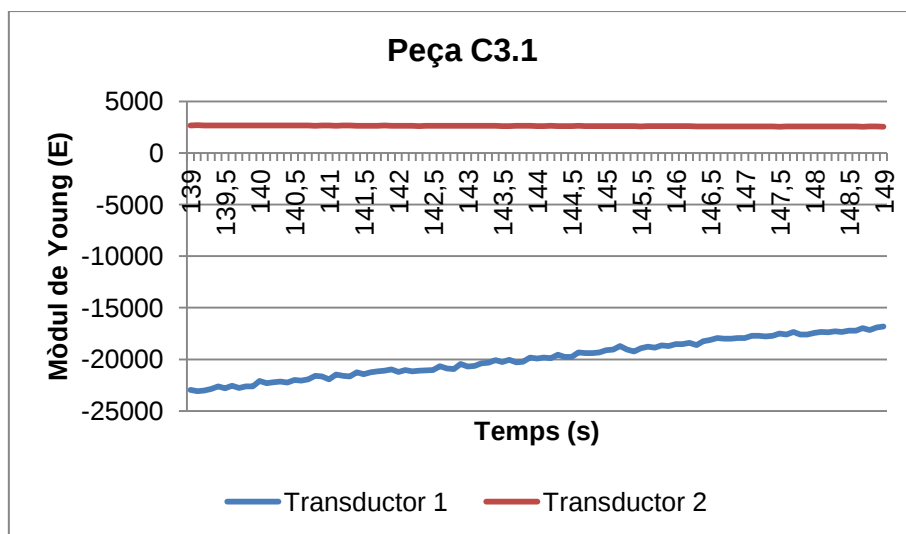
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 169 Temps – mòdul de Young transductors C3.1

5.2.2.31.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 170 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.1

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

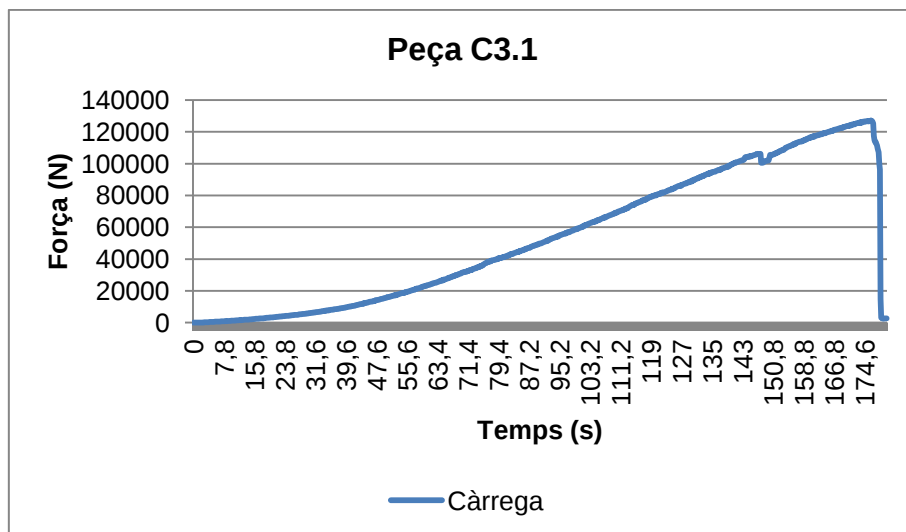
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 2615,57 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.31.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 171 Temps – força C3.1

Força màxima (N) = 127106,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{127106,00 \text{ N}}{6469,31 \text{ mm}^2} = 19,65 \text{ N/mm}^2$$

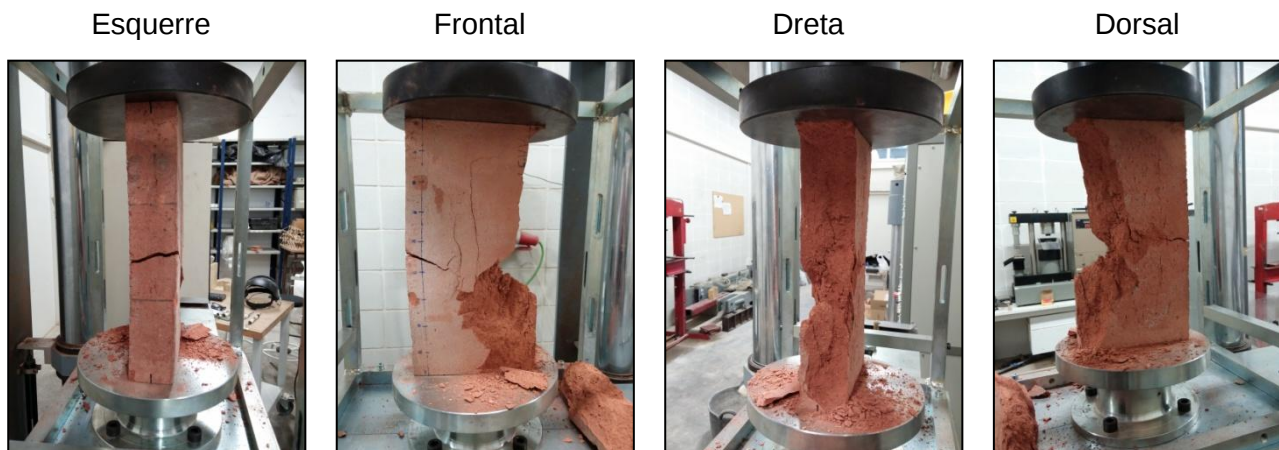
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 19,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 24,66 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.31.4. Patró de trencament



Fotografia 61 Patró trencament C3.1

5.2.2.31.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $2615,57 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

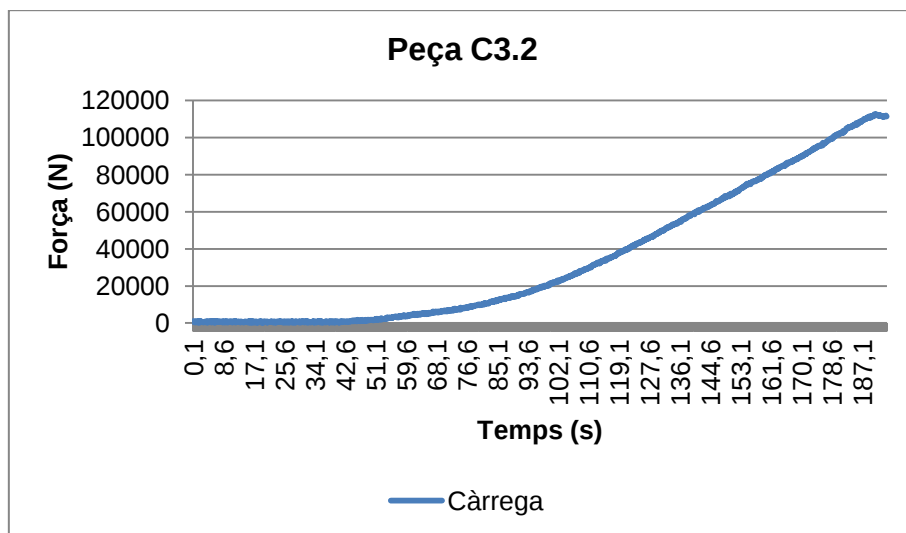
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 12,97 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $19,65 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $24,66 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una compressió del material a la part inferior dreta de les cares dorsals i frontals. Aquesta compressió ha provocat una esquerda horitzontal en el centre de la peça i que afecta totes les quatre cares.

5.2.2.32. Peça C3.2 (Laboratori i 5cm gruix)

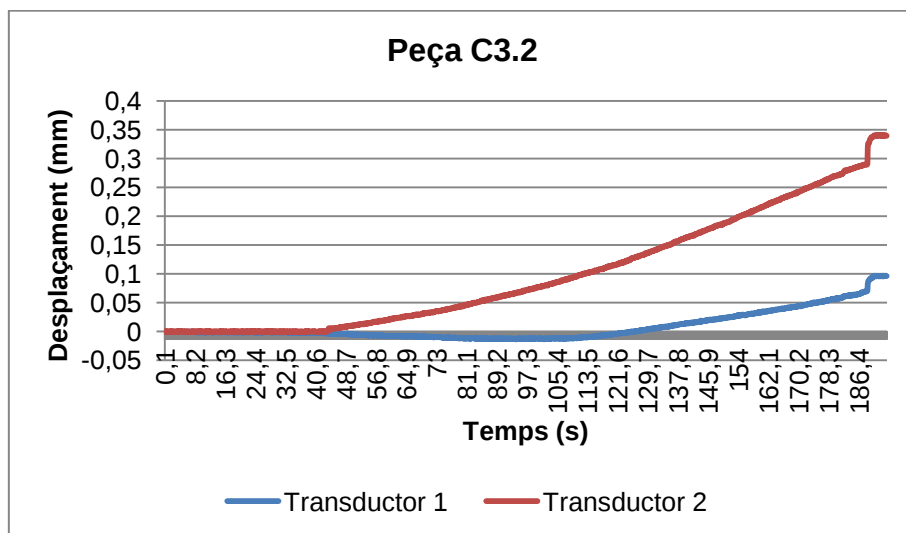
5.2.2.32.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



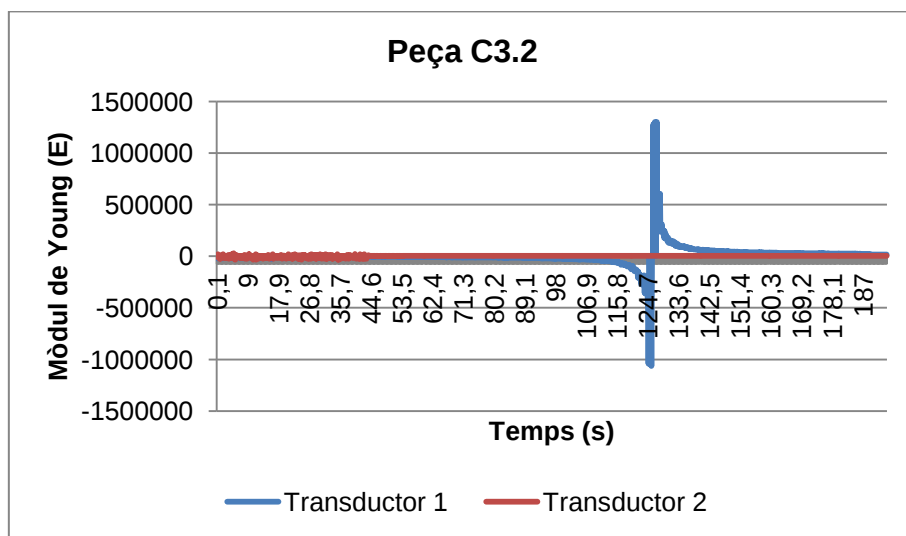
Gràfica 172 Temps – força C3.2

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 173 Temps – desplaçament transductors C3.2

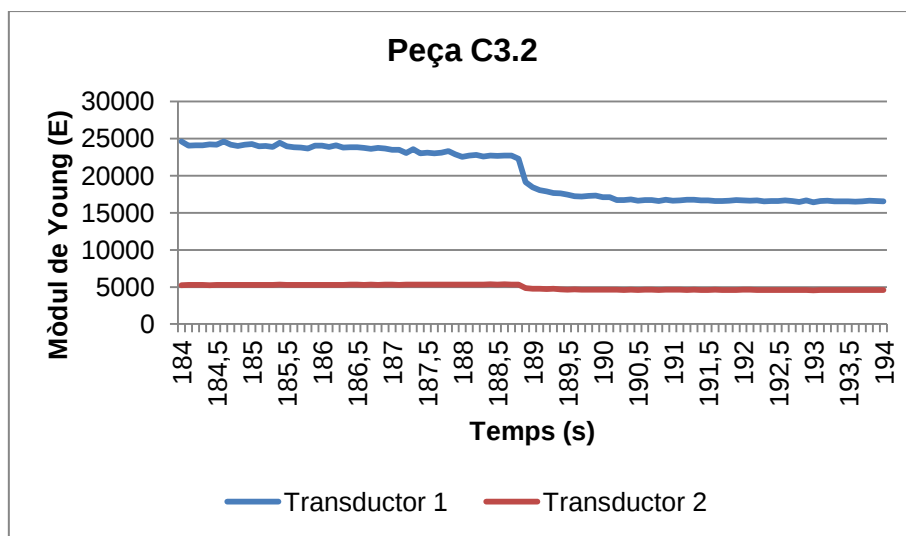
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 174 Temps – mòdul de Young transductors C3.2

5.2.2.32.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 175 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.2

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 20130,13 N/mm²

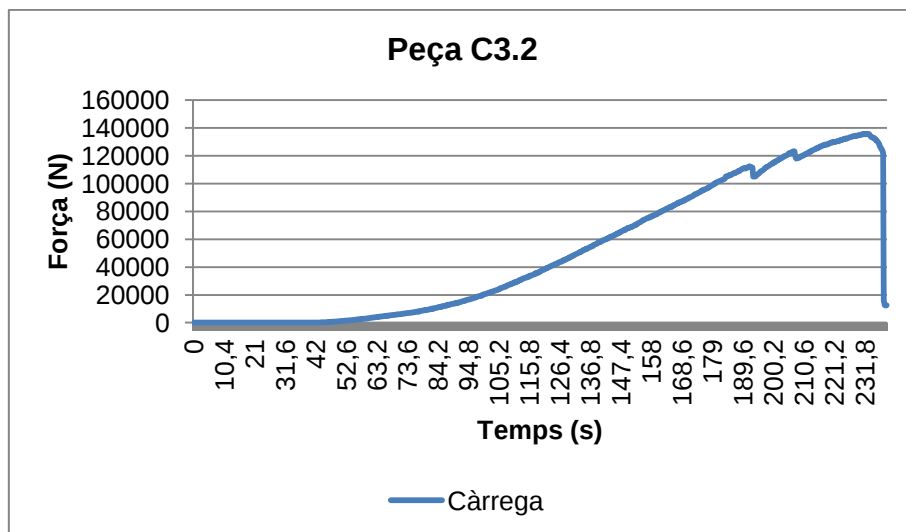
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 4952,55 N/mm²

Mòdul de Young (E) = 12541,34 N/mm²

Dispersió dels resultats = 60,51% Acceptació = No

5.2.2.32.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 176 Temps – força C3.2

Força màxima (N) = 135730,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{135730,00 \text{ N}}{6399,64 \text{ mm}^2} = 21,21 \text{ N/mm}^2$$

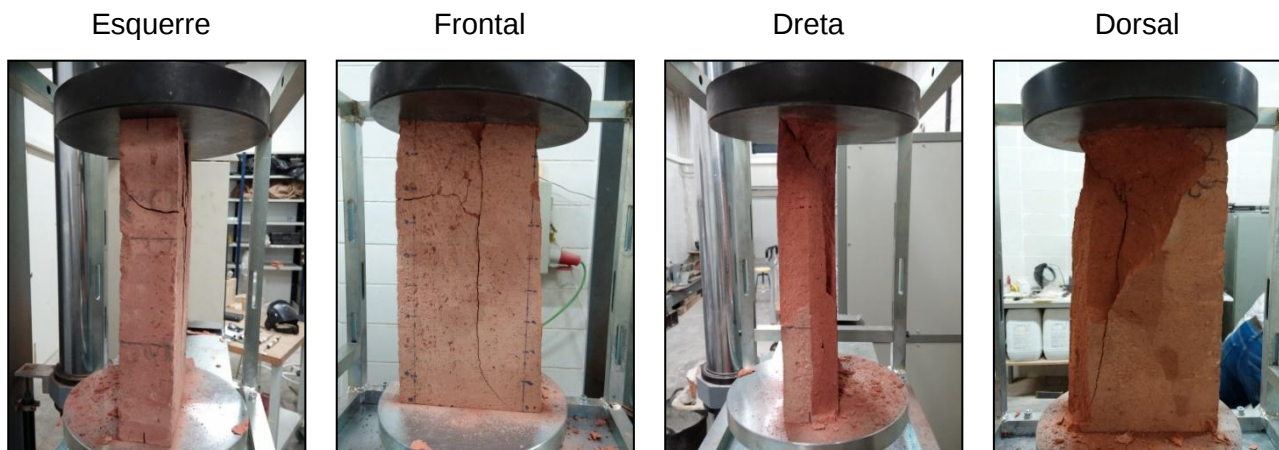
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 21,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 26,62 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.32.4. Patró de trencament



Fotografia 62 Patró trencament C3.2

5.2.2.32.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $12541,34 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $20130,13 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $4952,55 \text{ N/mm}^2$.

No podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 60,51% de dispersió dels resultats, quan el màxim és aproximadament un 40% de dispersió.

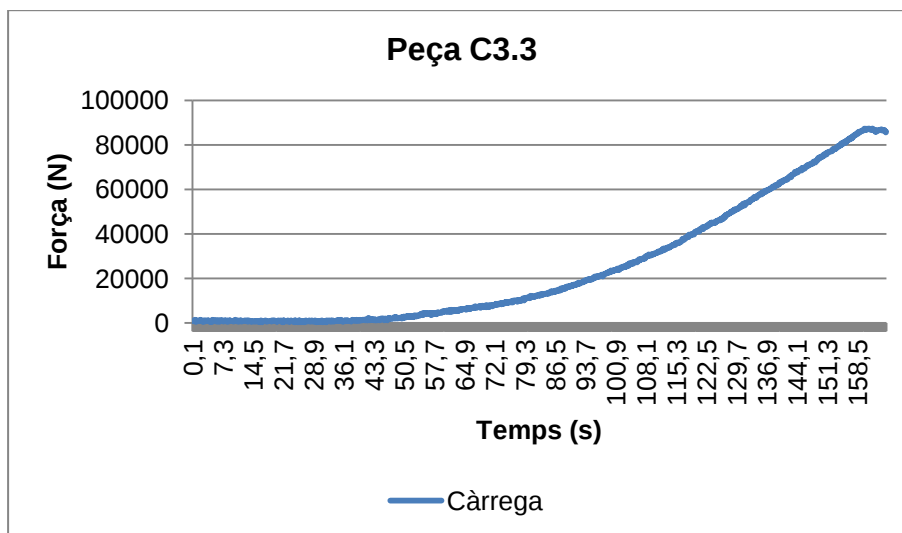
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $13,85 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $21,21 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $26,62 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical a la totalitat de la peça i que es mostra a les cares frontal i dorsal. A la cara dorsal, podem observar que s'ha comprimit el material i que per tant provoca una esquerda horitzontal a la part superior que afecta totes les cares de la peça. També s'ha produït desprendiments de material al lateral dret i a la cara dorsal.

5.2.2.33. Peça C3.3 (Laboratori i 5cm gruix)

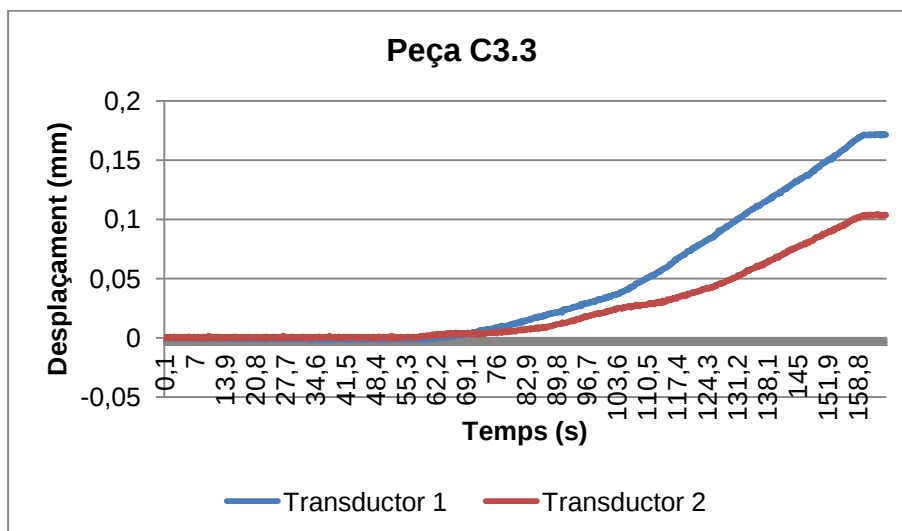
5.2.2.33.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



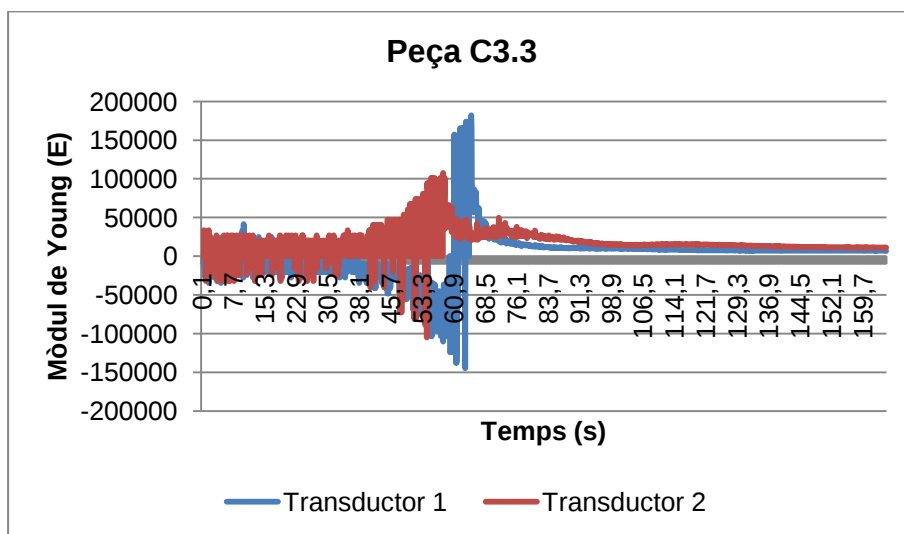
Gràfica 177 Temps – força C3.3

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 178 Temps – desplaçament transductors C3.3

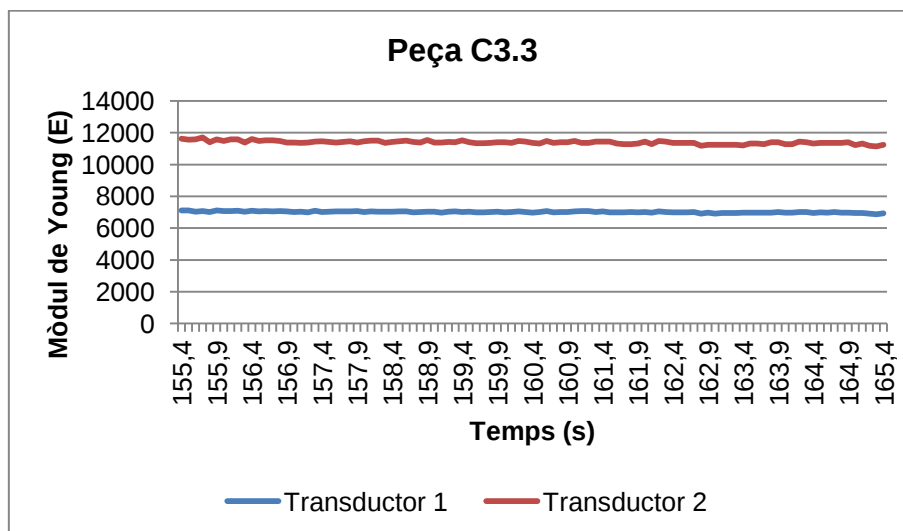
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 179 Temps – mòdul de Young transductors C3.3

5.2.2.33.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 180 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.3

- Càlcul

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 7014,24 \text{ N/mm}^2$$

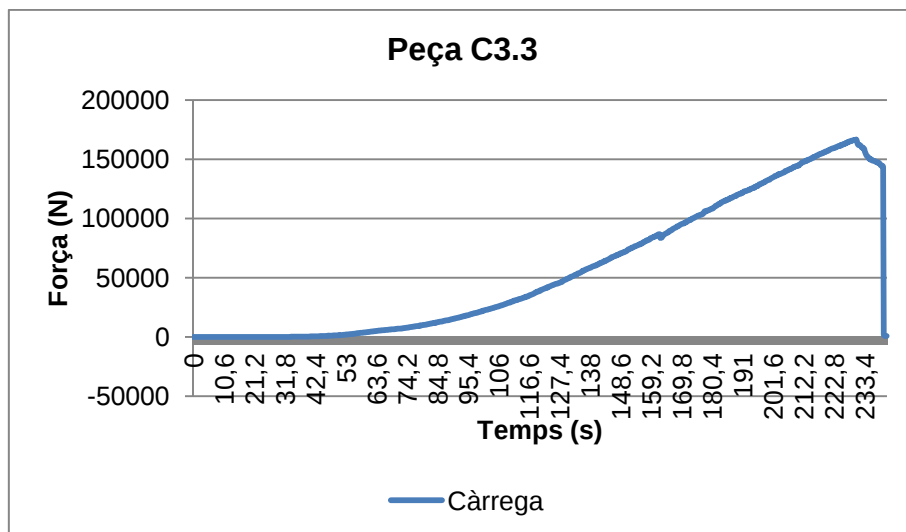
$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 11392,48 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 9203,36 \text{ N/mm}^2$$

Dispersió dels resultats = 23,79% Acceptació = Sí

5.2.2.33.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 181 Temps – força C3.3

Força màxima (N) = 166600,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{166600,00 \text{ N}}{6620,51 \text{ mm}^2} = 25,16 \text{ N/mm}^2$$

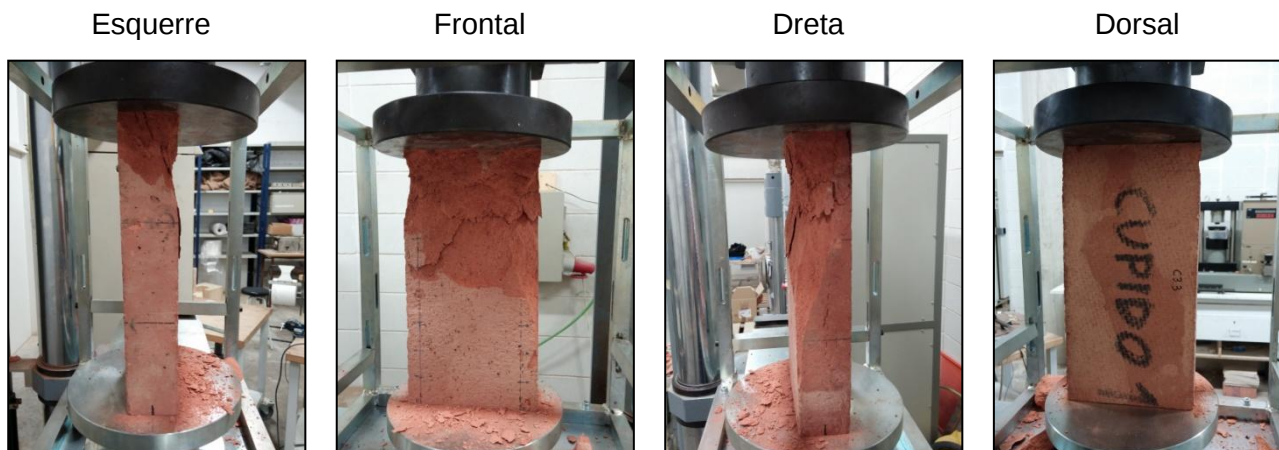
- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 25,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 31,58 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.33.4. Patró de trencament



Fotografia 63 Patró trencament C3.3

5.2.2.33.5. Conclusions parcials

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $9203,36 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $7014,24 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $11392,48 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 23,79% de dispersió de resultats.

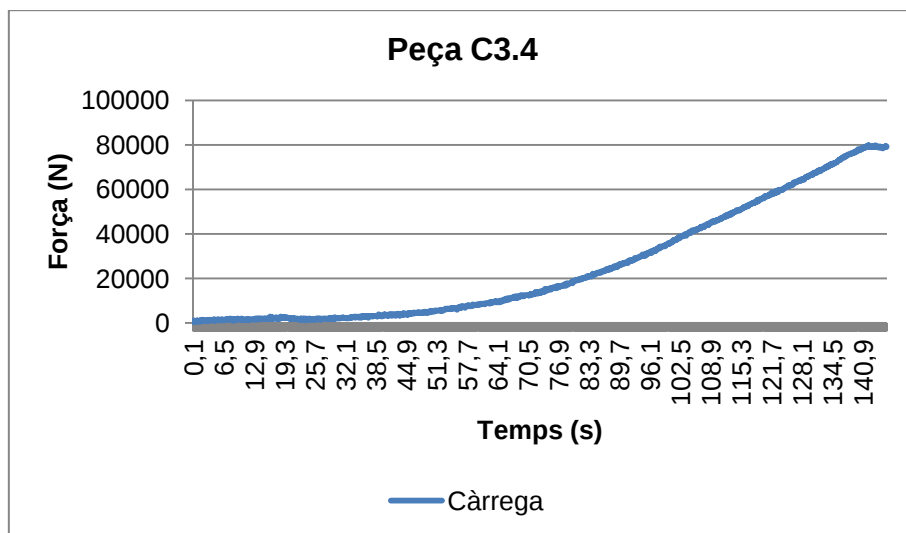
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut 17,00 Tn, la tensió de ruptura de la peça és $25,16 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $31,58 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït compressió de material i una esquerdada horitzontal a la part superior de la cara frontal. Aquesta compressió provoca despreniment de material als dos laterals de la peça.

5.2.2.34. Peça C3.4 (Laboratori i 5cm gruix)

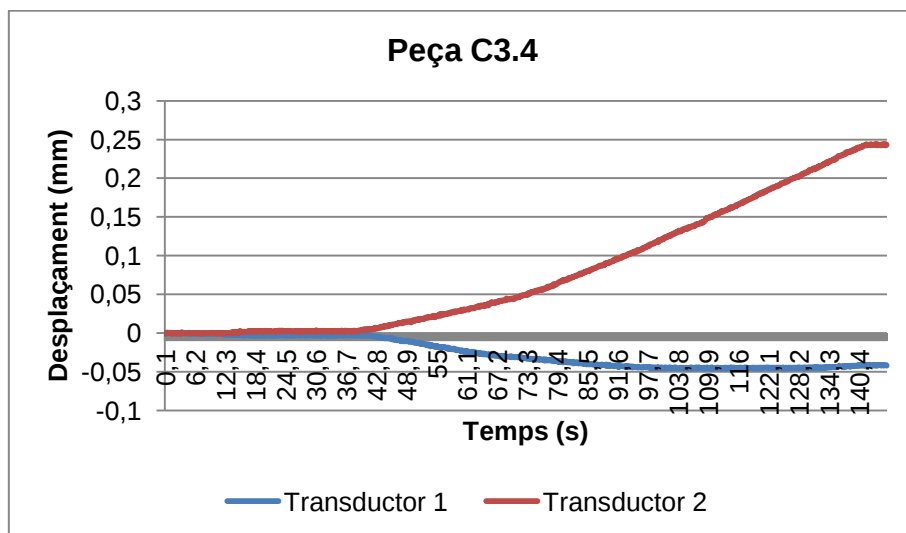
5.2.2.34.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



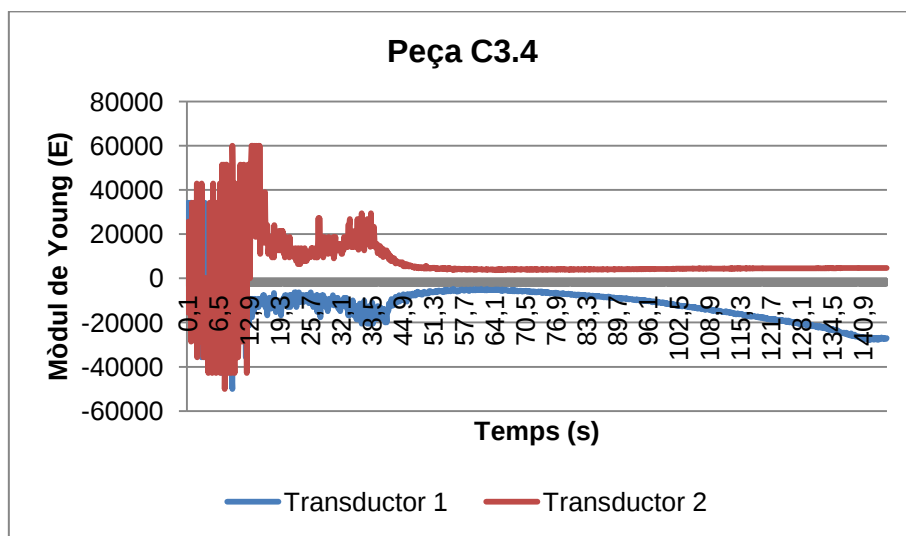
Gràfica 182 Temps – força C3.4

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 183 Temps – desplaçament transductors C3.4

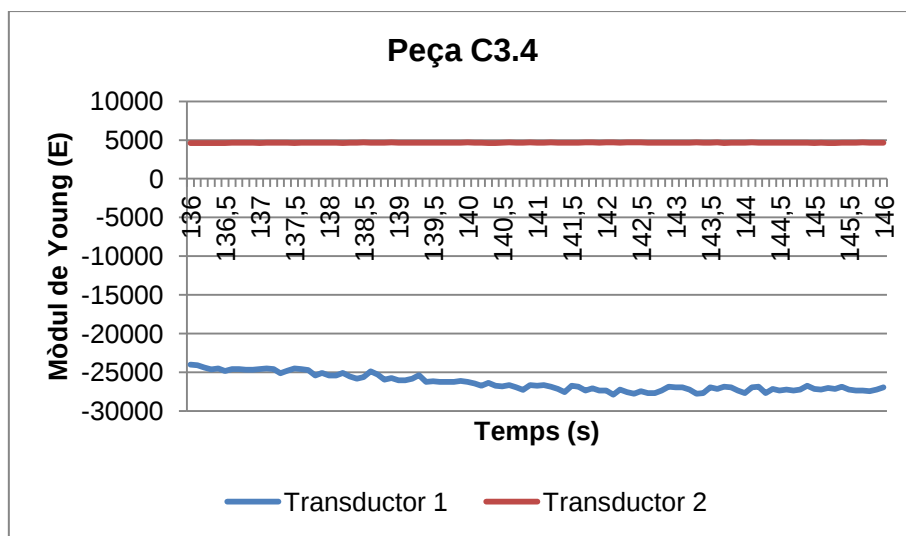
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 184 Temps – mòdul de Young transductors C3.4

5.2.2.34.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 185 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.4

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

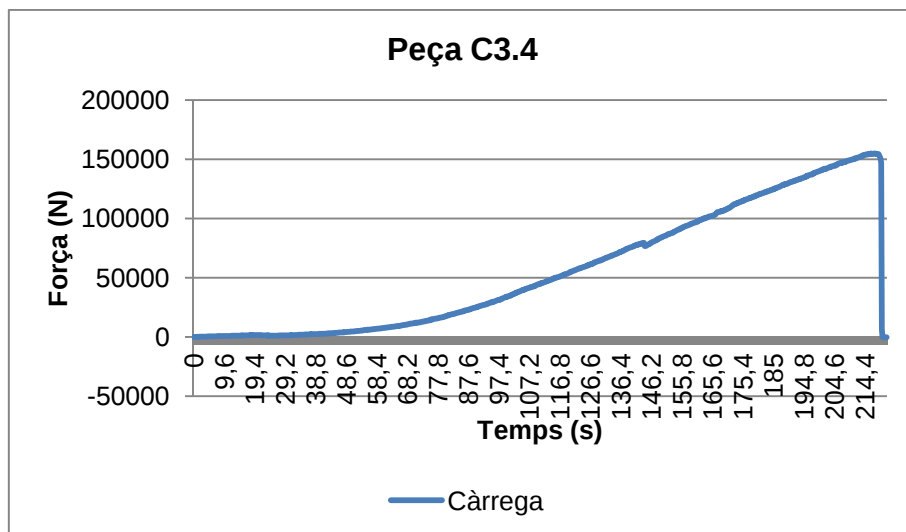
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 4654,01 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

5.2.2.34.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 186 Temps – força C3.4

Força màxima (N) = 154840,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{154840,00 \text{ N}}{6320,03 \text{ mm}^2} = 24,50 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 24,50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 30,75 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.34.4. Patró de trencament

Esquerre



Frontal



Dreta



Dorsal



Fotografia 64 Patró trencament

5.2.2.34.5. Conclusions parcials

No podem extreure un valor del mòdul de Young d'aquesta peça perquè només tenim un dels dos mòduls de Young. Aquest mòdul de Young és $4654,01 \text{ N/mm}^2$ i correspon al transductor 2.

No acceptem cap valor de mòdul de Young d'aquesta peça.

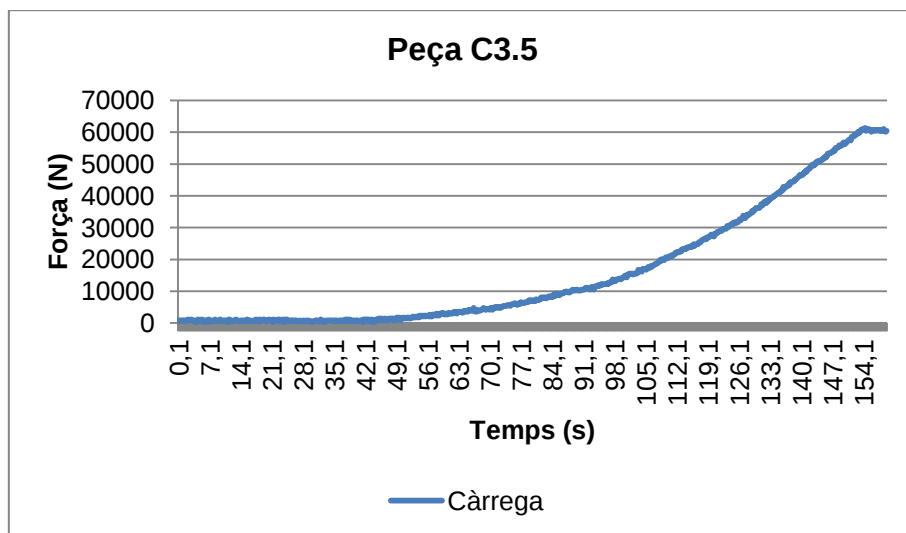
Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $15,80 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $24,50 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $30,75 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una esquerda vertical en el centre de la peça i a la totalitat de la peça de la cara frontal. A la cara dorsal, es pot observar que a la part inferior dreta s'hi ha produït compressió del material i aquesta ha provocat una fissura horitzontal als dos laterals. També, a la cara dorsal, tenim una esquerda vertical a la cantonada dreta.

5.2.2.35. Peça C3.5 (Laboratori i 5cm gruix)

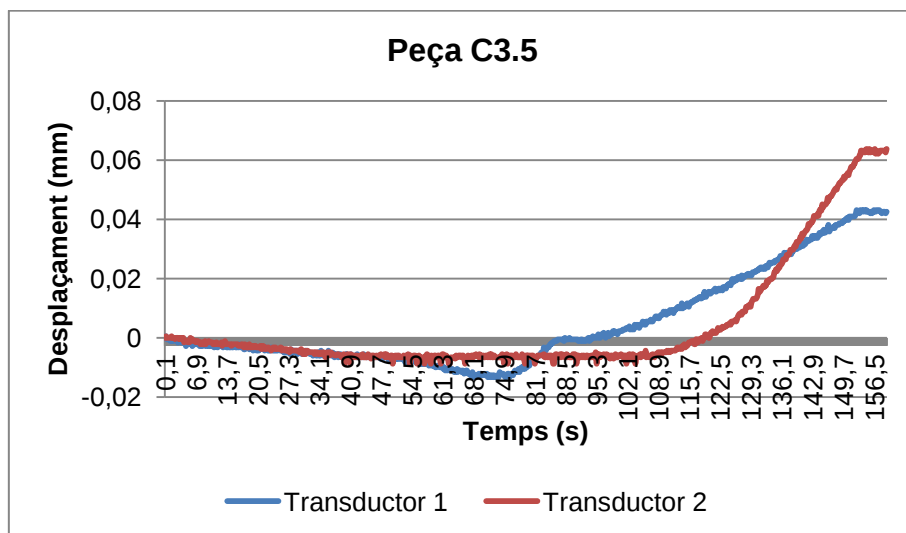
5.2.2.35.1. Dades referents a l'assaig

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



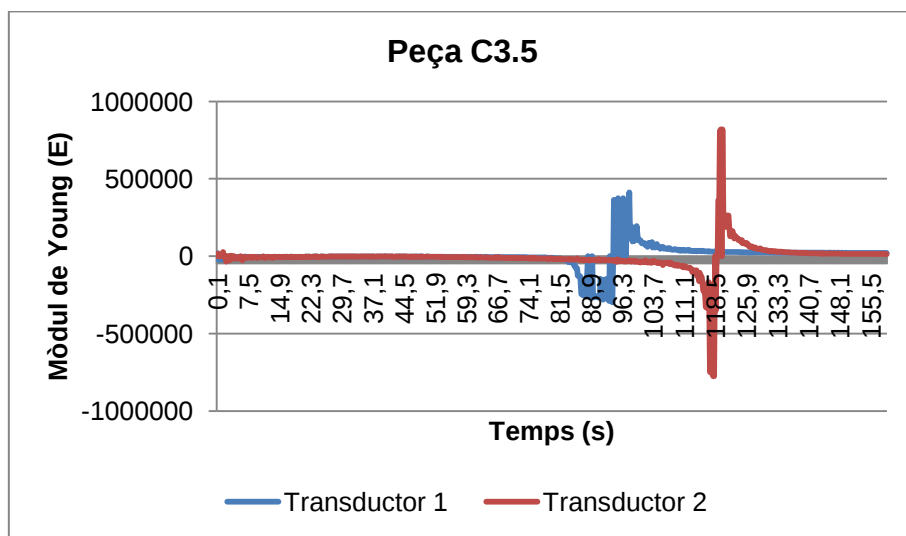
Gràfica 187 Temps – força C3.5

- Gràfica Temps – Desplaçament dels transductors



Gràfica 188 Temps – desplaçament transductors C3.5

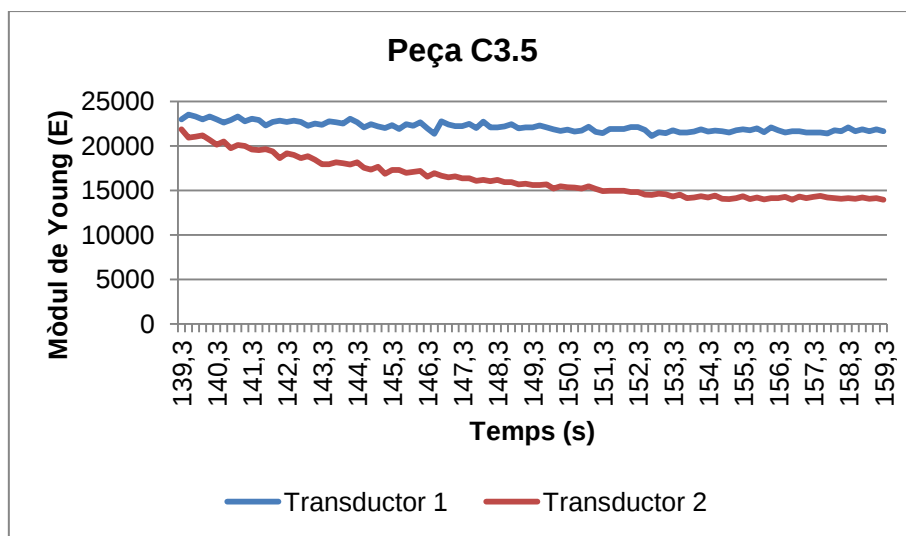
- Gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 189 Temps – mòdul de Young transductors C3.5

5.2.2.35.2. Càlcul del mòdul de Young

- Zoom gràfica Temps – Mòdul de Young dels transductors



Gràfica 190 Zoom temps – mòdul de Young transductors C3.5

- Càlcul

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = 22134,37 N/mm²

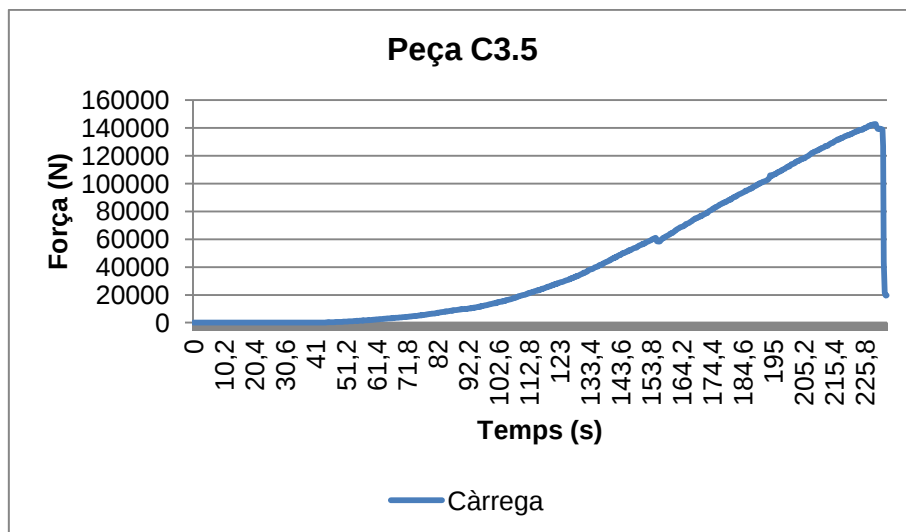
Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 16290,16 N/mm²

Mòdul de Young (E) = **19212,27 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 15,21% Acceptació = Sí

5.2.2.35.3. Càlcul de la tensió de ruptura

- Gràfica Temps – Força aplicada a la peça



Gràfica 191 Temps – força C3.5

Força màxima (N) = 142786,00 N

$$\text{Tensió màxima } (\sigma) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} = \frac{142786,00 \text{ N}}{6219,65 \text{ mm}^2} = 22,96 \text{ N/mm}^2$$

- Càlcul resistència a compressió normalitzada

Factor condicionament previ = 1

Factor forma = 1,255

$$\text{Resistència compressió normalitzada } (\sigma) = 22,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1 \times 1,255 = 28,81 \text{ N/mm}^2$$

5.2.2.35.4. Patró de trencament

Esquerra



Frontal



Dreta



Dorsal

No tenim fotografia

Fotografia 65 Patró trencament C3.5

5.2.2.35.5. Conclusiones parciais

El valor del mòdul de Young d'aquesta peça és $19212,27 \text{ N/mm}^2$. Aquest valor s'ha trobat realitzant la mitjana aritmètica entre els mòduls de Young obtinguts amb els transductors. El mòdul de Young del transductor 1 és $22134,37 \text{ N/mm}^2$ i el mòdul de Young del transductor 2 és $16290,16 \text{ N/mm}^2$.

Podem acceptar aquest valor de mòdul de Young d'aquesta peça perquè tenim un 15,21% de dispersió dels resultats.

Segons la segona gràfica Temps – Força aplicada a la peça, podem observar que la càrrega màxima ha sigut $14,57 \text{ Tn}$, la tensió de ruptura de la peça és $22,96 \text{ N/mm}^2$ i la resistència de compressió normalitzada és $28,81 \text{ N/mm}^2$.

El patró de trencament s'ha produït amb una fissura vertical a la totalitat de les cares dorsal i frontal, i que ha provocat el despeniment de material de tot el lateral dret.

5.2.3. Taules resums del mòdul de Young estàtic

5.2.3.1. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A1

- Ceràmica de Llambilles i 1,8cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça A1.1	11056,62	12992,89	12024,76	✓	8,05%
Peça A1.2	8961,08	29977,60	19469,34	✗	53,97%
Peça A1.3	-	8403,84	-	✗	-
Peça A1.4	5937,86	-	-	✗	-
Peça A1.5	-	8670,32	-	✗	-

Taula 11 Mòdul de Young A1

5.2.3.1.1. Conclusions parcials

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces A1 (ceràmica de Llambilles i de 1,8cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la peça A1.1 és 12024,76 N/mm², ja que té poca dispersió entre els resultats dels transductors i la mitjana d'ells.

Per altra banda no podem dir res de les altres peces, ja que totes han quedat descartades.

5.2.3.2. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A2

- Ceràmica de Llambilles i 3,2cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça A2.1	-	3821,40	-	✗	-
Peça A2.2	16855,73	6648,84	11752,29	✓	43,43%
Peça A2.3	139883,42	5416,49	72649,96	✗	92,54%
Peça A2.4	-	3260,81	-	✗	-
Peça A2.5	-	5835,65	-	✗	-

Taula 12 Mòdul de Young A2

5.2.3.2.1. Conclusions parcials

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces A2 (ceràmica de Llambilles i de 3,2cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la peça A2.2 és $11752,29 \pm 5103,45 \text{ N/mm}^2$. S'ha realitzat l'interval del mòdul de Young estàtic d'aquesta peça perquè tenim un 43,43% de dispersió dels resultats obtinguts amb els transductors.

Per altra banda no podem dir res de les altres peces, ja que totes han quedat descartades.

5.2.3.3. Mòdul de Young estàtic de la família de peces A4

- Ceràmica de Llambilles i 7cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Trans. Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça A4.1	5402,39	8767,50	7084,95	✓	23,75%
Peça A4.2	8934,21	7431,77	8182,99	✓	9,18%
Peça A4.3	34290,15	16411,1	25350,63	✓	35,26%
Peça A4.4	16274,15	48609,02	32441,59	✗	49,84
Peça A4.5	10802,32	10411,75	10607,04	✓	1,84

Peça	E Galga Fe 1 (N/mm ²)	E Galga Fe 2 (N/mm ²)	E G Fe Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça A4.1	-	-	-	-	-
Peça A4.2	-	-	-	-	-
Peça A4.3	-	-	-	-	-
Peça A4.4	-	-	-	-	-
Peça A4.5	17876,97	14508,86	16192,92	✓	10,40%

Peça	E G For 1 (N/mm ²)	E G For 2 (N/mm ²)	E G For Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió	E Peça (N/mm ²)
Peça A4.1	-	-	-	-	-	7084,95
Peça A4.2	-	-	-	-	-	8182,99
Peça A4.3	-	-	-	-	-	25350,63
Peça A4.4	-	-	-	-	-	-
Peça A4.5	17779,26	13388,08	15583,67	✓	14,09%	14127,87

Taula 13 Mòdul de Young A4

5.2.3.3.1. Conclusions parcials

Primer de tot, cal dir que a única peça que s'ha instal·lat galgues és la peça A4.5.

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces A4 (ceràmica de Llambilles i de 7cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la família de peces A4 és $13686,61 \pm 8201,53$ N/mm². S'ha realitzat l'interval del mòdul de Young estàtic d'aquesta peça perquè tenim un 60% de dispersió dels resultats obtinguts amb els transductors i galgues.

També cal destacar la dispersió dels valors obtinguts amb els transductors i amb les galgues. Els valors obtinguts amb els transductors tenen una dispersió entre el 2% i el 35%, mentre que els valors obtinguts amb les galgues tenen una dispersió entre el 10 i el 14%. Per tant, podem assegurar que les galgues instal·lades a la peça A4.5 donen resultats més fiables

5.2.3.4. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B1

- Ceràmica de El Bruc i 1,8cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça B1.1	-	5220,85	-	✗	-
Peça B1.2	-	4450,52	-	✗	-
Peça B1.3	13945,83	7398,69	10672,26	✓	30,67%
Peça B1.4	21023,03	7254,19	14138,61	✗	48,69%
Peça B1.5	16268,27	8485,16	12376,72	✓	31,44%

Taula 14 Mòdul de Young B1

5.2.3.4.1. Conclusions parcials

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces B1 (ceràmica de El Bruc i de 1,8cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la família de peces B1 és $11524,49 \pm 852,23 \text{ N/mm}^2$. Podríem considerar perfectament que el mòdul de Young estàtic del conjunt de peces B1 és $11524,49 \text{ N/mm}^2$, perquè tenim una dispersió dels valors dels transductors del 7,39%.

5.2.3.5. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B2

- Ceràmica de El Bruc i 3,2cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Trans. Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça B2.1	26165,33	8527,54	17346,44	✗	50,84%
Peça B2.2	17900,56	3988,09	10944,33	✗	63,56%
Peça B2.3	-	3261,94	-	✗	-
Peça B2.4	4527,57	-	-	✗	-
Peça B2.5	13592,06	10554,13	12073,10	✓	12,58%

Peça	E Galga Fe 1 (N/mm ²)	E Galga Fe 2 (N/mm ²)	E G Fe Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió	E Peça (N/mm ²)
Peça B2.1	15760,31	10341,56	13050,94	✓	20,76%	13050,94
Peça B2.2	-	-	-	-	-	-
Peça B2.3	-	-	-	-	-	-
Peça B2.4	-	-	-	-	-	-
Peça B2.5	-	-	-	-	-	12073,10

Taula 15 Mòdul de Young B2

5.2.3.5.1. Conclusions parcials

Primer de tot, cal dir que a única peça que s'ha instal·lat galgues és la peça B2.1.

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces B2 (ceràmica de El Bruc i de 3,2cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la

família de peces B2 és $12562,02 \pm 488,92 \text{ N/mm}^2$. Podríem considerar perfectament que el mòdul de Young estàtic del conjunt de peces B2 és $12562,02 \text{ N/mm}^2$, perquè només tenim una dispersió dels valors dels transductors i les galgues del 3,89%.

També cal destacar la dispersió dels valors obtinguts amb els transductors i amb les galgues. Els valors obtinguts amb els transductors tenen una dispersió del 30%, mentre que els valors obtinguts amb les galgues tenen una dispersió del 21%. Per tant, podem assegurar que les galgues instal·lades a la peça B2.1 donen resultats una mica més fiables que els transductors.

5.2.3.6. Mòdul de Young estàtic de la família de peces B3

- Ceràmica de El Bruc i 5cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Trans. Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça B3.1	11411,75	5964,65	8688,20	✓	31,35%
Peça B3.2	10538,08	5595,54	8066,81	✓	30,64%
Peça B3.3	8651,51	6461,84	7556,68	✓	14,49%
Peça B3.4	15505,68	8966,98	12236,33	✓	26,72%
Peça B3.5	5387,41	11576,9	8482,16	✓	36,49%

Peça	E Galga Fe 1 (N/mm ²)	E Galga Fe 2 (N/mm ²)	E G Fe Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça B3.1	-	-	-	-	-
Peça B3.2	-	-	-	-	-
Peça B3.3	-	-	-	-	-
Peça B3.4	-	-	-	-	-
Peça B3.5	10648,21	11885,32	11266,77	✓	5,49%

Peça	E G For 1 (N/mm ²)	E Galga For 2 (N/mm ²)	E G For Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió	E Peça (N/mm ²)
Peça B3.1	-	-	-	-	-	8688,20
Peça B3.2	-	-	-	-	-	8066,81
Peça B3.3	-	-	-	-	-	7556,68
Peça B3.4	-	-	-	-	-	12236,33
Peça B3.5	8174,42	10992,98	9583,70	✓	14,70%	9777,54

Taula 16 Mòdul de Young B3

5.2.3.6.1. Conclusions parcials

Primer de tot, cal dir que a única peça que s'ha instal·lat galgues és la peça B3.5.

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces B3 (ceràmica de Llambilles i de 5cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la família de peces B3 és $9265,11 \pm 909,42$ N/mm². S'ha realitzat l'interval del mòdul de Young estàtic d'aquesta peça perquè tenim un 9,82% de dispersió dels resultats obtinguts amb els transductors i galgues.

També cal destacar la dispersió dels valors obtinguts amb els transductors i amb les galgues. Els valors obtinguts amb els transductors tenen una dispersió entre el 14% i el 36%, mentre que els valors obtinguts amb les galgues tenen una dispersió entre el 5 i el 15%. Per tant, podem assegurar que les galgues instal·lades a la peça B3.5 donen resultats més fiables.

5.2.3.7. Mòdul de Young estàtic de la família de peces C3

- Ceràmica del Laboratori i 5cm de gruix

Peça	E Trans. 1 (N/mm ²)	E Trans. 2 (N/mm ²)	E Peça (N/mm ²)	Acceptació	Dispersió
Peça C3.1	-	2615,57	-	✗	-
Peça C3.2	20130,13	4952,55	12541,34	✗	60,51%
Peça C3.3	7014,24	11392,48	9203,36	✓	23,79%
Peça C3.4	-	4654,01	-	✗	-
Peça C3.5	22134,37	16290,16	19212,27	✓	15,21%

Taula 17 Mòdul de Young C3

5.2.3.7.1. Conclusions parcials

Observant l'anterior taula resum dels mòduls de Young estàtics de la família de peces C3 (ceràmica del Laboratori i de 5cm de gruix), podem afirmar que el mòdul de Young estàtic de la família de peces C3 és $13652,32 \pm 4994,18 \text{ N/mm}^2$. S'ha realitzat l'interval del mòdul de Young estàtic d'aquesta peça perquè tenim un 36,58% de dispersió dels resultats obtinguts.

5.2.4. Taula resum de les tensions de ruptura

A continuació, mostrarem les taules resum de les tensions de ruptura de cada peça.

Aquest apartat, es dividirà amb dos, ja que per les peces de 5cm i 7cm de gruix tenim la resistència a compressió normalitzada. Es determina el valor de la resistència a compressió normalitzada mitjançant la correcció de la tensió màxima. Aquesta correcció depèn del factor del condicionament previ i del factor de forma. El factor del condicionament és 1 per les peces condicionades per secar de l'aire i 1,2 per les peces condicionament per immersió. El factor forma és 1,255 per les peces de 5cm de gruix i 1,209 per les peces de 7cm de gruix.

5.2.4.1. Tensions de ruptura de peces A1, A2, B1 i B2

- A1 = Ceràmica de Llambilles de 1,8cm de gruix
- A2 = Ceràmica de Llambilles de 3,2cm de gruix
- B1 = Ceràmica de El Bruc de 1,8cm de gruix
- B2 = Ceràmica de El Bruc de 3,2cm de gruix

$\sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}$	A1	A2	B1	B2
1	15,24	36,73	34,61	39,38
2	11,02	38,64	31,01	32,41
3	33,86	37,92	33,33	21,92
4	19,34	39,78	28,12	24,80
5	45,84	43,21	31,59	34,99
Mitjana	25,06 N/mm ²	39,26 N/mm ²	31,73 N/mm ²	30,70 N/mm ²
%	56,04 %	6,44 %	11,38 %	28,60 %

Taula 18 Tensió de ruptura

5.2.4.1.1. Conclusions parcials

Podem observar que les tensions de ruptura obtingudes no tenen una gran dispersió, excepte a les peces del conjunt de peces A1 (ceràmica Llambilles de 1,8cm de gruix). Això és causa a què dues de les peces de la família A1 tenen més resistència a compressió i això fa pensar que les peces de la ceràmica de Llambilles no tenen una tensió tan uniforme com la ceràmica de El Bruc.

Mitjançant les anteriors taules de resum del mòdul de Young estàtic i de tensions de ruptura podem establir una relació entre elles. A continuació, mostrarem la fórmula per cada conjunt de peces de quina és la relació entre el mòdul de Young estàtic i la tensió de ruptura.

- Família de peces A1 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = 789,07 \times f_{ck}$
- Família de peces A2 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = 304,15 \times f_{ck}$
- Família de peces B1 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = (355,99 \pm 70,16) \times f_{ck}$
- Família de peces B2 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = (338,22 \pm 13,40) \times f_{ck}$

5.2.4.2. Tensions de ruptura normalitzades de A4, B3 i C3

- A4 = Ceràmica de Llambilles de 7cm de gruix
- B3 = Ceràmica de El Bruc de 5cm de gruix
- C3 = Ceràmica del Laboratori de 5cm de gruix

σ normalitzada (N/mm ²)	A4	B3	C3
1	25,97	32,74	24,66
2	27,63	22,56	26,62
3	73,39	22,53	31,58
4	25,81	29,63	30,75
5	37,26	18,04	28,81
Mitjana	38,01 N/mm ²	25,10 N/mm ²	28,48 N/mm ²
%	32,10 %	28,12 %	13,43 %

Taula 19 Resistència compressió normalitzada

5.2.4.2.1. Conclusions parcials

Observant la taula resum anterior, podem concloure que les tensions de ruptura obtingudes no tenen una gran dispersió. Analitzat detalladament els valors, podem observar que la peça A4.3 té una gran dispersió respecte a les altres i aquesta fa distorsionar la mitjana, i això fa pensar que les peces de la ceràmica de Llambilles no tenen una tensió tan uniforme com la ceràmica de El Bruc.

Mitjançant les anteriors taules de resum del mòdul de Young estàtic i de tensions de ruptura podem establir una relació entre elles. A continuació, mostrarem la fórmula per cada conjunt de peces de quina és la relació entre el mòdul de Young estàtic i la tensió de ruptura.

- Família de peces A4 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = (323,40 \pm 46,99) \times f_{ck}$
- Família de peces B3 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = (382,63 \pm 90,76) \times f_{ck}$
- Família de peces C3 $\rightarrow E_{\text{estàtica}} = (476,47 \pm 212,47) \times f_{ck}$

5.3. Expressió de les freqüències teòriques

Aquest apartat s'ha organitzat amb tres punts, cada punt correspon a una peça. Dins de cada peça trobarem la taula de freqüències teòriques trobades i unes conclusions parcials.

Com ja es va explicar en el procediment, només analitzarem els dos primer modes de les freqüències teòriques trobades, per tal d'evitar de multiplicar l'error.

Dins de la columna del primer i segon mode, es podrà observar dues freqüències teòriques en negreta i això voldrà dir que dins d'aquest interval teòric tenim la freqüència experimental. Un cop ja tenim l'interval de freqüències teòriques, ja podem saber quin és l'interval de mòdul de Young dinàmic.

Una de les conclusions que podrem extreure serà quina relació tenen el mòdul de Young estàtic amb el dinàmic.

5.3.1. Peça A4.5

- Ceràmica de Llambilles i de 7cm de gruix

Mòdul de Young Dinàmic (N/m ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
11867410800.00	2355.37	2509.57	3517.22	4973.02	5247.58
12432525600.00	2410.80	2568.63	3599.99	5090.05	5371.07
12997640400.00	2464.98	2626.36	3680.90	5204.45	5491.78
13562755200.00	2518.00	2682.84	3760.07	5316.39	5609.90
14127870000.00	2569.92	2738.17	3837.60	5426.02	5725.58
14692984800.00	2620.82	2792.39	3913.60	5533.47	5838.97
15258099600.00	2670.74	2845.59	3988.15	5638.88	5950.20
15823214400.00	2719.75	2897.80	4061.33	5742.35	6059.38
16388329200.00	2767.89	2949.10	4133.22	5844.00	6166.64
16953444000.00	2815.21	2999.51	4203.88	5943.90	6272.06

Taula 20 Freqüències teòriques A4.5

5.3.1.1. Conclusions parcials

Després d'analitzar els resultats de freqüències dinàmiques, podem observar que el mode 1 és 2487,22 Hz i que el mode 2 és 2654,83 Hz.

Un cop tenim les freqüències experimentals dinàmiques definides, ja podem saber en quin interval de freqüències teòriques ens trobem i és que en el mode 1 estem entre 2464,98 Hz i 2518,00 Hz, i en el mode 2 estem entre 2626,36 Hz i 2682,84 Hz.

En conseqüència, això vol dir que ens trobem dins de l'interval de mòdul de Young dinàmic entre 12997,64 N/mm² i 13562,76 N/mm², i per tant, tenim un mòdul de Young dinàmic de 13280,20 N/mm².

El mòdul de Young estàtic d'aquesta peça és 14127,87 N/mm². Això vol dir que la relació entre el mòdul de Young estàtic és 1,064 més gran que el mòdul de Young dinàmic.

$$E_{\text{dinàmica}} = 13280,20 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 14127,87 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 1,064 \times E_{\text{dinàmica}}$$

5.3.2. Peça B2.1

- Ceràmica de El Bruc i de 3,2cm de gruix

Mòdul de Young Dinàmic (N/m ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
10962789600.00	1048.39	1222.34	2603.94	2766.61	3846.88
11484827200.00	1073.06	1251.10	2665.22	2831.71	3937.41
12006864800.00	1097.18	1279.22	2725.12	2895.36	4025.90
12528902400.00	1120.77	1306.73	2783.73	2957.63	4112.49
13050940000.00	1143.89	1333.68	2841.13	3018.62	4197.29
13572977600.00	1166.54	1360.09	2897.40	3078.40	4280.42
14095015200.00	1188.76	1386.00	2952.59	3137.04	4361.96
14617052800.00	1210.57	1411.43	3006.77	3194.60	4442.00
15139090400.00	1232.00	1436.42	3059.99	3251.15	4520.62
15661128000.00	1253.06	1460.97	3112.31	3306.73	4597.91

Taula 21 Freqüències teòriques B2.1

5.3.2.1. Conclusions parcials

Després d'analitzar els resultats de freqüències dinàmiques, podem observar que el mode 1 és 1071,66 Hz i que el mode 2 és 1244,87 Hz.

Un cop tenim les freqüències experimentals dinàmiques definides, ja podem saber en quin interval de freqüències teòriques ens trobem i és que en el mode 1 estem entre 1048,39 Hz i 1073,06 Hz, i en el mode 2 estem entre 1222,34 Hz i 1251,10 Hz.

En conseqüència, això vol dir que ens trobem dins de l'interval de mòdul de Young dinàmic entre 10962,79 N/mm² i 11484,83 N/mm², i per tant, tenim un mòdul de Young dinàmic d' 11223,81 N/mm².

El mòdul de Young estàtic d'aquesta peça és 13050,94 N/mm². Això vol dir que la relació entre el mòdul de Young estàtic és 1,163 més gran que el mòdul de Young dinàmic.

$$E_{\text{dinàmica}} = 11223,81 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 13050,94 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 1,163 \times E_{\text{dinàmica}}$$

5.3.3. Peça B3.5

- Ceràmica de El Bruc i de 5cm de gruix

Mòdul de Young Dinàmic (N/m ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
8213133600.00	1651.58	1756.06	3253.23	3587.36	4712.69
8604235200.00	1690.44	1797.38	3329.78	3671.78	4823.59
8995336800.00	1728.44	1837.78	3404.62	3754.30	4932.00
9386438400.00	1765.61	1877.30	3477.85	3835.05	5038.07
9777540000.00	1802.02	1916.01	3549.56	3914.13	5141.96
10168641600.00	1837.71	1953.96	3619.86	3991.65	5243.79
10559743200.00	1872.71	1991.18	3688.81	4067.69	5343.68
10950844800.00	1907.08	2027.72	3756.50	4142.33	5441.74
11341946400.00	1940.83	2063.61	3822.99	4215.65	5538.06
11733048000.00	1974.01	2098.89	3888.35	4287.72	5632.74

Taula 22 Freqüències teòriques C3.5

5.3.3.1. Conclusions parcials

Després d'analitzar els resultats de freqüències dinàmiques, podem observar que el mode 1 és 1670,04 Hz i que el mode 2 és 1856,08 Hz.

Un cop tenim les freqüències experimentals dinàmiques definides, ja podem saber en quin interval de freqüències teòriques ens trobem i és que en el mode 1 estem entre 1651,58 Hz i 1690,44 Hz, i en el mode 2 estem entre 1837,78 Hz i 1877,30 Hz.

En conseqüència, això vol dir que ens trobem dins de l'interval de mòdul de Young dinàmic entre 8213,13 N/mm² i 9386,44 N/mm², i per tant, tenim un mòdul de Young dinàmic de 8799,79 N/mm².

El mòdul de Young estàtic d'aquesta peça és 9777,54 N/mm². Això vol dir que la relació entre el mòdul de Young estàtic és 1,111 més gran que el mòdul de Young dinàmic.

$$E_{\text{dinàmica}} = 11223,81 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 13050,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{E_{estàtica} = 1,111 \times E_{\text{dinàmica}}}$$

6. CONCLUSIONS

Abans de començar a explicar les conclusions del treball, es realitzarà un petit recordatori dels objectius principals, i són la determinació del mòdul de Young dinàmic amb un assaig per vibració de les peces ceràmiques, la determinació del mòdul de Young estàtic mitjançant un assaig destructiu i intentar establir una correlació entre els dos mòduls de Young.

Estructurarem les conclusions finals d'aquest treball final de grau amb quatre apartats, les conclusions dels resultats de mòdul de Young estàtic i la seva relació amb la tensió de ruptura, les conclusions dels valors del mòdul de Young dinàmic i la seva relació amb el mòdul de Young estàtic, les conclusions de les pautes de ruptura i finalment una conclusió sobre el sistema de transductors.

Un cop analitzades les dades del mòdul de Young estàtic podem concloure que si valorem que les peces individualment tenen un valor de mòdul de Young estàtic entre 7000 N/mm² a 19000 N/mm², però si valorem les mitjanes del mòdul de Young per cada família de peces trobem que estan entre 9000 N/mm² i 13000 N/mm².

Una de les altres conclusions que podem extreure de les dades obtingudes del mòdul de Young estàtic és que la majoria de valors obtinguts amb galgues tenen menys dispersió dels resultats, entre un 6% i un 20%, quan la dispersió de resultats dels transductors està entre el 2% i el 40%, per tant això ens fa pensar que s'hauria d'aplicar un factor corrector als valors obtinguts dels transductors per tal de disminuir aquesta dispersió.

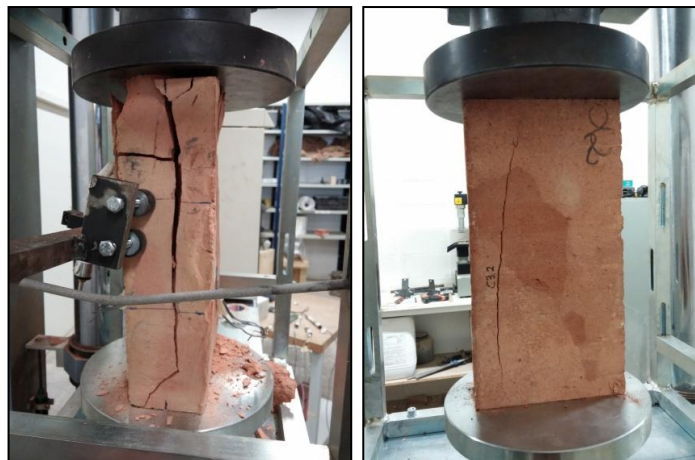
Un dels altres aspectes tractats en relació amb el mòdul de Young estàtic ha sigut la seva relació amb la tensió de ruptura. Després d'analitzar i avaluar les dades, podem concloure que el mòdul de Young és 424,28 vegades més gran que la resistència a compressió de la peça, sempre tenint un marge de confiança del 29,75%. A continuació, s'adjunta la fórmula on es compleix aquesta relació.

$$E_{\text{estàtica}} = (424,28 \pm 126,24) \times f_{ck}$$

També cal dir que les tensions de ruptures es mantenen bastant uniformes a les peces ceràmiques de El Bruc i a les del Laboratori respecte a les peces de Llambilles.

Un cop tenim les peces trencades, vam observar el seu patró de ruptura i es pot concloure que la majoria de peces pateixen sempre una de les dues patologies següents. Una d'aquestes patologies és l'aparició d'una fissura o esquerda vertical en la totalitat de la peça i majoritàriament a les cares frontals i dorsals. També es van observar peces on aquesta fissura o esquerda es

produïen als laterals, sobretot a les peces de major gruix. A continuació mostrarem una fotografia on es podrà observar aquesta patologia.



Fotografia 66 Esquerda/Fissura vertical

L'altra patologia és l'aparició de compressió del material a les zones superiors i inferiors de la peça. Aquest problema no es va mostrar a totes les peces, però a les peces que es va mostrar aquesta patologia anava acompanyada sempre per una esquerda o fissura horitzontal i desprendiment del material de la zona. A continuació mostrarem una fotografia on es podrà observar aquesta patologia.



Fotografia 67 Compressió del material

Per tal d'acabar les conclusions del mòdul de Young estàtic, es realitzarà una comparació amb els valors trobats a l'estat del coneixement. Recordem que l'investigador Page va trobar que el mòdul de Young estava entre 3000 i 5000 N/mm² i que l'investigador Dhanasekar va trobar valors entre 7000 i 12000 N/mm². Cal dir que els valors trobats pels dos investigadors van ser de fa més de trenta anys i que es desconeix la metodologia utilitzada, però els valors de l'investigador Dhanasekar són totalment correctes i vàlids amb comparació els nostres.

En respecte als valors trobats de les freqüències dinàmiques podem concloure que la majoria de freqüències segueixen el mateix patró poli-lineal i que s'han descartat aquelles freqüències que distorsionaven el conjunt.

Un dels altres objectius és intentar trobar una relació entre el mòdul de Young dinàmic i el mòdul de Young estàtic. Aquesta relació només s'ha avaluat de tres peces però podem establir que el mòdul de Young estàtic és 1,113 més gran que el mòdul de Young dinàmic, sempre tenint un marge de confiança del 5%. A continuació, s'adjunta la fórmula on es compleix aquesta relació.

$$E_{\text{estàtica}} = (1,113 \pm 0,05) \times E_{\text{dinàmica}}$$

Finalment, l'última conclusió és que el sistema utilitzat per la fixació dels transductors, és sistema on el factor humà influeix bastant i es poden produir errors. Fent uns petits càlculs, podem observar que si en una lectura no ens equivoquem d'un mil·límetre, el valor del mòdul de Young pot arribar a variar fins a un 5%. Per tant, s'hauria de dissenyar un sistema on es disminuís la presència del factor humà i així poder evitar aquests possibles errors.

7. FUTURS TREBALLS D'INVESTIGACIÓ

Es proposa com a futurs treballs d'investigació:

- Realització d'una campanya de mostres més extensa i de més variació de fabricants per tal d'aconseguir els mateixos objectius.
- Augmentar el nombre de galgues instal·lades a les peces.
- Intentar establir el factor corrector pels valors estàtics obtinguts amb transductors.
- Dissenyar un sistema de fixació de la peça i dels transductors més específic per peces de poc gruix, pensat per les peces que s'utilitzen per construir la volta catalana.

8. BIBLIOGRAFIA

Bibliografia realitzada segons criteris de l'Escola de Disseny i Enginyeria ELISAVA.

Normativa

- UNE-EN 771-1. *Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.*
- UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*
- UNE-EN 772-13. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 13: Determinación de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fábrica de albañilería (excepto piedra natural).*
- UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

Articles de revista

- A. Mockovčiaková, B. Pandula. 2003. "Study of relation between the static and dynamic moduli of rocks". *Metalurgija*, núm. 42, p. 37-39.
- A. Rolando. 2006. "Resistencia característica a compresión de una fábrica de ladrillo en función de la resistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea". *Materiales de Construcción*, núm. 56, p. 91-98.
- Arrufat, Francisco Tomás; Novick, Uriel Sebastián; Frigerio, María Paz; Sardelli, Gastón. 2011. "Determinación de Módulos de Young". *Universidad Favaloro, Facultad de Ingeniería*, p. 1-8.
- Igor Štubňa, Anton Trínk, Peter Šin, Radomír Sokolář, Igor Medved. 2011. "Relationship between mechanical strenght and young's modulus in traditional ceramics". *Materials and technology*, núm. 45, p. 375-378.
- J.M. Nichols, Y.Z. Totoev. "Experimental determination of the dynamic Modulus of Elasticity of masonry units", p. 1-7.
- M.E. Maciá, A. Rolando. 2013. "Variación del módulo de Young de un elemento de fábrica de ladrillo sometido a altas temperaturas". *Materiales de Construcción*, núm. 63, p. 105-116.

Llocs web

- *Com fer una bibliografia* [en línia]. Barcelona, ELISAVA. [Consulta: 14 de Maig del 2014]. Disponible a: <http://www.elisava.net/ca/biblioteca/recursos-dinformacio/com-fer-una-bibliografia>
- Mòdul d'elasticitat [en línia]. Viquipèdia. [Consulta: 24 de Maig del 2014]. Disponible a: http://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%B2dul_d'elasticitat

Projectes Finals de Carrera

- Pérez Gustà, Ester; Mallorquin Gayubo, Alba. 2012. "Caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa". *Universitat de Girona. Escola Politècnica Superior. Treball final de carrera*, p. 1-114. (inèdit)

9. ANNEXOS

9.1 Fitxes de les peces per introduir a ANSYS

```

FINISH
/CLEAR
/DELETE, values_MOSTRA, txt

/TITLE, SENSIBILITY ANALYSIS: SPECIMEN / ELASTIC / GENERIC CASE
!(analisi modal d'una peça de 1000x280x40)
!CAS RECOLZAMENT SIMPLE A L'EXTREM

! *****
!
!   DEFINE PARAMETERS: system variables
!
! ***** begin of loop variables *****
*SET, YOUNGINIC, 11302296000           ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INIT VALUE
*SET, YOUNGEND, 16953444000           ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) FINAL VALUE
*SET, YOUNGSTEP, 565114800           ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INCREMENT
! ***** end of loop variables *****

*SET, DENSITY, 1501                   ! maximum density of material (which is
in fact related to mass)
*SET, THICKN, 0.069                   ! define parameter for Thickness (m)
*SET, DIMX, 0.136
*SET, DIMZ, 0.266
*SET, LOAD, -1                       ! maximum load

/PREP7

ET, 1, SHELL181                       ! Shell element
KEYOPT, 1, 3, 2                       ! Key option values; element type: 1 key
option 3: value: 2
KEYOPT, 1, 8, 2                       ! Key option values; element type: 1 key
option 8: value: 2

R, 1, THICKN, 0, 0, 0, 0, 0,          ! Thickness element

MP, PRXY, 1, 0.25                     ! Poisson ratio
MP, DENS, 1, 1500                     ! Density (Kg/m3)
ACEL, 0, -1, 0,                      ! Gravity axe definition

! *****
! GEOMETRY
! *****

K, 1, 0.00, 0.00, 0.00,              ! Define Keypoints
K, 2, DIMX, 0.00, 0.00,
K, 3, 0.00, 0.00, DIMZ,
K, 4, DIMX, 0.00, DIMZ,

L, 1, 2                               ! Define Lines
L, 1, 3
L, 3, 4
L, 2, 4
AL, ALL                               ! area definition

```

```

MSHKEY,1                                ! Define mapped mesh
MSHAPE,0,2D                             ! Mesh using quadrilateral and 2D elements
LESIZE,1,,5,,,,,,,,1                   ! Divide Lines
LESIZE,2,,18,,,,,,,,1

AMESH,ALL

/VIEW,1,1,1,1
/ANG,1
/REP,FAST

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28
! NSEL,A,NODE,,27
! NSEL,A,NODE,,26
! NSEL,A,NODE,,25
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,UZ,,,,,,,,

! NSEL,A,NODE,,6                        ! second line of supports
! NSEL,A,NODE,,5
! NSEL,A,NODE,,4
! NSEL,A,NODE,,3
! NSEL,A,NODE,,2
! NSEL,A,NODE,,1
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,,,,,,,,

! NSEL, ALL

PLOT

/UI,MESH,OFF
FINISH

! *****
! FIRST LOOP
! *****

!Start FIRST loop

*do,YOUNGM,YOUNGINIC,YOUNGEND,YOUNGSTP
    /PREP7

MP,EX,1,YOUNGM                          ! Young's modulus
(N/m2)
FINISH

/SOLU
CSYS,0
ANTYPE,STATIC                           ! Static analysis
PSTRES,ON                               ! Calculate prestress effects

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28

```

```

! NSEL, A, NODE, , 27
! NSEL, A, NODE, , 26
! NSEL, A, NODE, , 25
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

! NSEL, A, NODE, , 6
! NSEL, A, NODE, , 5
! NSEL, A, NODE, , 4
! NSEL, A, NODE, , 3
! NSEL, A, NODE, , 2
! NSEL, A, NODE, , 1
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

NSEL, ALL

! NSEL, S, NODE, , 1, 225
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD

SOLVE
FINISH

/SOLU
ANTYPE, 2
PSTRES, ON
MODEOPT, SUBSP, 15, , , OFF, ON
extract 15 modes and unity-normalized modes
EQSLV, FRONT
MXPAND, 15
SOLVE
! FINISH

! *GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
! *GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 4, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 5, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 6, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 7, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 8, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 9, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 10, FREQ

! *****
! FILE GENERATION
! values.txt. (results file)
! *****

*CFOPEN, mostra_A4.5, txt, , append
*GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
*GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ

```

```

*GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
*GET, FREQ4, MODE, 4, FREQ
*GET, FREQ5, MODE, 5, FREQ
*GET, FREQ6, MODE, 6, FREQ
*GET, FREQ7, MODE, 7, FREQ
*GET, FREQ8, MODE, 8, FREQ
*GET, FREQ9, MODE, 9, FREQ
*GET, FREQ10, MODE, 10, FREQ
*GET, FREQ11, MODE, 11, FREQ
*GET, FREQ12, MODE, 12, FREQ
*GET, FREQ13, MODE, 13, FREQ
*GET, FREQ14, MODE, 14, FREQ
*GET, FREQ15, MODE, 15, FREQ
! FINISH

```

```

*VWRITE, YOUNGM, FREQ1, FREQ2, FREQ3, FREQ4, FREQ5, FREQ6, FREQ7, FREQ8, FREQ9, FREQ10, FREQ11, FREQ12,
FREQ13, FREQ14, FREQ15
(F14.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
*CFCL0S
! close the log file

```

```

/ANG, 1

```

```

/POST1
SET, LIST

```

```

*ENDD0
! *CFCL0S
! end loop for SPRING STIFFNESS

```

```

FINISH
/CLEAR
/DELETE, values_MOSTRA, txt

/TITLE, SENSIBILITY ANALYSIS: SPECIMEN / ELASTIC / GENERIC CASE
!(analisi modal d'una peça de 1000x280x40)
!CAS RECOLZAMENT SIMPLE A L'EXTREM

! *****
!
!   DEFINE PARAMETERS: system variables
!
! ***** begin of loop variables *****
*SET, YOUNGINIC, 10440752000      ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INIT VALUE
*SET, YOUNGEND, 15661128000      ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) FINAL VALUE
*SET, YOUNGSTP, 522037600        ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INCREMENT
! ***** end of loop variables *****

*SET, DENSITY, 1501              ! maximum density of material (which is
in fact related to mass)
*SET, THICKN, 0.026              ! define parameter for Thickness (m)
*SET, DIMX, 0.134
*SET, DIMZ, 0.259
*SET, LOAD, -1                  ! maximum load

/PREP7

ET, 1, SHELL181                  ! Shell element
KEYOPT, 1, 3, 2                  ! Key option values; element type: 1 key
option 3: value: 2
KEYOPT, 1, 8, 2                  ! Key option values; element type: 1 key
option 8: value: 2

R, 1, THICKN, 0, 0, 0, 0, 0,     ! Thickness element

MP, PRXY, 1, 0.25                ! Poisson ratio
MP, DENS, 1, 1500                ! Density (Kg/m3)
ACEL, 0, -1, 0,                 ! Gravity axe definition

! *****
! GEOMETRY
! *****

K, 1, 0.00, 0.00, 0.00,         ! Define Keypoints
K, 2, DIMX, 0.00, 0.00,
K, 3, 0.00, 0.00, DIMZ,
K, 4, DIMX, 0.00, DIMZ,

L, 1, 2                          ! Define Lines
L, 1, 3
L, 3, 4
L, 2, 4
AL, ALL                          ! area definition

```

```

MSHKEY,1                                ! Define mapped mesh
MSHAPE,0,2D                             ! Mesh using quadrilateral and 2D elements
LESIZE,1,,5,,,,,,,,1                   ! Divide Lines
LESIZE,2,,18,,,,,,,,1

AMESH,ALL

/VIEW,1,1,1,1
/ANG,1
/REP,FAST

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28
! NSEL,A,NODE,,27
! NSEL,A,NODE,,26
! NSEL,A,NODE,,25
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,UZ,,

! NSEL,A,NODE,,6                        ! second line of supports
! NSEL,A,NODE,,5
! NSEL,A,NODE,,4
! NSEL,A,NODE,,3
! NSEL,A,NODE,,2
! NSEL,A,NODE,,1
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,,

! NSEL, ALL

PLOT

/UI,MESH,OFF
FINISH

! *****
! FIRST LOOP
! *****

!Start FIRST loop

*do,YOUNGM,YOUNGINIC,YOUNGEND,YOUNGSTP
    /PREP7

MP,EX,1,YOUNGM                         ! Young's modulus
(N/m2)
FINISH

/SOLU
CSYS,0
ANTYPE,STATIC                          ! Static analysis
PSTRES,ON                              ! Calculate prestress effects

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28

```

```

! NSEL, A, NODE, , 27
! NSEL, A, NODE, , 26
! NSEL, A, NODE, , 25
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

! NSEL, A, NODE, , 6
! NSEL, A, NODE, , 5
! NSEL, A, NODE, , 4
! NSEL, A, NODE, , 3
! NSEL, A, NODE, , 2
! NSEL, A, NODE, , 1
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

NSEL, ALL

! NSEL, S, NODE, , 1, 225
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD

SOLVE
FINISH

/SOLU
ANTYPE, 2
PSTRES, ON
MODEOPT, SUBSP, 15, , , OFF, ON
extract 15 modes and unity-normalized modes
EQSLV, FRONT
MXPAND, 15
SOLVE
! FINISH

! *GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
! *GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 4, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 5, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 6, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 7, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 8, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 9, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 10, FREQ

! *****
! FILE GENERATION
! values.txt. (results file)
! *****

*CFOPEN, mostra_B2.1, txt, , append
*GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
*GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ

```

```

*GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
*GET, FREQ4, MODE, 4, FREQ
*GET, FREQ5, MODE, 5, FREQ
*GET, FREQ6, MODE, 6, FREQ
*GET, FREQ7, MODE, 7, FREQ
*GET, FREQ8, MODE, 8, FREQ
*GET, FREQ9, MODE, 9, FREQ
*GET, FREQ10, MODE, 10, FREQ
*GET, FREQ11, MODE, 11, FREQ
*GET, FREQ12, MODE, 12, FREQ
*GET, FREQ13, MODE, 13, FREQ
*GET, FREQ14, MODE, 14, FREQ
*GET, FREQ15, MODE, 15, FREQ
! FINISH

```

```

*VWRITE, YOUNGM, FREQ1, FREQ2, FREQ3, FREQ4, FREQ5, FREQ6, FREQ7, FREQ8, FREQ9, FREQ10, FREQ11, FREQ12,
FREQ13, FREQ14, FREQ15
(F14.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
*CFCL0S
! close the log file

```

```

/ANG, 1

```

```

/POST1
SET, LIST

```

```

*ENDDO
! *CFCL0S
! end loop for SPRING STIFFNESS

```

```

FINISH
/CLEAR
/DELETE, values_MOSTRA, txt

/TITLE, SENSIBILITY ANALYSIS: SPECIMEN / ELASTIC / GENERIC CASE
!(analisi modal d'una peça de 1000x280x40)
!CAS RECOLZAMENT SIMPLE A L'EXTREM

! *****
!
!   DEFINE PARAMETERS: system variables
!
! ***** begin of loop variables *****
*SET, YOUNGINIC, 7822032000      ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INIT VALUE
*SET, YOUNGEND, 11733048000     ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) FINAL VALUE
*SET, YOUNGSTEP, 391101600     ! define parameter for Young's modulus
(N/m2) INCREMENT
! ***** end of loop variables *****

*SET, DENSITY, 1501            ! maximum density of material (which is
in fact related to mass)
*SET, THICKN, 0.046            ! define parameter for Thickness (m)
*SET, DIMX, 0.134
*SET, DIMZ, 0.246
*SET, LOAD, -1                ! maximum load

/PREP7

ET, 1, SHELL181                ! Shell element
KEYOPT, 1, 3, 2                ! Key option values; element type: 1 key
option 3: value: 2
KEYOPT, 1, 8, 2                ! Key option values; element type: 1 key
option 8: value: 2

R, 1, THICKN, 0, 0, 0, 0, 0,   ! Thickness element

MP, PRXY, 1, 0.25              ! Poisson ratio
MP, DENS, 1, 1500              ! Density (Kg/m3)
ACEL, 0, -1, 0,               ! Gravity axe definition

! *****
! GEOMETRY
! *****

K, 1, 0.00, 0.00, 0.00,       ! Define Keypoints
K, 2, DIMX, 0.00, 0.00,
K, 3, 0.00, 0.00, DIMZ,
K, 4, DIMX, 0.00, DIMZ,

L, 1, 2                        ! Define Lines
L, 1, 3
L, 3, 4
L, 2, 4
AL, ALL                        ! area definition

```

```

MSHKEY,1                                ! Define mapped mesh
MSHAPE,0,2D                             ! Mesh using quadrilateral and 2D elements
LESIZE,1,,5,,,,,,,,1                   ! Divide Lines
LESIZE,2,,18,,,,,,,,1

AMESH,ALL

/VIEW,1,1,1,1
/ANG,1
/REP,FAST

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28
! NSEL,A,NODE,,27
! NSEL,A,NODE,,26
! NSEL,A,NODE,,25
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,UZ,,,,,,,,,

! NSEL,A,NODE,,6                        ! second line of supports
! NSEL,A,NODE,,5
! NSEL,A,NODE,,4
! NSEL,A,NODE,,3
! NSEL,A,NODE,,2
! NSEL,A,NODE,,1
! D,ALL,,,,,,,,,UX,UY,,,,,,,,,

! NSEL, ALL

PLOT

/UI,MESH,OFF
FINISH

! *****
! FIRST LOOP
! *****

!Start FIRST loop

*do,YOUNGM,YOUNGINIC,YOUNGEND,YOUNGSTP
    /PREP7

MP,EX,1,YOUNGM                          ! Young's modulus
(N/m2)
FINISH

/SOLU
CSYS,0
ANTYPE,STATIC                           ! Static analysis
PSTRES,ON                               ! Calculate prestress effects

! NSEL,S,NODE,,7                        ! first line of supports
! NSEL,A,NODE,,29
! NSEL,A,NODE,,28

```

```

! NSEL, A, NODE, , 27
! NSEL, A, NODE, , 26
! NSEL, A, NODE, , 25
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

! NSEL, A, NODE, , 6
! NSEL, A, NODE, , 5
! NSEL, A, NODE, , 4
! NSEL, A, NODE, , 3
! NSEL, A, NODE, , 2
! NSEL, A, NODE, , 1
! D, ALL, , , , , , UX, UY, UZ, , , ,

NSEL, ALL

! NSEL, S, NODE, , 1, 225
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD
! SFA, ALL, 1, PRES, -630
! F, ALL, FY, LOAD

SOLVE
FINISH

/SOLU
ANTYPE, 2
PSTRES, ON
MODEOPT, SUBSP, 15, , , OFF, ON
extract 15 modes and unity-normalized modes
EQSLV, FRONT
MXPAND, 15
SOLVE
! FINISH

! *GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
! *GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 4, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 5, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 6, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 7, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 8, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 9, FREQ
! *GET, FREQ3, MODE, 10, FREQ

! *****
! FILE GENERATION
! values.txt. (results file)
! *****

*CFOPEN, mostra_B3.5, txt, , append
*GET, FREQ1, MODE, 1, FREQ
*GET, FREQ2, MODE, 2, FREQ

```

```

*GET, FREQ3, MODE, 3, FREQ
*GET, FREQ4, MODE, 4, FREQ
*GET, FREQ5, MODE, 5, FREQ
*GET, FREQ6, MODE, 6, FREQ
*GET, FREQ7, MODE, 7, FREQ
*GET, FREQ8, MODE, 8, FREQ
*GET, FREQ9, MODE, 9, FREQ
*GET, FREQ10, MODE, 10, FREQ
*GET, FREQ11, MODE, 11, FREQ
*GET, FREQ12, MODE, 12, FREQ
*GET, FREQ13, MODE, 13, FREQ
*GET, FREQ14, MODE, 14, FREQ
*GET, FREQ15, MODE, 15, FREQ
! FINISH

```

```

*VWRITE, YOUNGM, FREQ1, FREQ2, FREQ3, FREQ4, FREQ5, FREQ6, FREQ7, FREQ8, FREQ9, FREQ10, FREQ11, FREQ12,
FREQ13, FREQ14, FREQ15
(F14.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ', F7.2, ' ',
*CFCL0S                                ! close the log file

```

```

/ANG, 1

```

```

/POST1
SET, LIST

```

```

*ENDDO                                ! end loop for SPRING STIFFNESS
!*CFCL0S

```

9.2 Fitxes tècniques de les peces

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A1.1

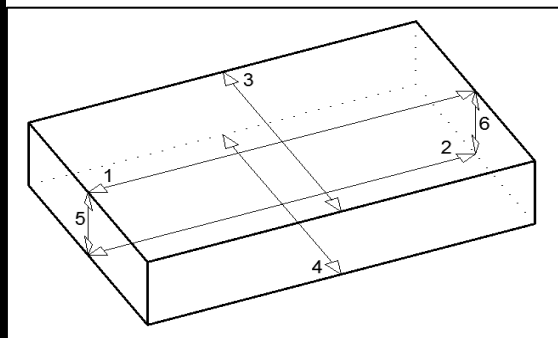
Dades generals

Nomenclatura A1.1
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Groga
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

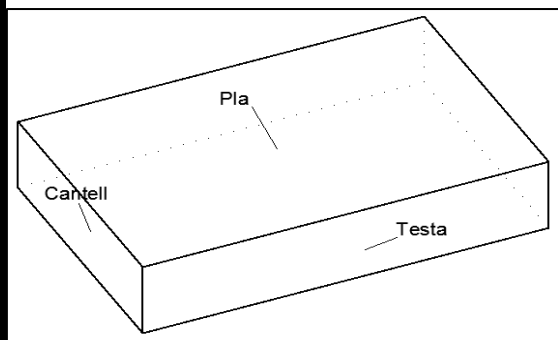
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

			Mitjana
Longitud	1	263,97	264,16
	2	264,34	
Ample	3	134,91	135,00
	4	135,08	
Gruix	5	19,53	19,06
	6	18,58	

264,16 x 135,00 x 19,06



Superfícies (mm²)

Pla	35659,60
Testa	5033,47
Cantell	2572,33

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

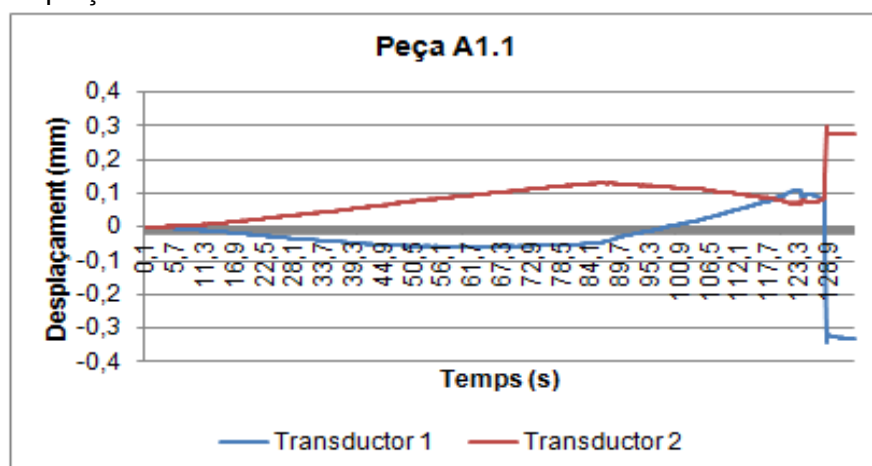
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

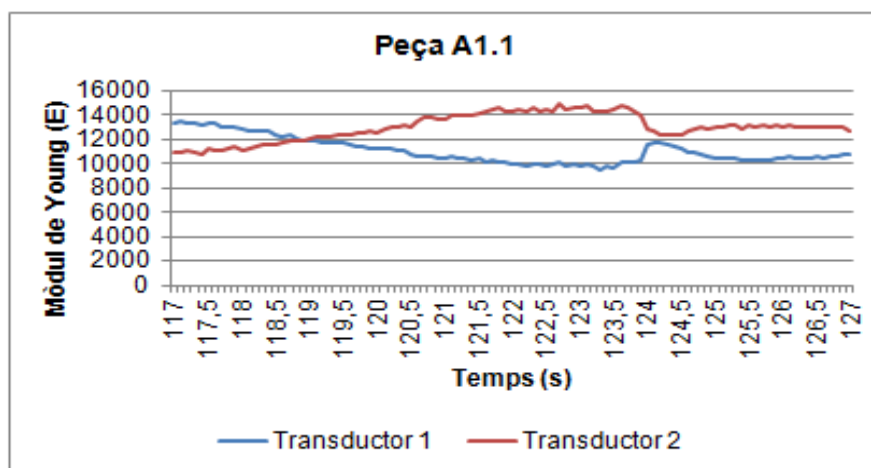
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.1	768,844 Hz	925,932 Hz	2047,841 Hz	2078,283 Hz	3443,648 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 11056,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 12992,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = \mathbf{12024,76 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 8,05\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A1.2

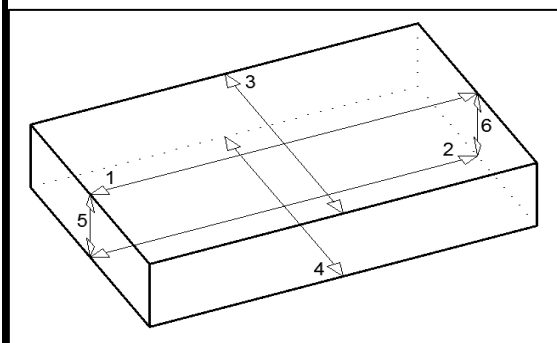
Dades generals

Nomenclatura A1.2
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

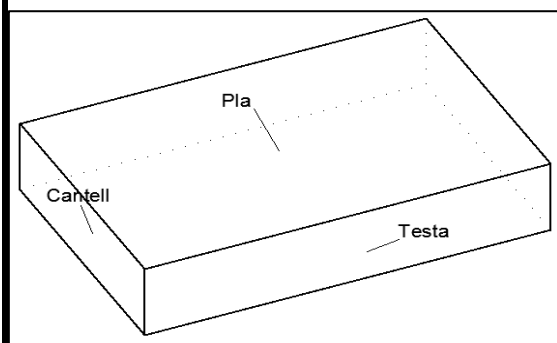
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	251,46	Mitjana 251,73
	2	251,99	
Ample	3	134,29	134,32
	4	134,34	
Gruix	5	18,02	18,55
	6	19,07	

251,73 x 134,32 x 18,55



Superfícies (mm²)

Pla	33810,44
Testa	4668,24
Cantell	2490,87

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,07 Kg

Valors tècnics

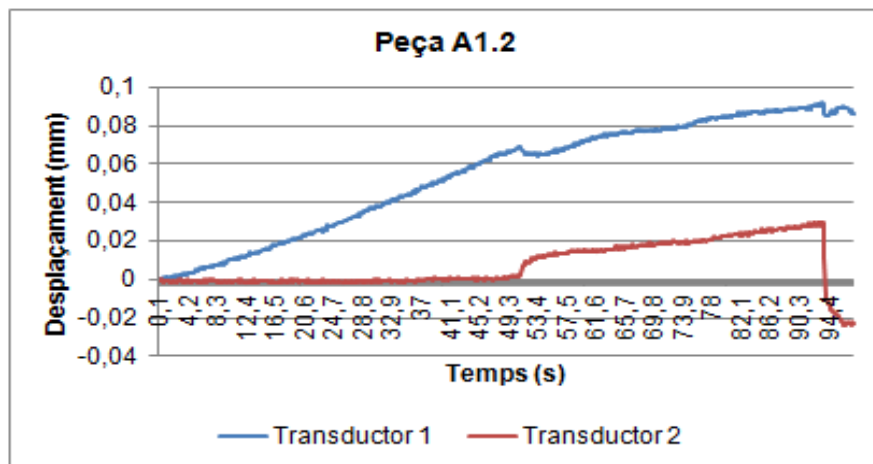
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

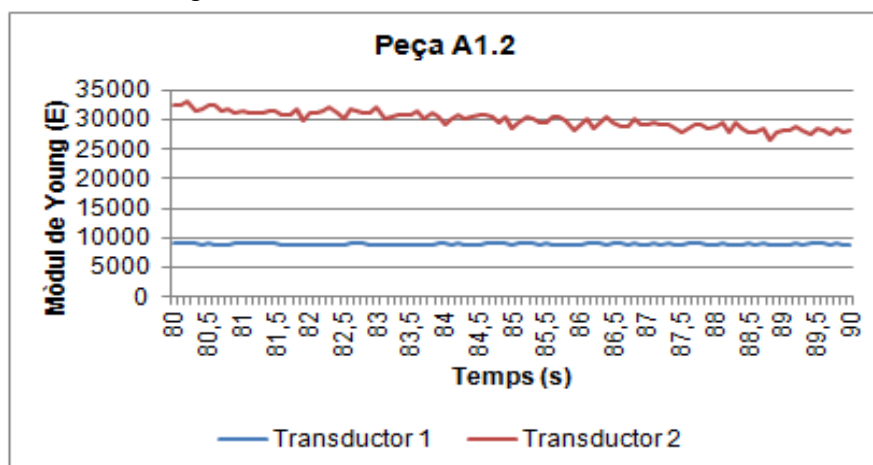
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.2	913,836 Hz	1064,203 Hz	2291,245 Hz	2442,610 Hz	3850,155 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 8961,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 29977,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 19469,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 53,97\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A1.3

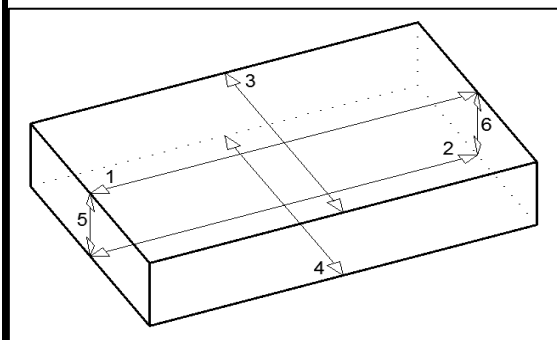
Dades generals

Nomenclatura A1.3
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

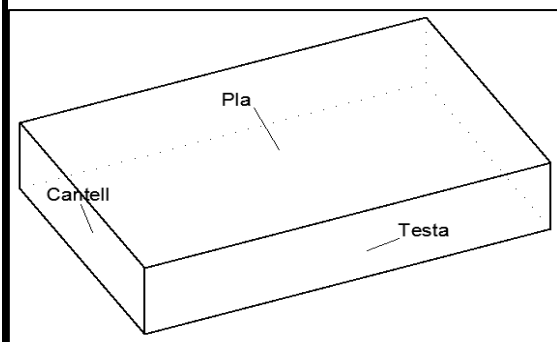
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Mitjana			
Longitud	1	260,38	260,62
	2	260,85	
Ample	3	134,95	134,83
	4	134,70	
Gruix	5	18,1	18,66
	6	19,21	

260,62 x 134,83 x 18,66



Superfícies (mm²)

Pla	35137,42
Testa	4861,77
Cantell	2515,16

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

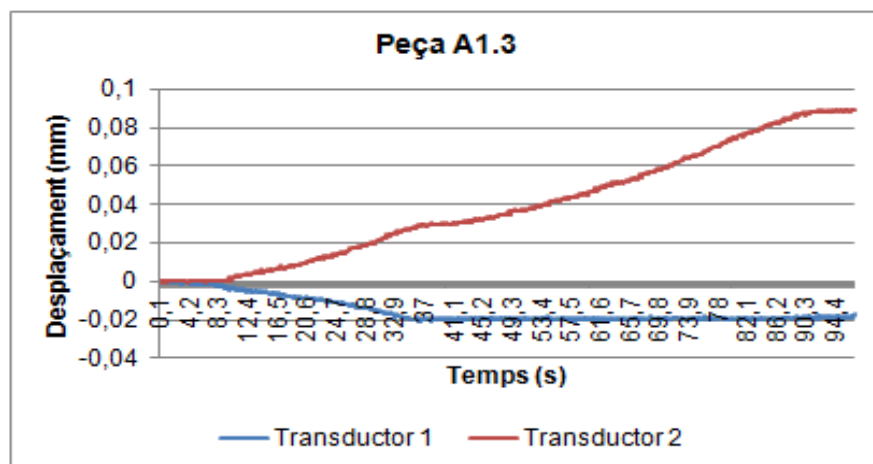
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

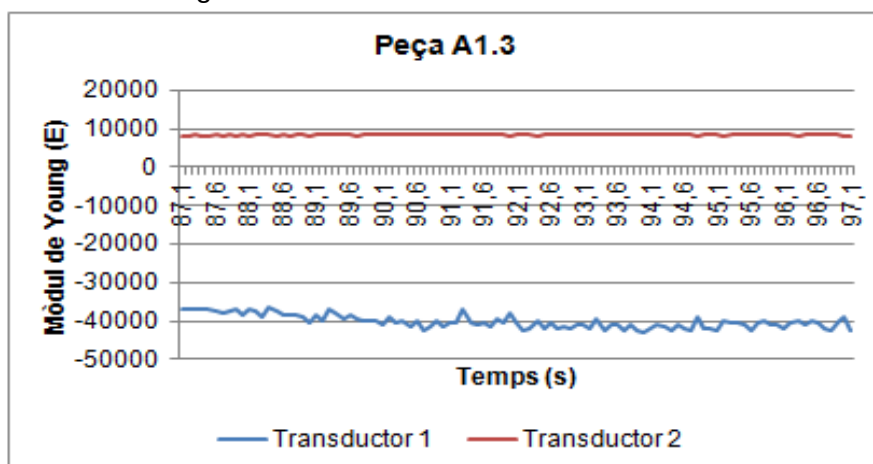
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.3	932,465 Hz	1092,076 Hz	2315,877 Hz	2458,865 Hz	3888,718 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 8403,84 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A1.4

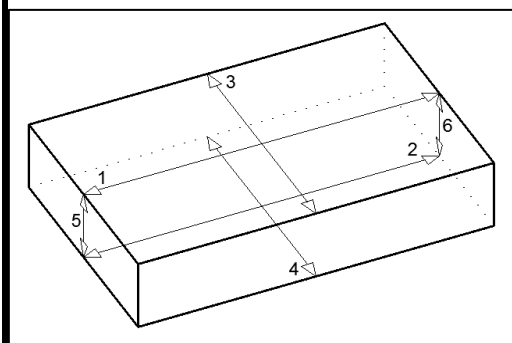
Dades generals

Nomenclatura A1.4
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

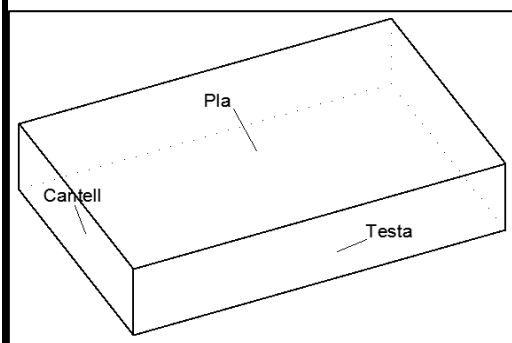
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	262,78	Mitjana 263,04
	2	263,29	
Ample	3	135,25	134,81
	4	134,37	
Gruix	5	17,83	18,65
	6	19,46	

263,04 x 134,81 x 18,65



Superfícies (mm²)

Pla	35459,75
Testa	4904,29
Cantell	2513,53

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

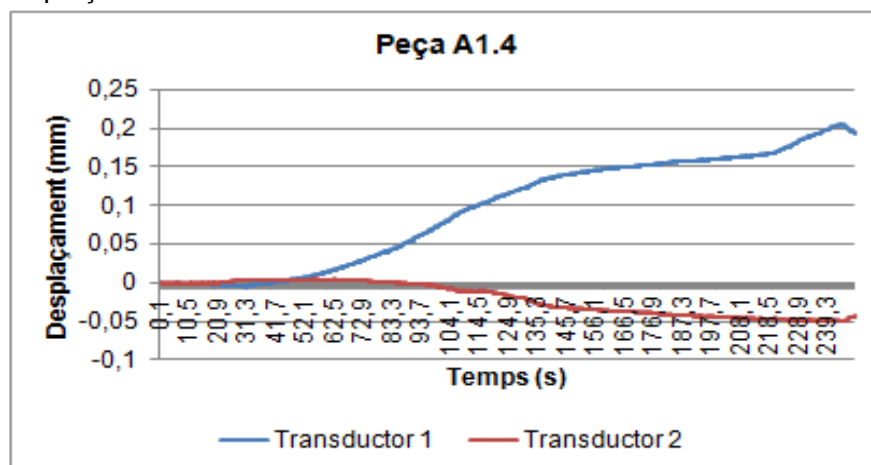
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

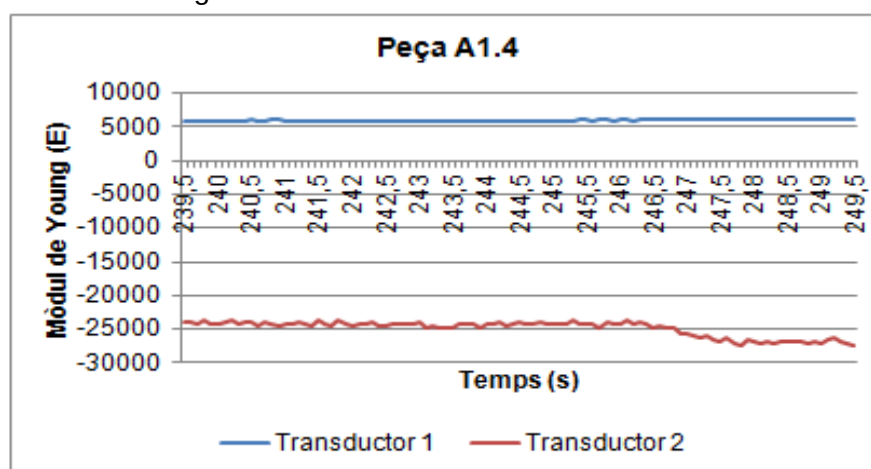
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.4	868,194 Hz	1023,868 Hz	2163,873 Hz	2253,858 Hz	3649,300 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 5937,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = \text{No s'ha calculat perquè tenim valors negatius}$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = \text{No es pot calcular}$$

$$\text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A1.5

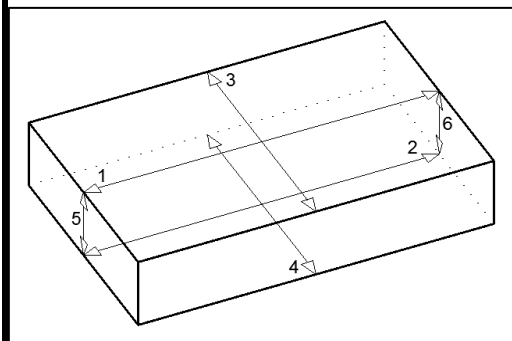
Dades generals

Nomenclatura A1.5
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

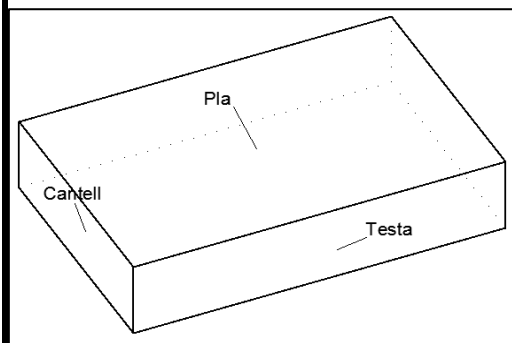
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	258,73	Mitjana 258,85
	2	258,96	
Ample	3	135,18	135,01
	4	134,84	
Gruix	5	18,99	18,58
	6	18,16	

258,85 x 135,01 x 18,58



Superfícies (mm²)

Pla	34946,66
Testa	4808,05
Cantell	2507,81

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

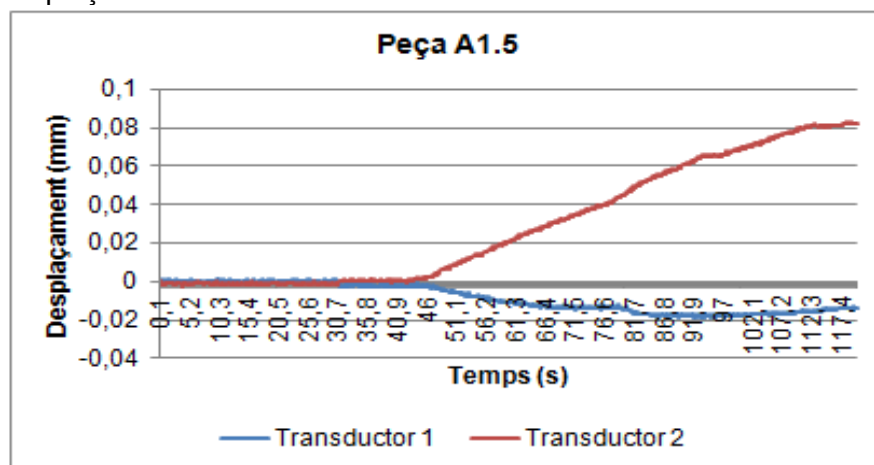
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

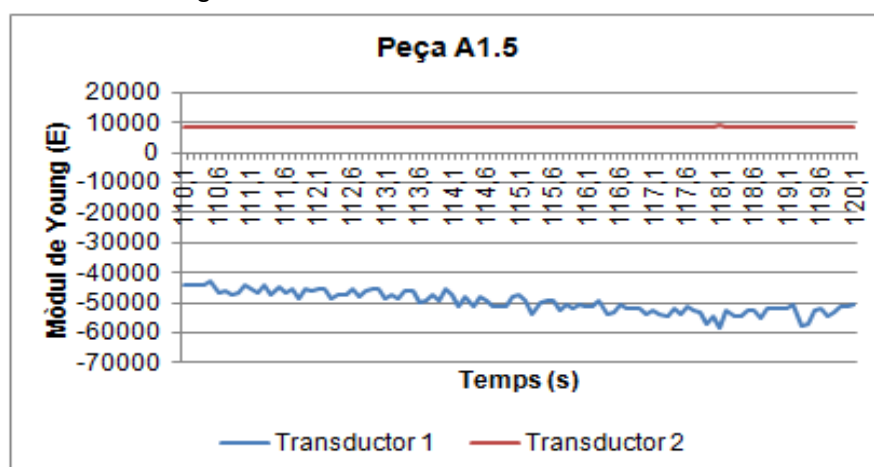
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A1.5	879,815 Hz	1040,027 Hz	2266,085 Hz	2351,309 Hz	3843,079 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = $8670,32 \text{ N/mm}^2$

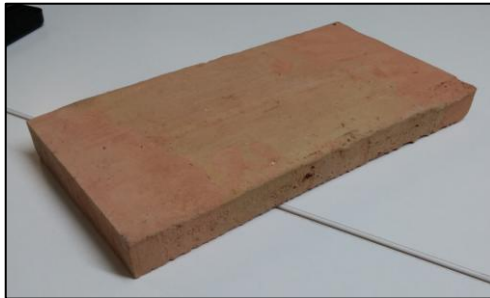
Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A2.1

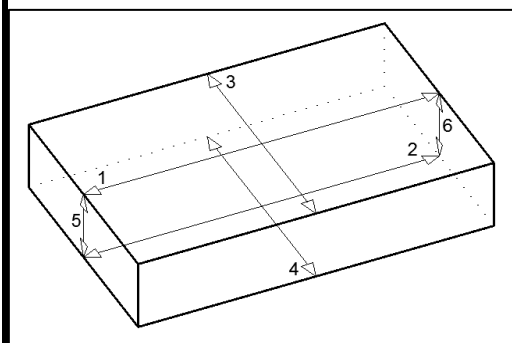
Dades generals

Nomenclatura A2.1
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Gropa
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

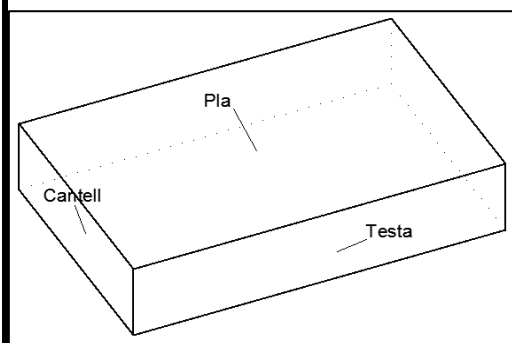
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	258,54	Mitjana 258,60
	2	258,66	
Ample	3	137,79	136,92
	4	136,05	
Gruix	5	32,3	30,62
	6	28,93	

258,60 x 136,92 x 30,62



Superfícies (mm²)

Pla	35407,512
Testa	7917,039
Cantell	4191,8058

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,82 Kg

Valors tècnics

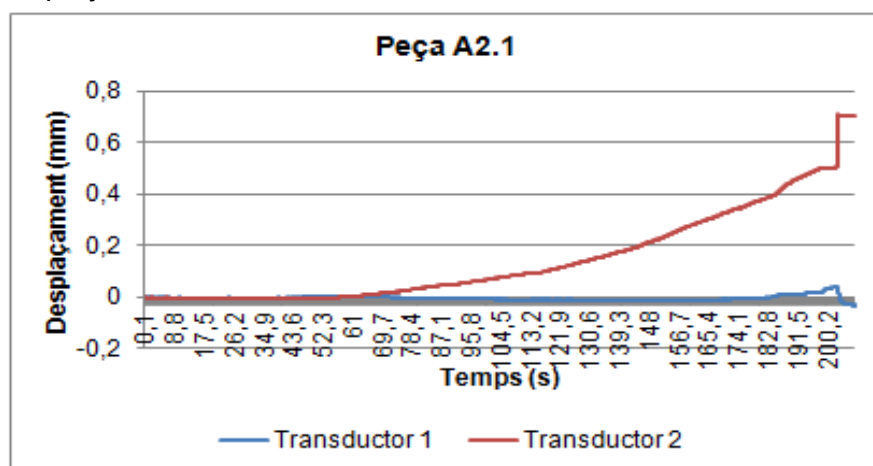
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

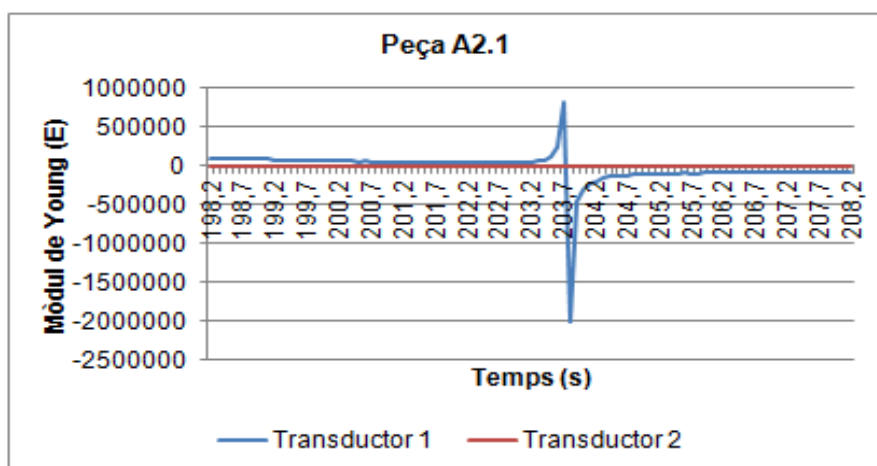
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.1	1353,218 Hz	1559,005 Hz	3268,370 Hz	3448,846 Hz	5248,383 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3821,40 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A2.2

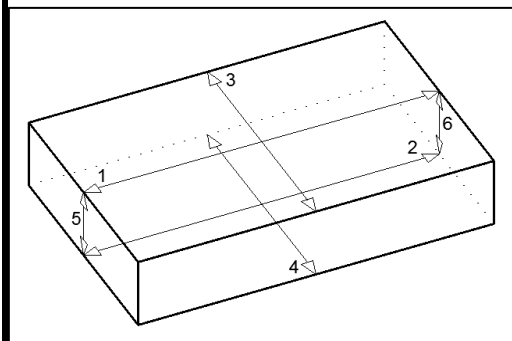
Dades generals

Nomenclatura A2.2
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Gropa
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

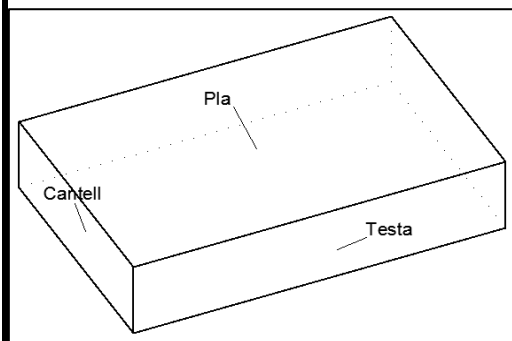
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	256,51	Mitjana 256,47
	2	256,43	
Ample	3	138,07	137,12
	4	136,17	
Gruix	5	31,18	31,98
	6	32,78	

256,47 x 137,12 x 31,98



Superfícies (mm²)

Pla	35167,1664
Testa	8201,9106
Cantell	4385,0976

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

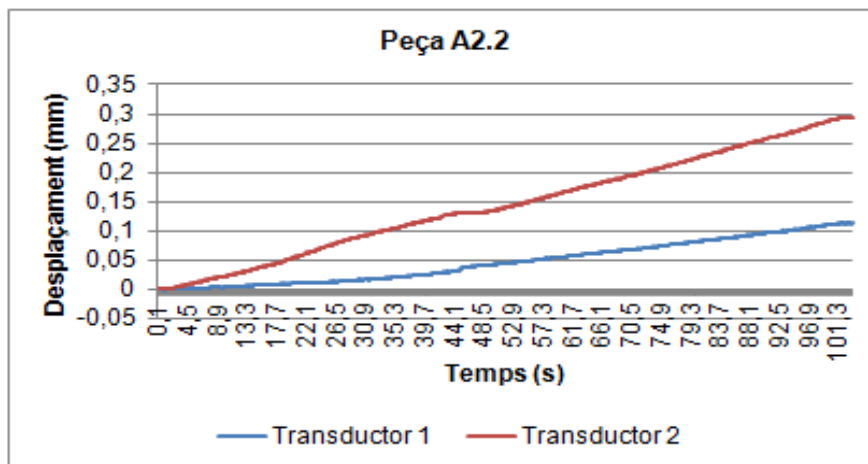
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

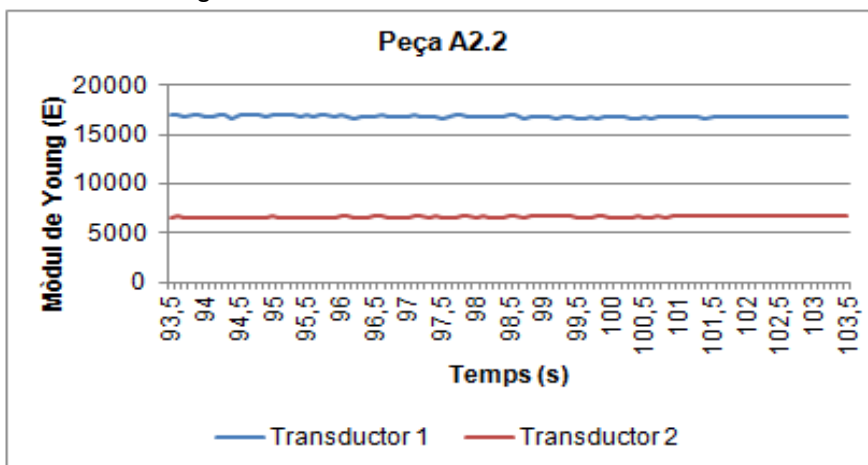
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.2	1393,291 Hz	1589,700 Hz	3300,982 Hz	3541,076 Hz	5359,503 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 16855,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 6648,84 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = \mathbf{11752,29 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 43,43\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A2.3

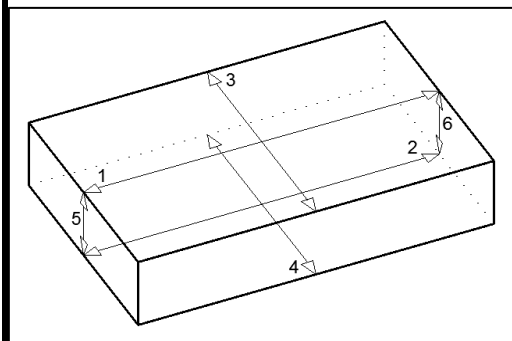
Dades generals

Nomenclatura A2.3
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

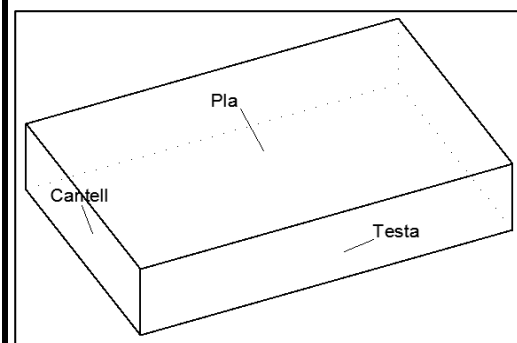
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	255,04	Mitjana 249,72
	2	244,4	
Ample	3	137,66	136,81
	4	135,96	
Gruix	5	32,82	32,12
	6	31,41	

249,72 x 136,81 x 32,12



Superfícies (mm²)

Pla	34164,19
Testa	8019,76
Cantell	4393,65

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,83 Kg

Valors tècnics

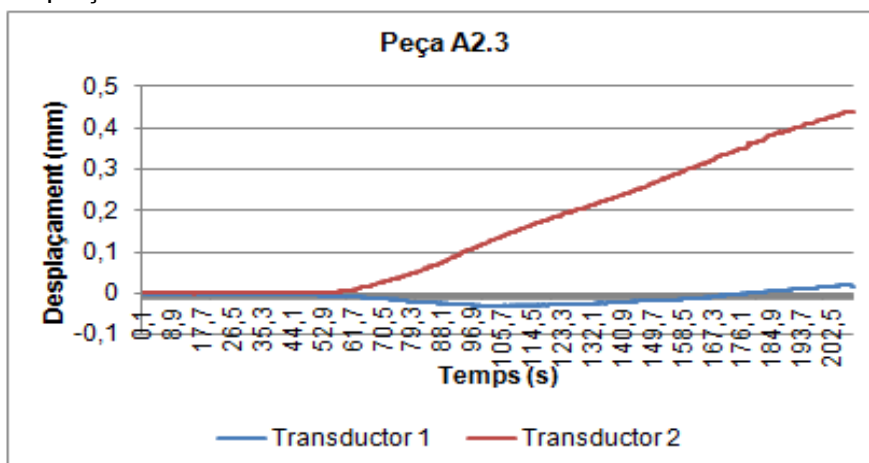
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

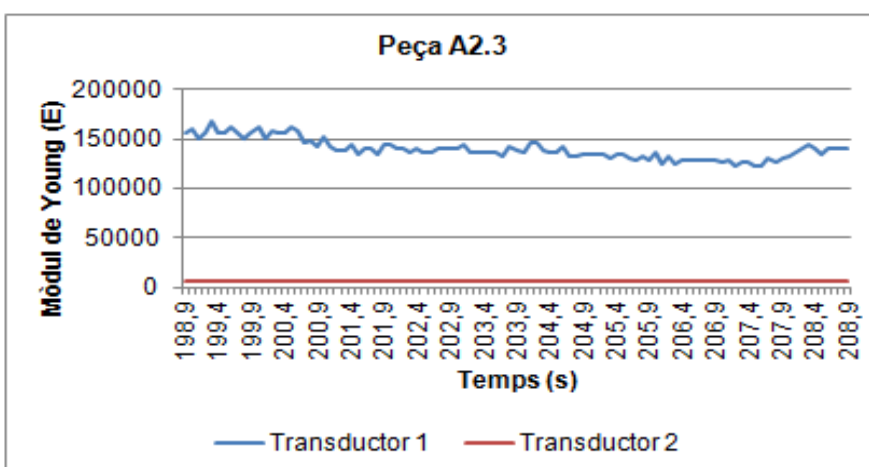
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.3	1345,836 Hz	1545,043 Hz	3262,546 Hz	3444,377 Hz	5296,458 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 139883,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 5416,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 72649,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 92,54\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A2.4

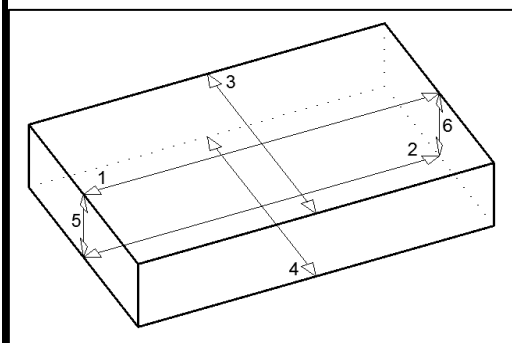
Dades generals

Nomenclatura A2.4
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Groga
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

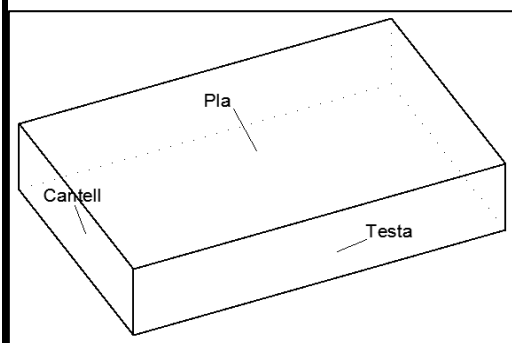
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	260,62	Mitjana 260,57
	2	260,52	
Ample	3	138,07	137,91
	4	137,74	
Gruix	5	31,11	32,16
	6	33,2	

260,57 x 137,91 x 32,16



Superfícies (mm²)

Pla	35933,91
Testa	8378,63
Cantell	4434,34

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,86 Kg

Valors tècnics

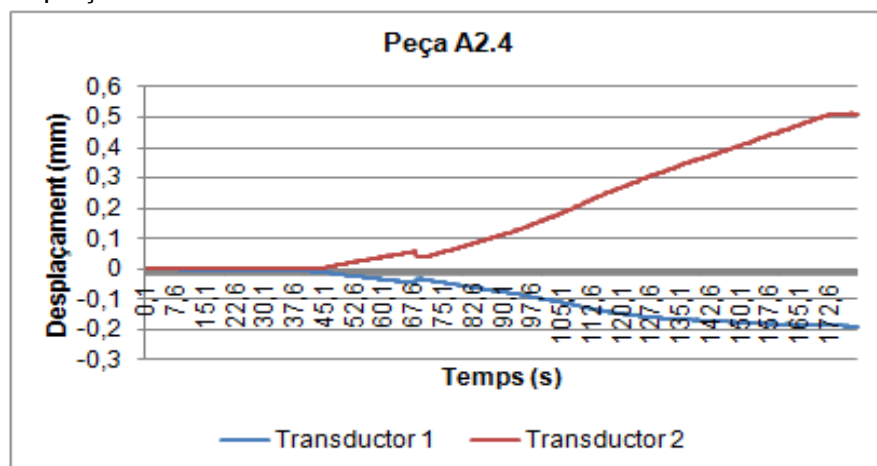
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

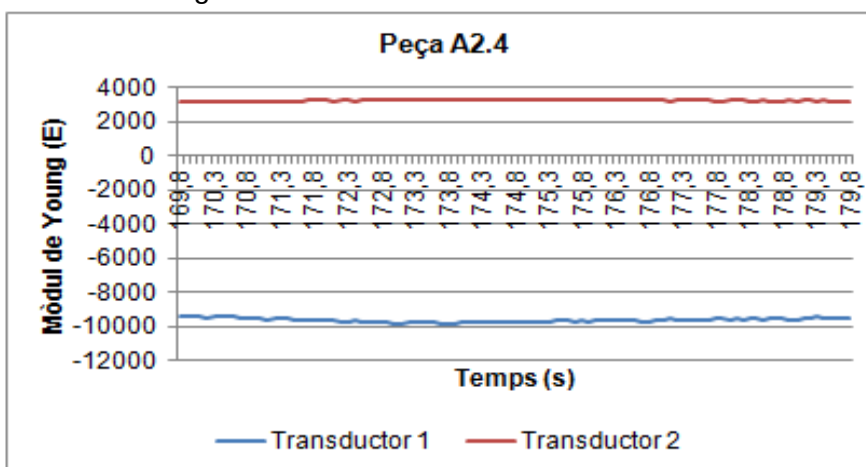
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.4	1307,444 Hz	1511,770 Hz	3182,436 Hz	3357,922 Hz	5228,897 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3260,81 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A2.5

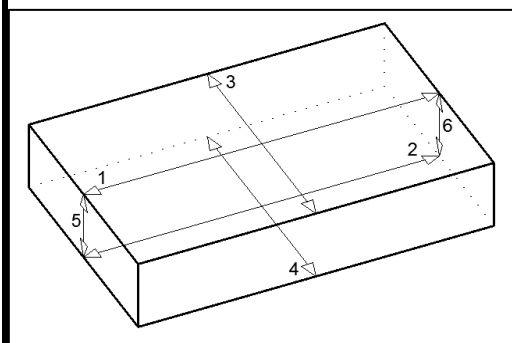
Dades generals

Nomenclatura A2.5
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

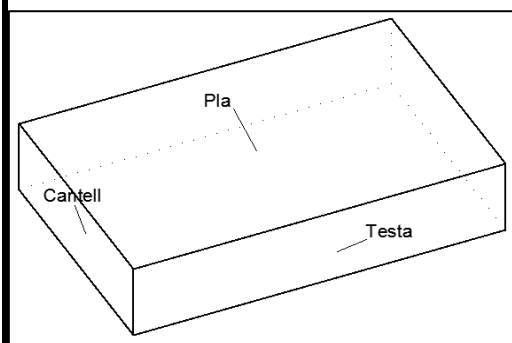
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Mitjana			
Longitud	1	256,17	256,46
	2	256,74	
Ample	3	137,48	135,88
	4	134,28	
Gruix	5	32,49	31,72
	6	30,94	

256,46 x 135,88 x 31,72



Superfícies (mm²)

Pla	34847,11
Testa	8133,47
Cantell	4309,43

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

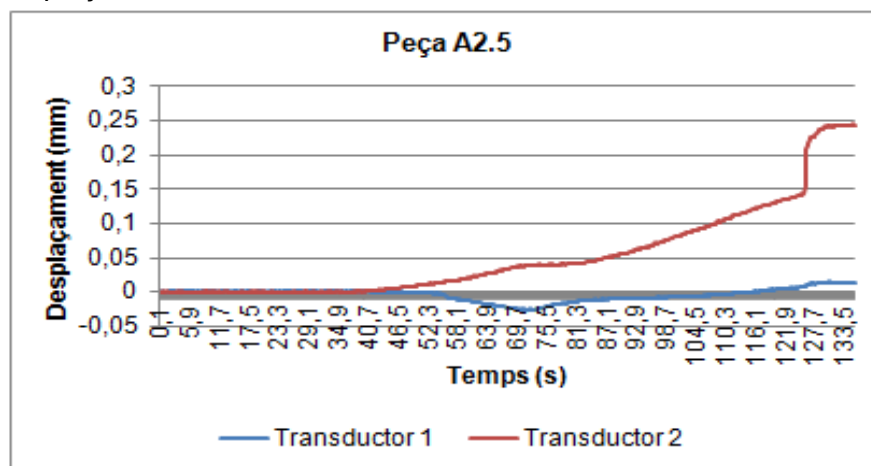
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

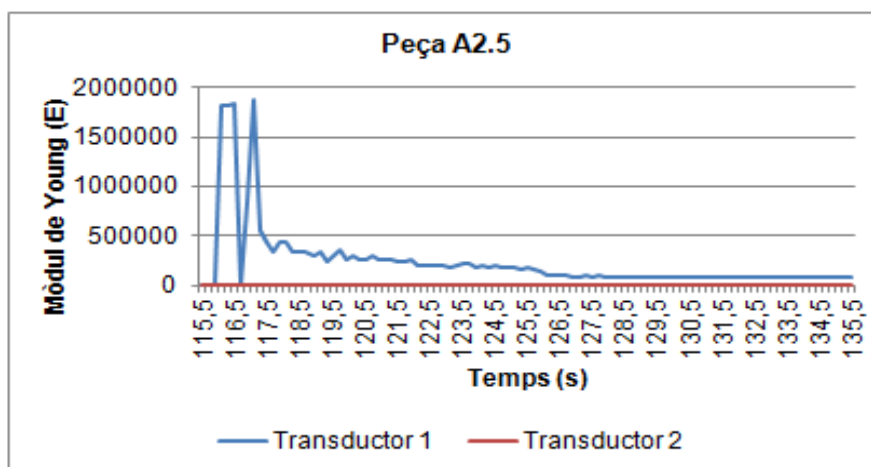
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A2.5	1607,545 Hz	1843,769 Hz	3918,551 Hz	4143,272 Hz	6373,147 Hz	x

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim molta dispersió entre valors

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5835,65 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A4.1

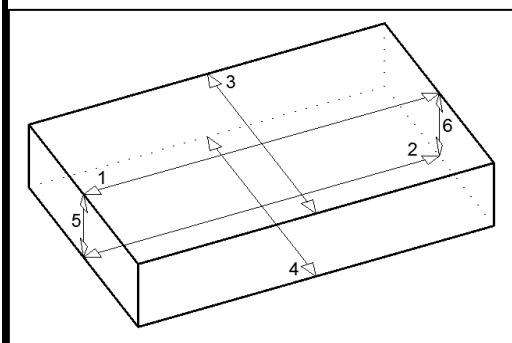
Dades generals

Nomenclatura A4.1
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

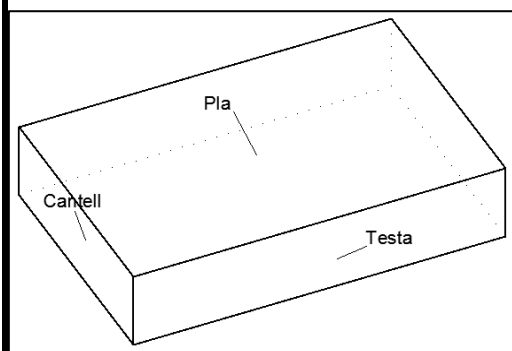
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	254,2	Mitjana 254,34
	2	254,47	
Ample	3	134,65	135,10
	4	135,54	
Gruix	5	71,67	69,70
	6	67,72	

254,34 x 135,10 x 69,70



Superfícies (mm²)

Pla	34359,39
Testa	17725,88
Cantell	9415,45

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 3,00 Kg

Valors tècnics

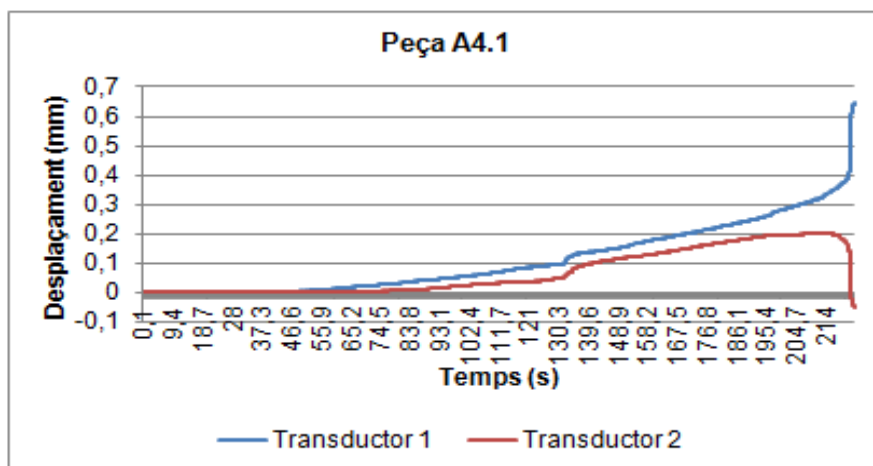
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

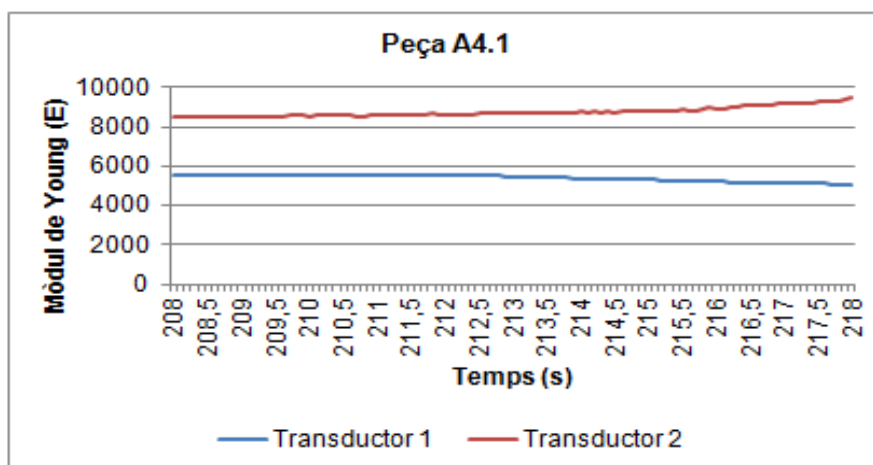
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.1	2596,784 Hz	2745,297 Hz	5304,929 Hz	5635,106 Hz		✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 5402,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 8767,50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 7084,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 23,75\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A4.2

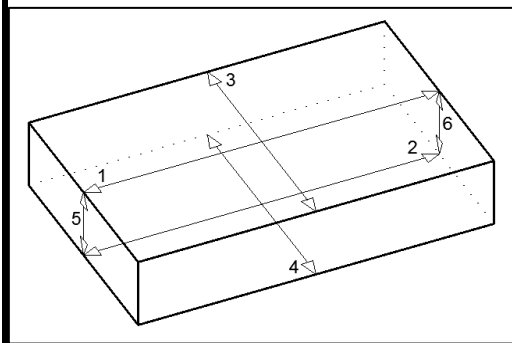
Dades generals

Nomenclatura A4.2
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

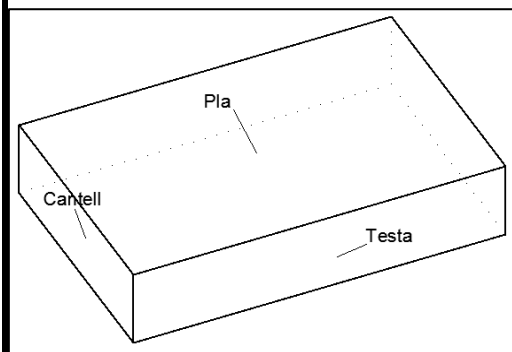
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	259,07	Mitjana 258,87
	2	258,67	
Ample	3	134,58	134,56
	4	134,54	
Gruix	5	67,43	70,44
	6	73,45	

258,87 x 134,56 x 70,44



Superfícies (mm²)

Pla	34833,55
Testa	18234,80
Cantell	9478,41

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 4,04 Kg

Valors tècnics

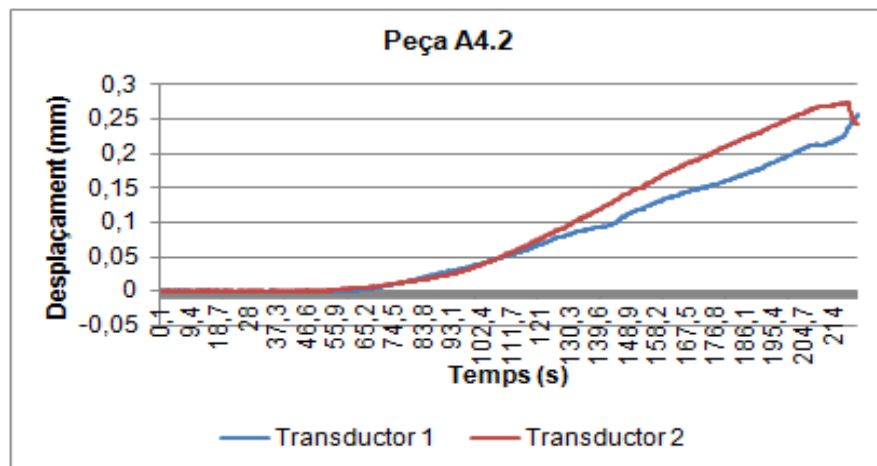
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

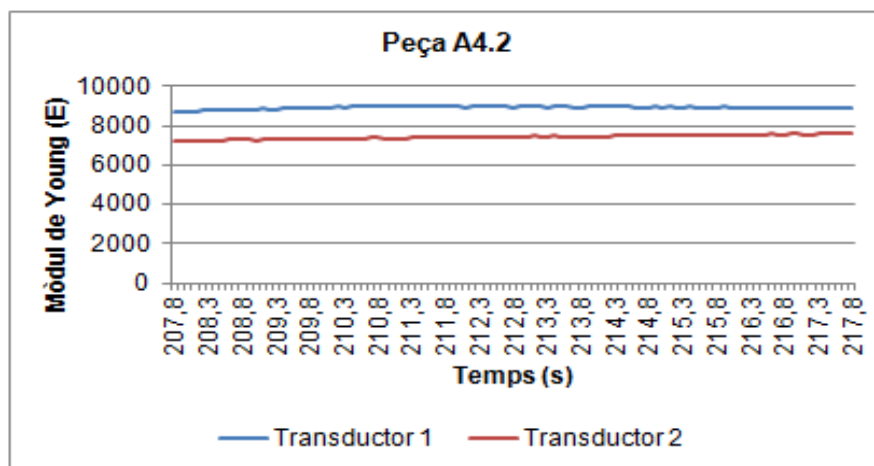
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.2	2497,567 Hz	2711,283 Hz	5243,976 Hz	5319,424 Hz		✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 8934,21 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 7431,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 8182,99 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 9,18\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A4.3

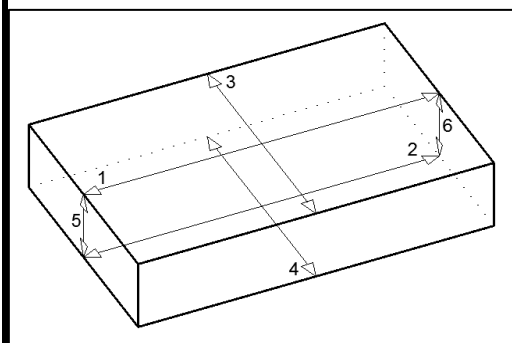
Dades generals

Nomenclatura A4.3
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

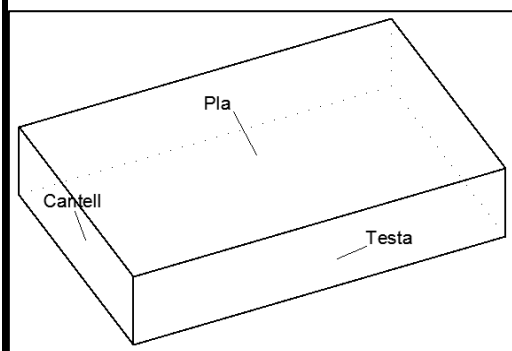
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	259,47	Mitjana 259,22
	2	258,96	
Ample	3	127,96	128,79
	4	129,62	
Gruix	5	67,87	66,33
	6	64,78	

259,22 x 128,79 x 66,33



Superfícies (mm²)

Pla	33384,30
Testa	17192,43
Cantell	8542,00

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 3,98 Kg

Valors tècnics

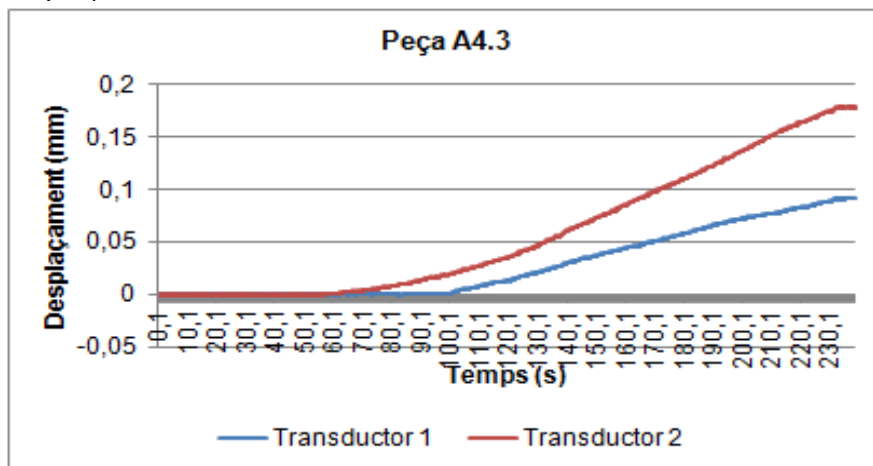
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

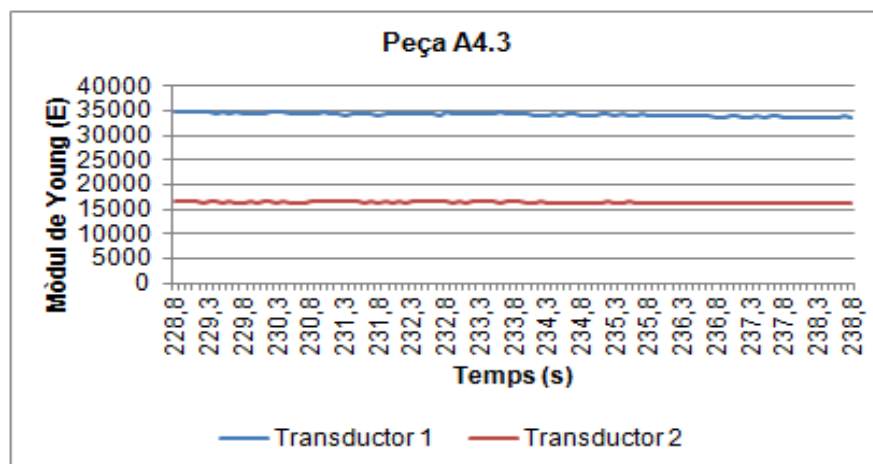
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.3	3118,499 Hz	3250,799 Hz	6404,521 Hz	6822,000 Hz		x

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 34290,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 16411,10 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 25350,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 35,26\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A4.4

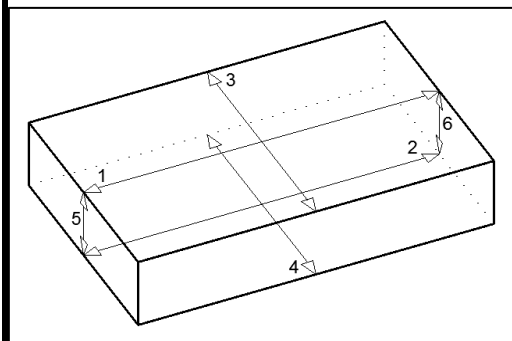
Dades generals

Nomenclatura A4.4
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

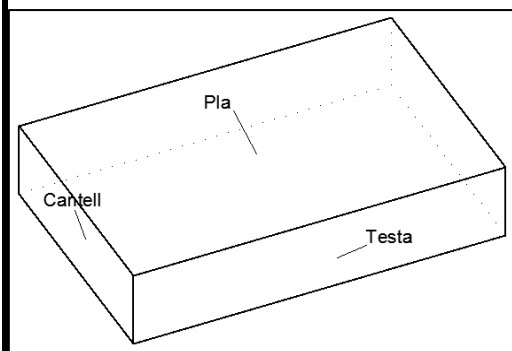
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	251,33	Mitjana 251,26
	2	251,19	
Ample	3	135,19	135,13
	4	135,06	
Gruix	5	69,64	69,31
	6	68,98	

251,26 x 135,13 x 69,31



Superfícies (mm²)

Pla	33951,51
Testa	17414,83
Cantell	9365,51

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 3,89 Kg

Valors tècnics

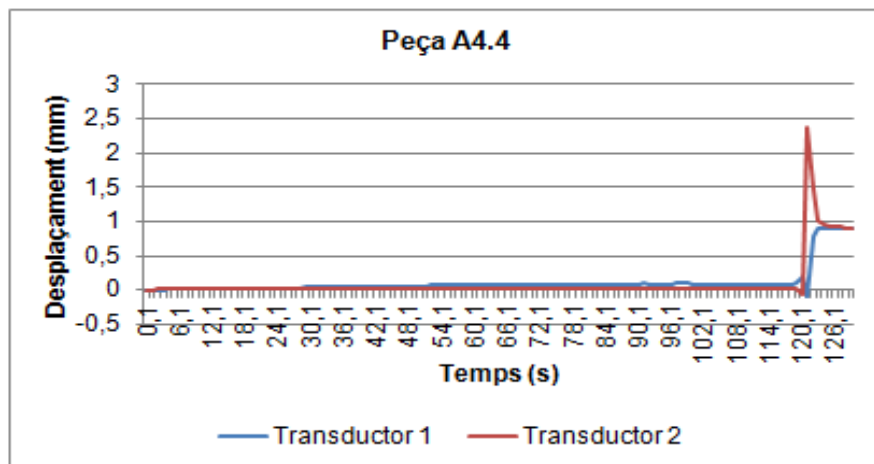
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

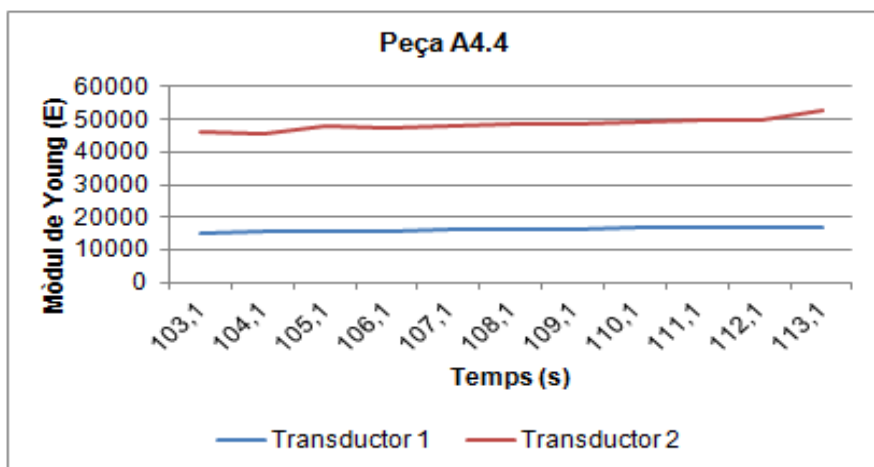
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.4	2819,351 Hz	2899,299 Hz		6092,028 Hz	8386,502 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 16274,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 48609,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 32441,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 49,84\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA A4.5

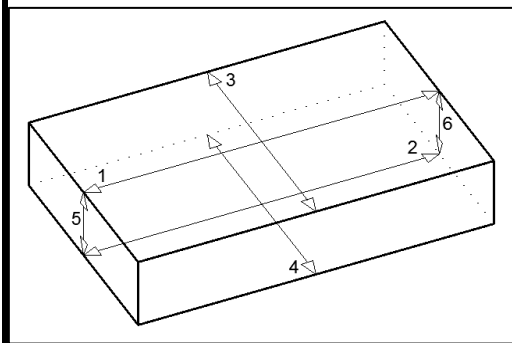
Dades generals

Nomenclatura A4.5
 Fabricant Rajoleria Quintana
 Procedència Llambilles
 Tipus argila Grogà
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

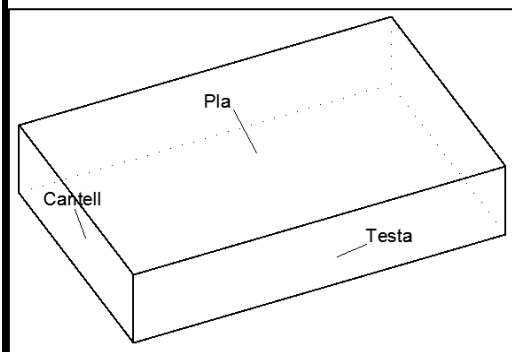
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	266,44	Mitjana 266,18
	2	265,92	
Ample	3	136,15	135,54
	4	134,93	
Gruix	5	70,8	69,26
	6	67,71	

266,18 x 135,54 x 69,26



Superfícies (mm²)

Pla	36078,04
Testa	18434,30
Cantell	9386,82

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 4,00 Kg

Valors tècnics

Mòdul de Young dinàmic

Freqüències experimentals obtingudes:

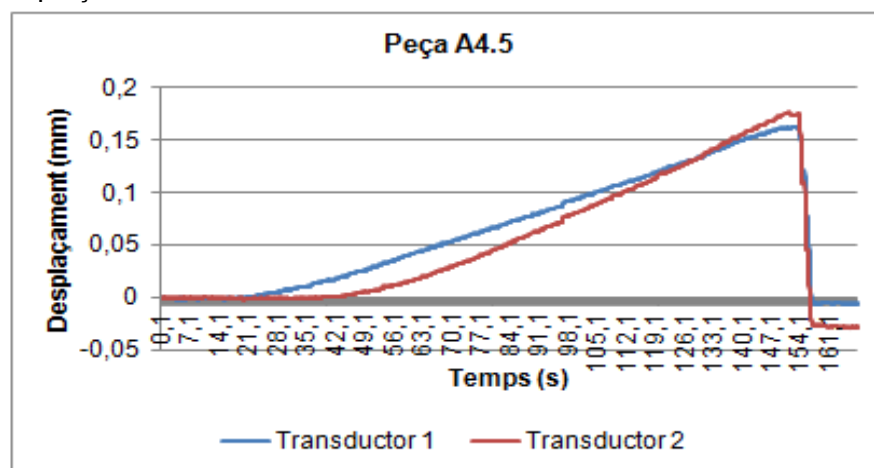
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça A4.5	2487,221 Hz	2654,825 Hz	5163,114 Hz	5384,761 Hz		✓

Freqüències teòriques obtingudes:

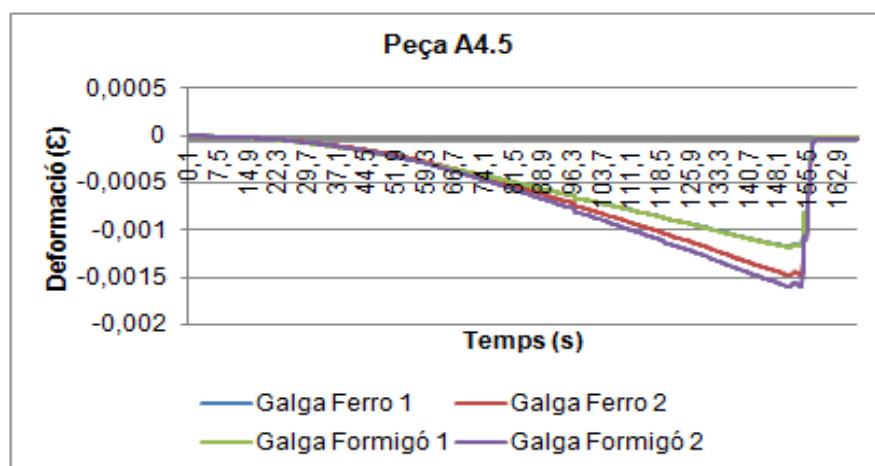
Mòdul de Young Dinàmic (N/m ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
11867410800.00	2355.37	2509.57	3517.22	4973.02	5247.58
12432525600.00	2410.80	2568.63	3599.99	5090.05	5371.07
12997640400.00	2464.98	2626.36	3680.90	5204.45	5491.78
13562755200.00	2518.00	2682.84	3760.07	5316.39	5609.90
14127870000.00	2569.92	2738.17	3837.60	5426.02	5725.58
14692984800.00	2620.82	2792.39	3913.60	5533.47	5838.97
15258099600.00	2670.74	2845.59	3988.15	5638.88	5950.20
15823214400.00	2719.75	2897.80	4061.33	5742.35	6059.38
16388329200.00	2767.89	2949.10	4133.22	5844.00	6166.64
16953444000.00	2815.21	2999.51	4203.88	5943.90	6272.06

Mòdul de Young estàtic

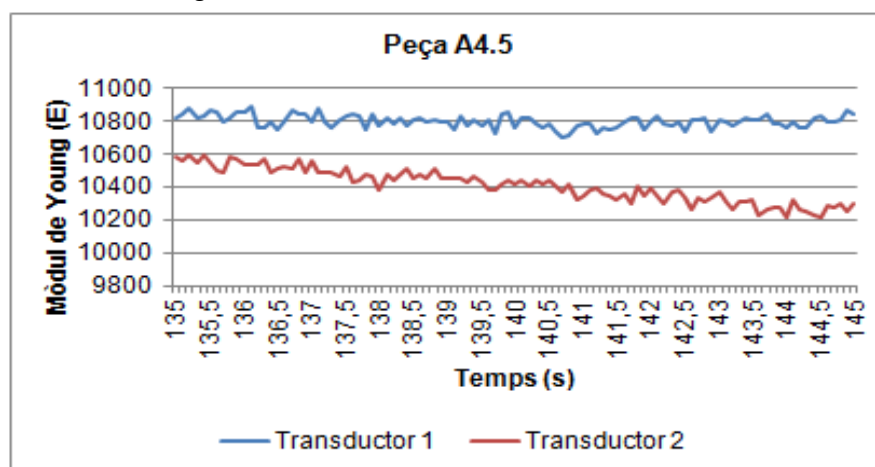
Gràfica del desplaçament dels transductors:



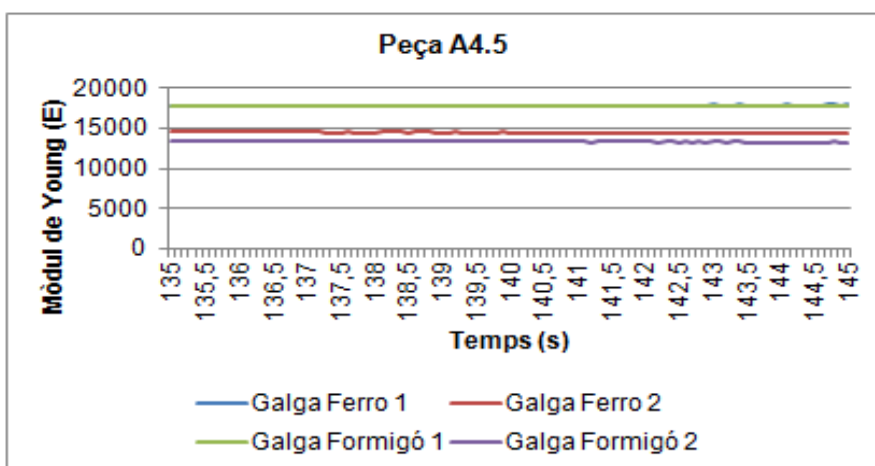
Gràfica del deformació de les galgues:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Gràfica del mòdul de les galgues:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 } (E_{\text{trans1}}) = 10802,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 } (E_{\text{trans2}}) = 10411,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young dels transductors } (E_{\text{trans}}) = 10607,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 1,84\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 17876,97 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 14508,86 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **16192,91 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 10,40% Acceptació = Sí

Mòdul de Young de la galga de formigó 1 (E_{form1}) = 17779,26 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de formigó 2 (E_{form2}) = 13388,08 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de formigó (E_{form}) = **15583,67 N/mm²**

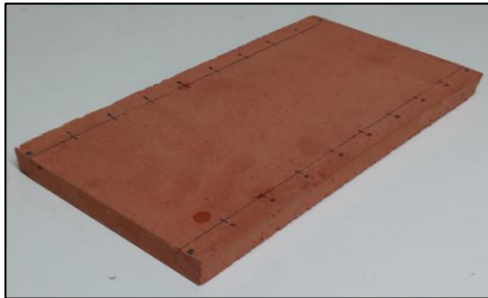
Dispersió dels resultats = 14,09% Acceptació = Sí

Mòdul de Young (E) = **14127,87 N/mm²**

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B1.1

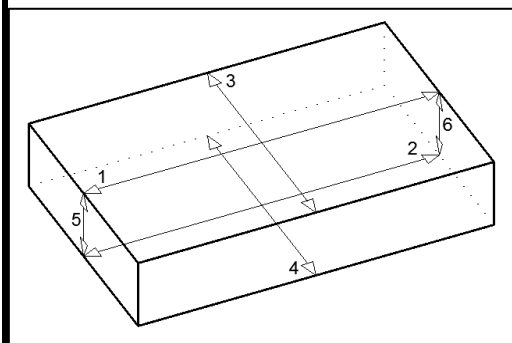
Dades generals

Nomenclatura B1.1
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

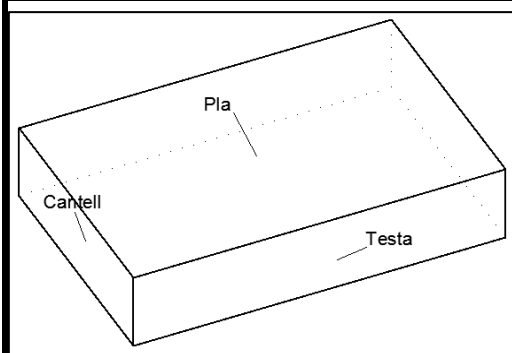
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	255,92	Mitjana 255,94
	2	255,96	
Ample	3	136,15	135,92
	4	135,69	
Gruix	5	18,38	18,75
	6	19,12	

255,94 x 135,92 x 18,75



Superfícies (mm²)

Pla	34787,36
Testa	4798,88
Cantell	2548,50

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,05 Kg

Valors tècnics

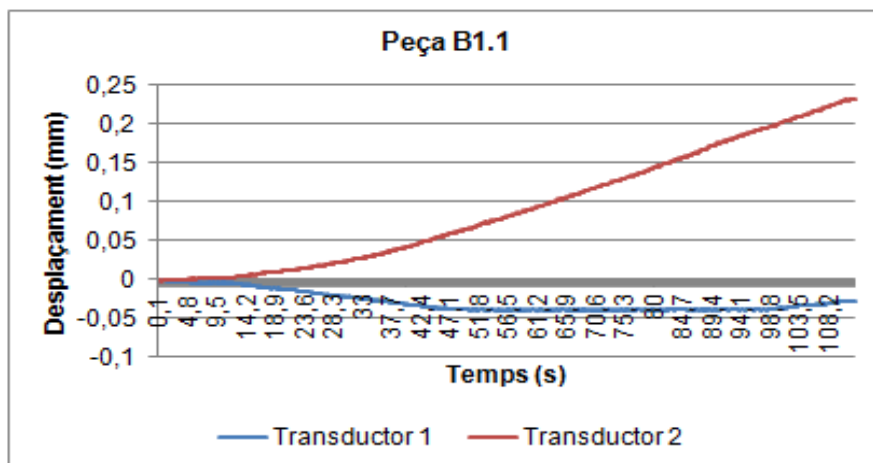
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

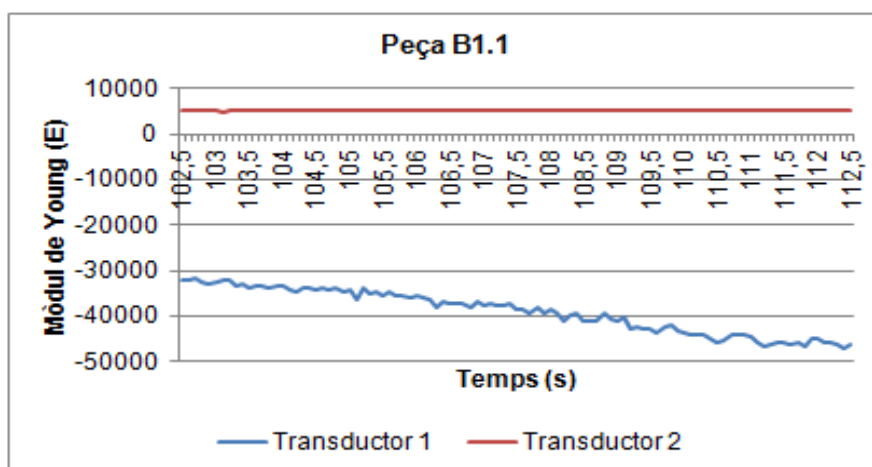
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.1	731,108 Hz	853,099 Hz	1873,472 Hz	1969,882 Hz	3189,711 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 5220,85 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B1.2

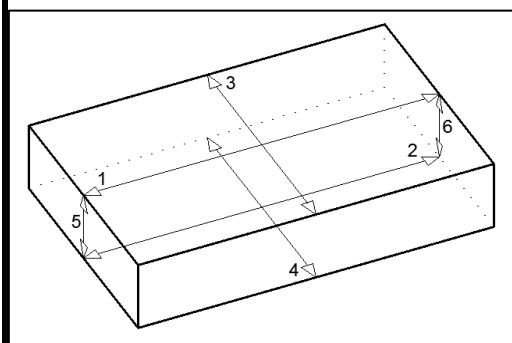
Dades generals

Nomenclatura B1.2
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

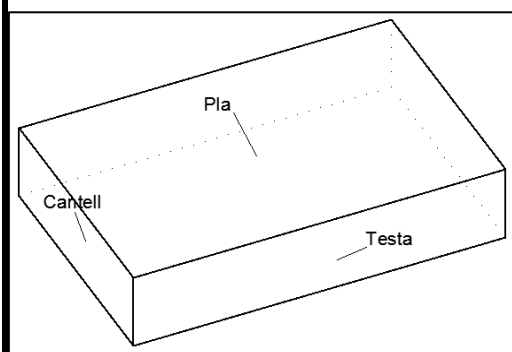
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	265,28	Mitjana 265,23
	2	265,17	
Ample	3	135,51	135,53
	4	135,54	
Gruix	5	17,74	17,18
	6	16,62	

265,23 x 135,53 x 17,18



Superfícies (mm²)

Pla	35944,62
Testa	4556,57
Cantell	2328,32

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,04 Kg

Valors tècnics

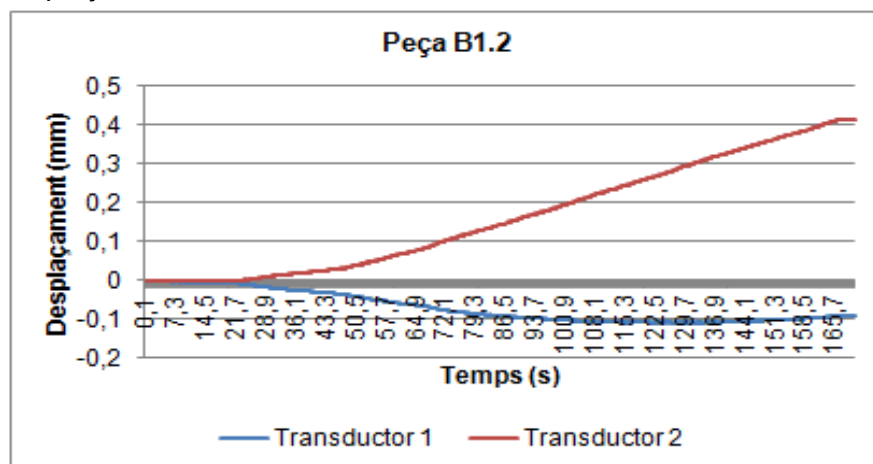
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

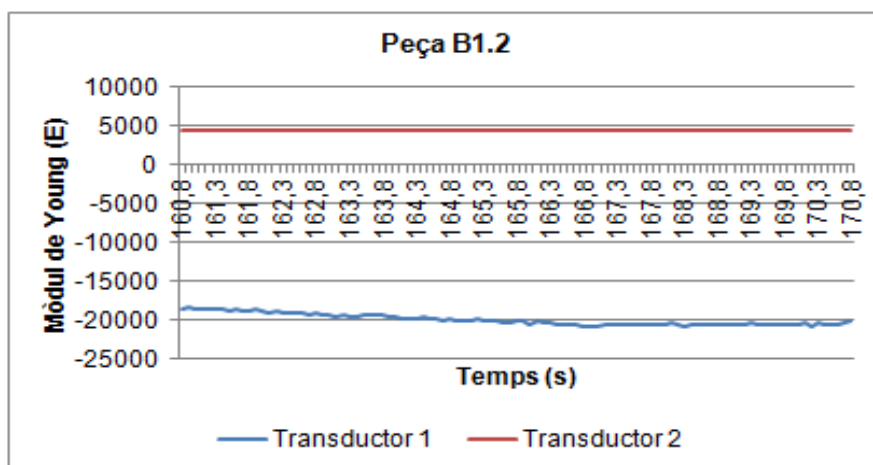
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.2	668,831 Hz	809,545 Hz	1768,550 Hz	1798,703 Hz	2970,753 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 4450,52 N/mm²

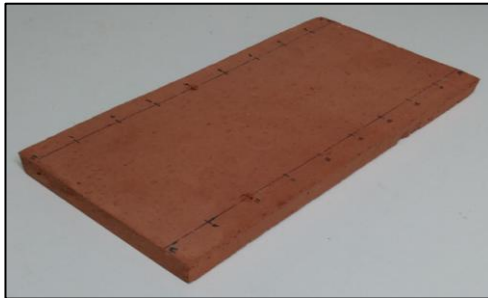
Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B1.3

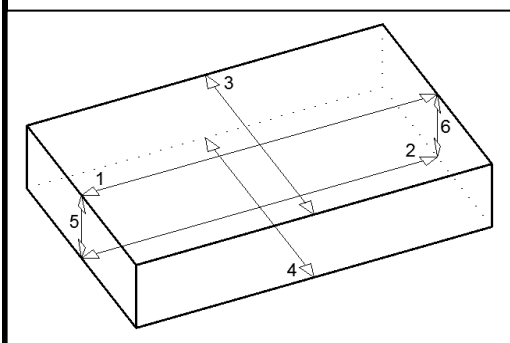
Dades generals

Nomenclatura B1.3
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

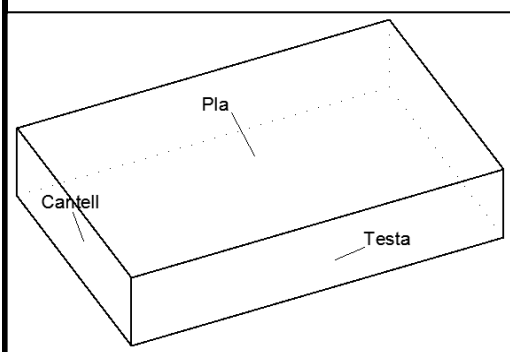
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	265,21	Mitjana 265,20
	2	265,18	
Ample	3	135,86	135,73
	4	135,60	
Gruix	5	18,94	17,33
	6	15,72	

265,20 x 135,73 x 17,33



Superfícies (mm²)

Pla	35994,92
Testa	4595,83
Cantell	2352,20

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

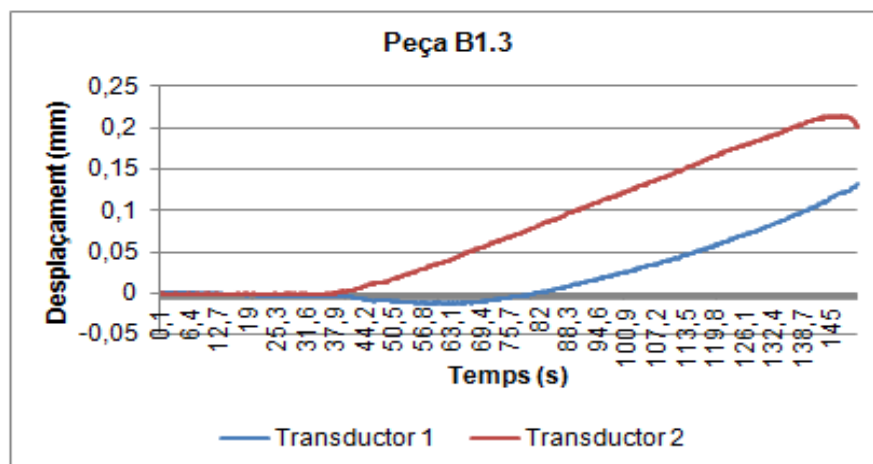
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

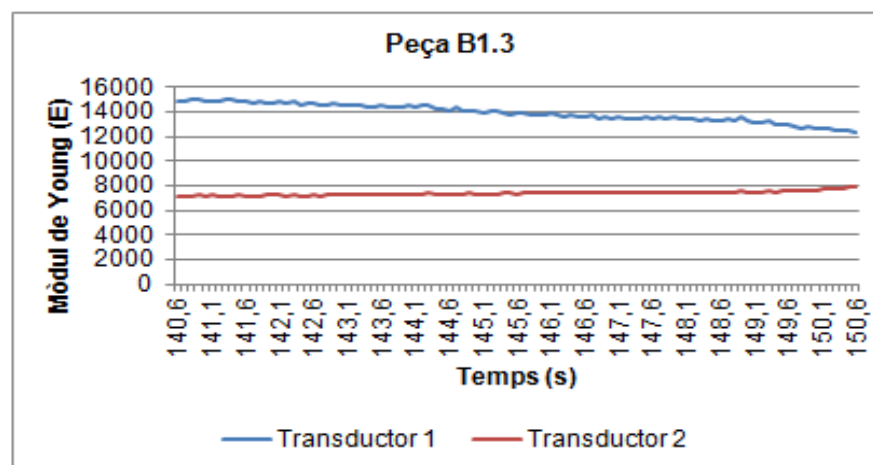
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.3	624,648 Hz	769,593 Hz	1695,444 Hz	1769,200 Hz	2868,485 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 13945,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 7398,69 \text{ N/mm}^2$$

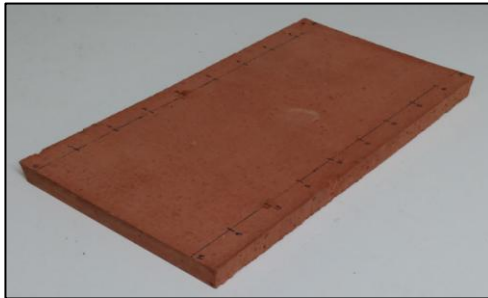
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 10672,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 30,67\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B1.4

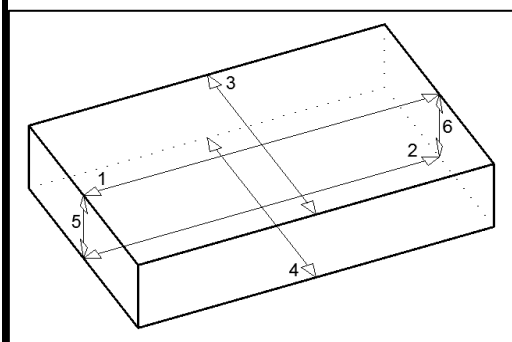
Dades generals

Nomenclatura B1.4
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

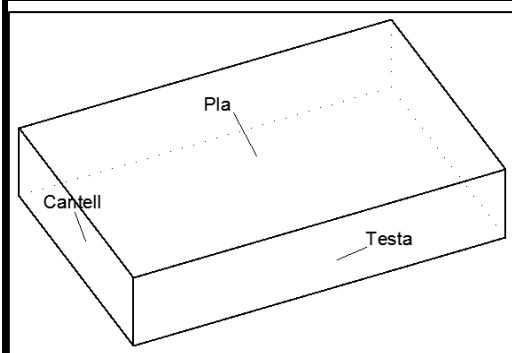
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

			Mitjana
Longitud	1	248,63	248,58
	2	248,52	
Ample	3	137,53	137,09
	4	136,65	
Gruix	5	17,79	17,80
	6	17,8	

248,58 x 137,09 x 17,80



Superfícies (mm²)

Pla	34077,15
Testa	4423,39
Cantell	2439,52

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

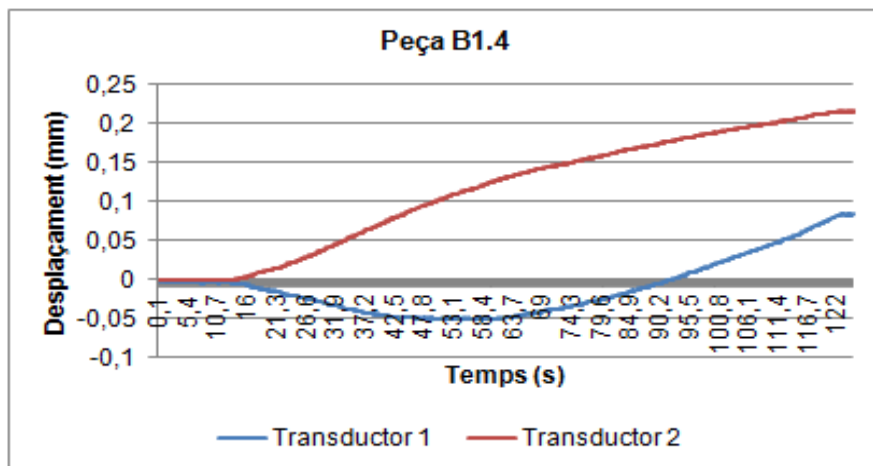
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

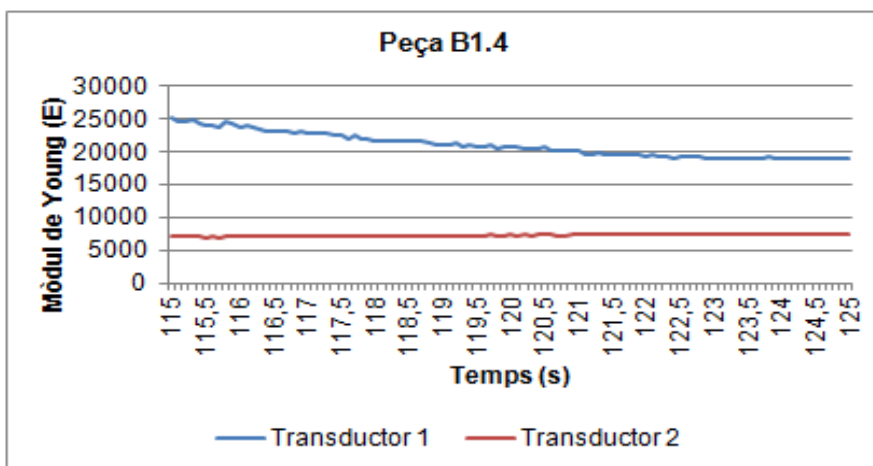
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.4	775,173 Hz	883,809 Hz	1943,534 Hz	2074,809 Hz	3241,881 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 21023,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 7254,19 \text{ N/mm}^2$$

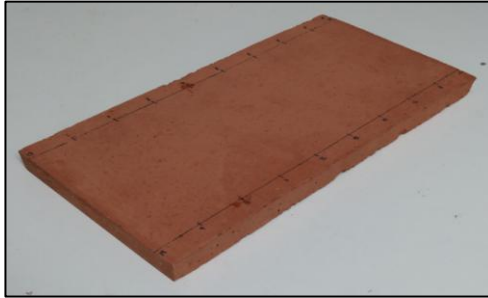
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 14138,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 48,69\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B1.5

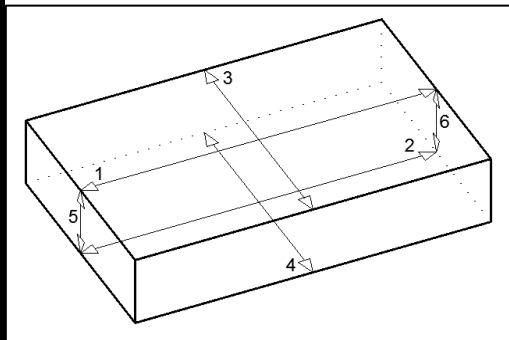
Dades generals

Nomenclatura B1.5
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

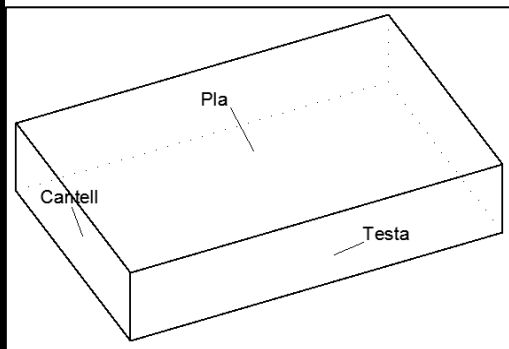
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	266,74	Mitjana 266,70
	2	266,66	
Ample	3	135,32	135,32
	4	135,32	
Gruix	5	18,70	18,34
	6	17,98	

266,70 x 135,32 x 18,34



Superfícies (mm²)

Pla	36089,84
Testa	4891,28
Cantell	2481,77

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,14 Kg

Valors tècnics

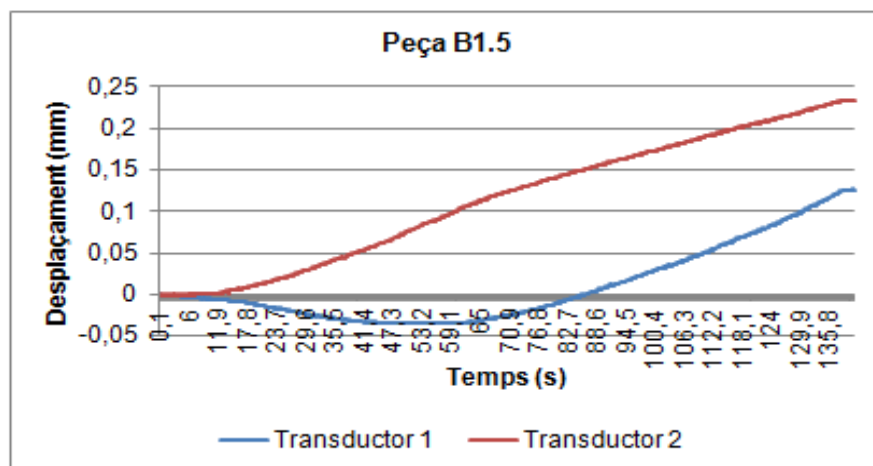
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

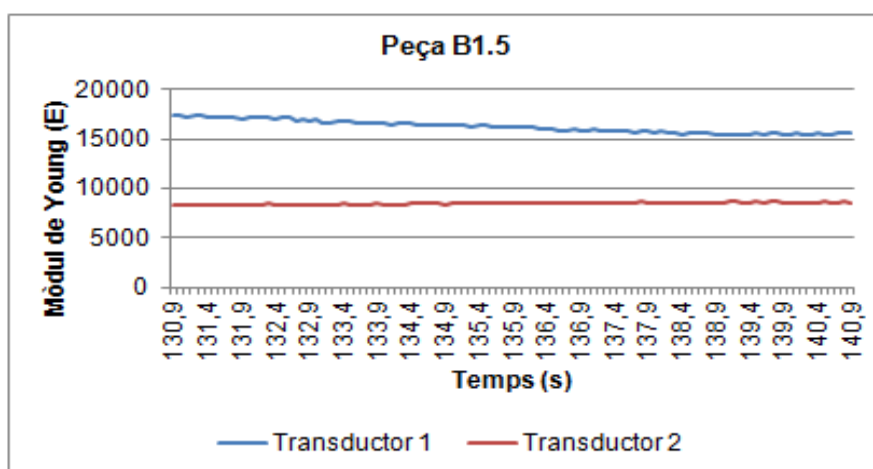
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B1.5	696,156 Hz	849,472 Hz	1867,120 Hz	1891,463 Hz	3102,769 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 16268,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 8485,16 \text{ N/mm}^2$$

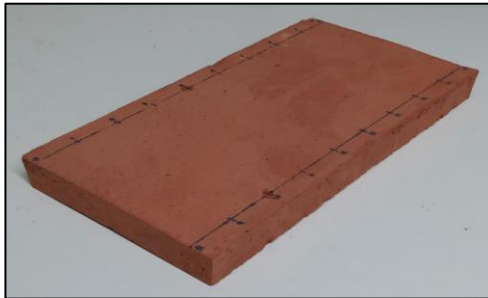
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 12376,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 31,44\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B2.1

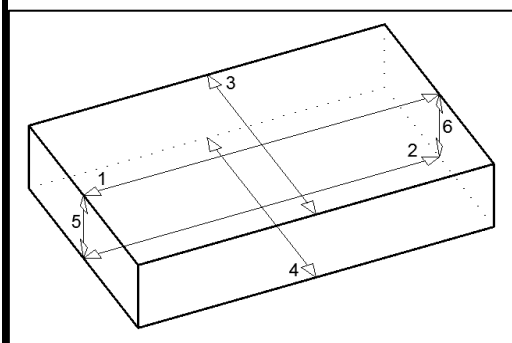
Dades generals

Nomenclatura B2.1
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

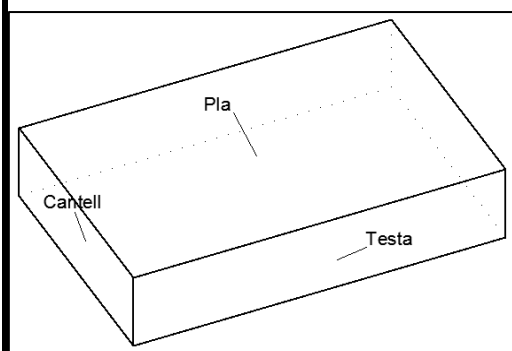
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	259,45	Mitjana 259,40
	2	259,34	
Ample	3	135,22	134,08
	4	132,93	
Gruix	5	26,35	26,41
	6	26,47	

259,40 x 134,08 x 26,41



Superfícies (mm²)

Pla	34778,38
Testa	6850,62
Cantell	3540,92

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

Mòdul de Young dinàmic

Freqüències experimentals obtingudes:

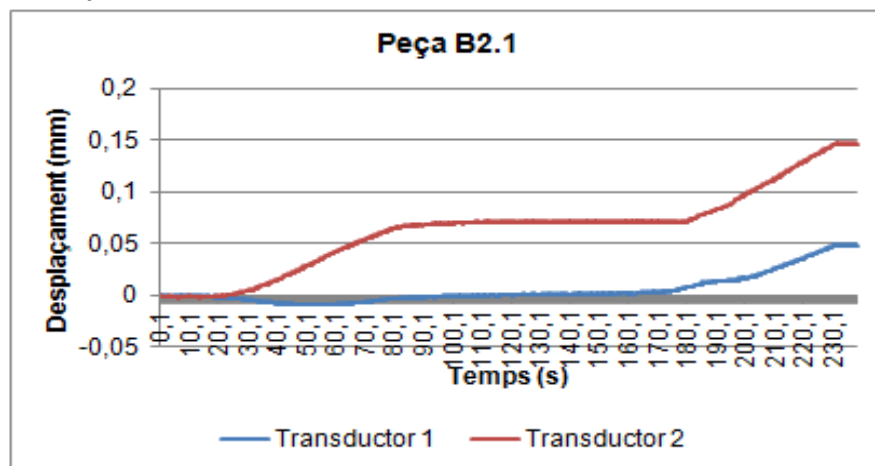
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.1	1071,656 Hz	1244,867 Hz	2650,786 Hz	2788,653 Hz	4422,689 Hz	✓

Freqüències teòriques obtingudes:

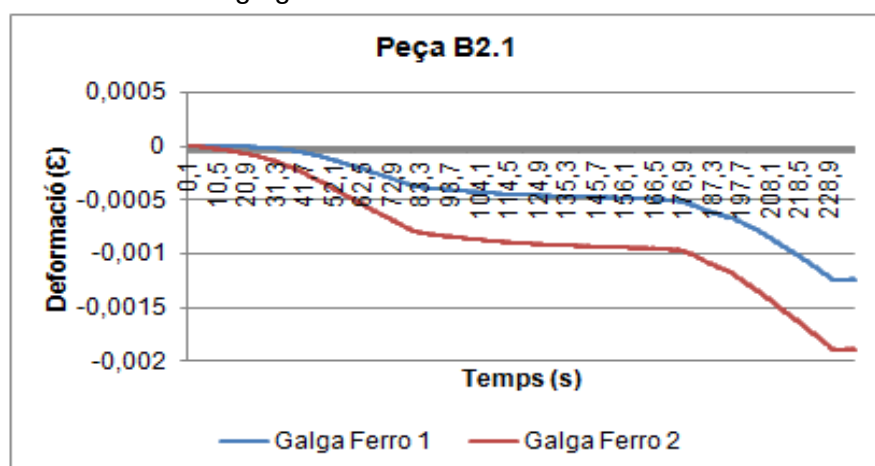
Mòdul de Young Dinàmic (N/m ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
10962789600.00	1048.39	1222.34	2603.94	2766.61	3846.88
11484827200.00	1073.06	1251.10	2665.22	2831.71	3937.41
12006864800.00	1097.18	1279.22	2725.12	2895.36	4025.90
12528902400.00	1120.77	1306.73	2783.73	2957.63	4112.49
13050940000.00	1143.89	1333.68	2841.13	3018.62	4197.29
13572977600.00	1166.54	1360.09	2897.40	3078.40	4280.42
14095015200.00	1188.76	1386.00	2952.59	3137.04	4361.96
14617052800.00	1210.57	1411.43	3006.77	3194.60	4442.00
15139090400.00	1232.00	1436.42	3059.99	3251.15	4520.62
15661128000.00	1253.06	1460.97	3112.31	3306.73	4597.91

Mòdul de Young estàtic

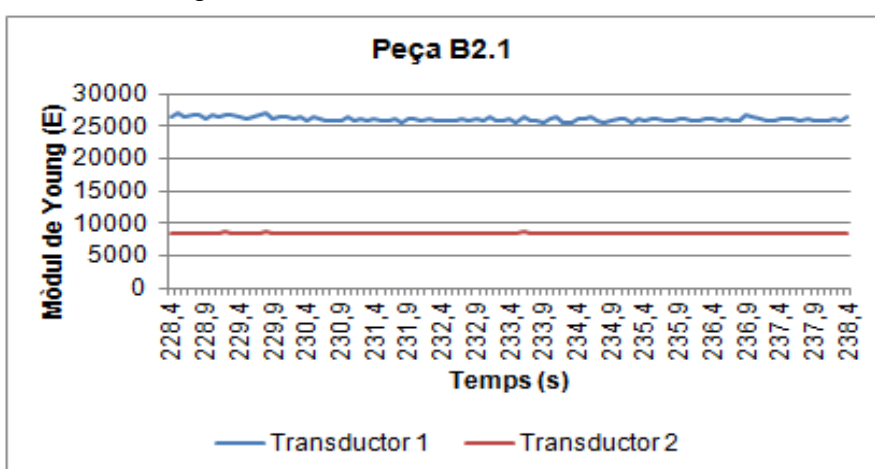
Gràfica del desplaçament dels transductors:



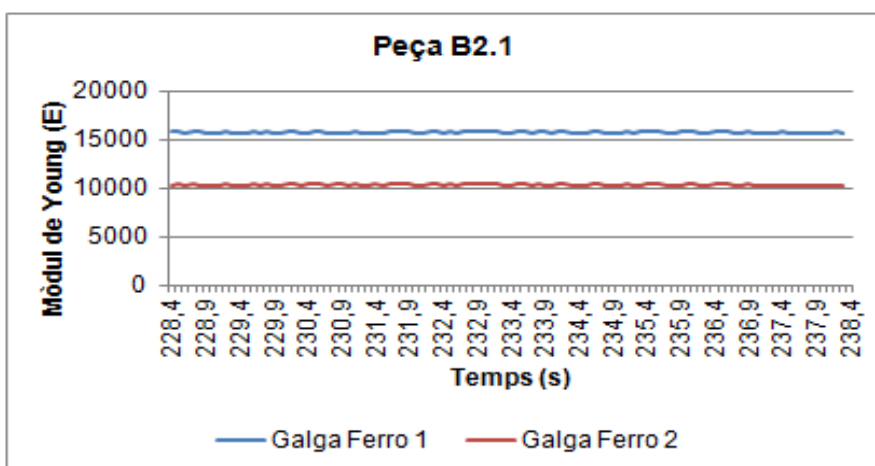
Gràfica del deformació de les galgues:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Gràfica del mòdul de les galgues:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 } (E_{\text{trans1}}) = 26165,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 } (E_{\text{trans2}}) = 8527,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young dels transductors } (E_{\text{trans}}) = 17346,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 50,84\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 15760,31 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 10341,56 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **13050,94 N/mm²**

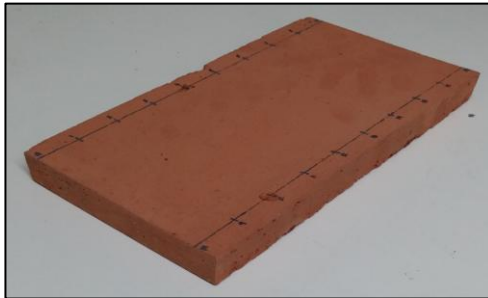
Dispersió dels resultats = 20,76% Acceptació = Sí

Mòdul de Young (E) = **13050,94 N/mm²**

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B2.2

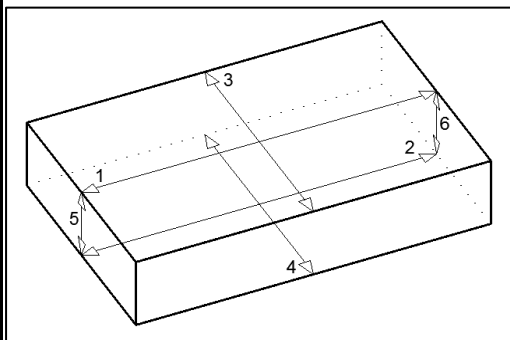
Dades generals

Nomenclatura B2.2
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

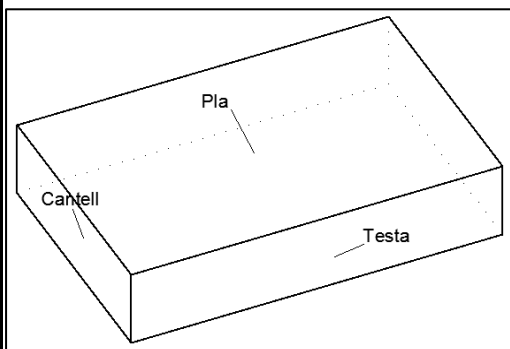
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	247,77	Mitjana 247,78
	2	247,78	
Ample	3	134,24	134,27
	4	134,3	
Gruix	5	25,32	25,45
	6	25,57	

247,78 x 134,27 x 25,45



Superfícies (mm²)

Pla	33268,75
Testa	6304,63
Cantell	3416,50

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,41 Kg

Valors tècnics

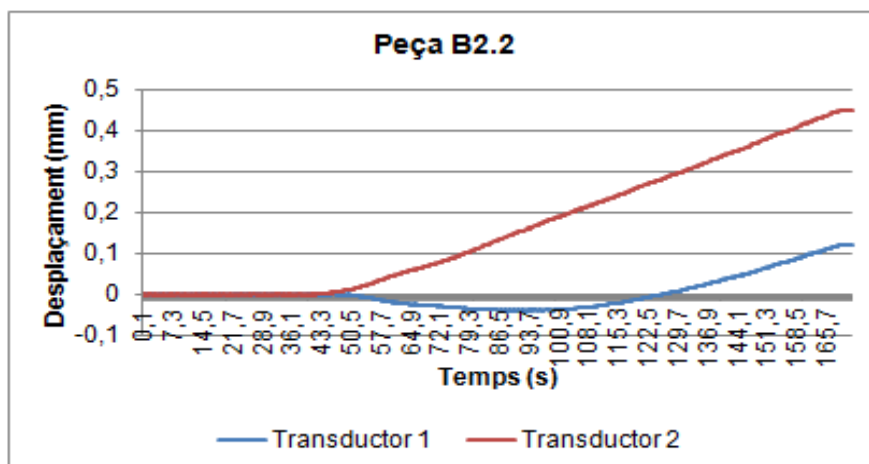
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

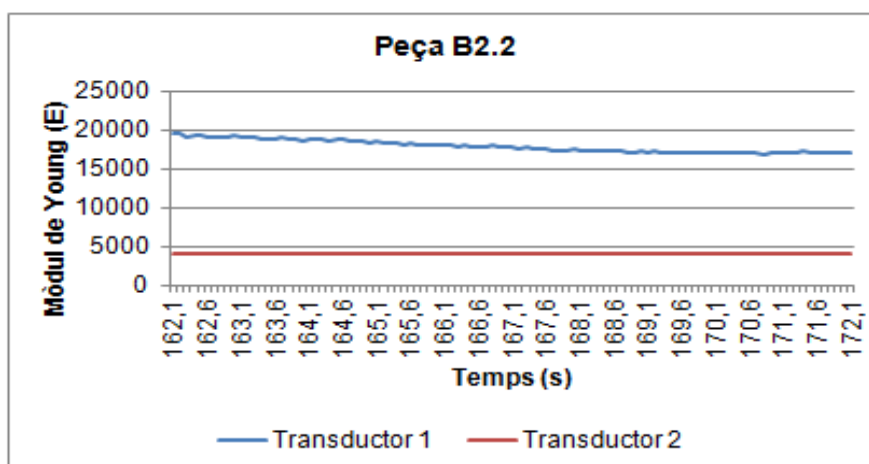
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.2	1124,458 Hz	1264,525 Hz	2716,317 Hz	2906,012 Hz	4458,946 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 17900,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 3988,09 \text{ N/mm}^2$$

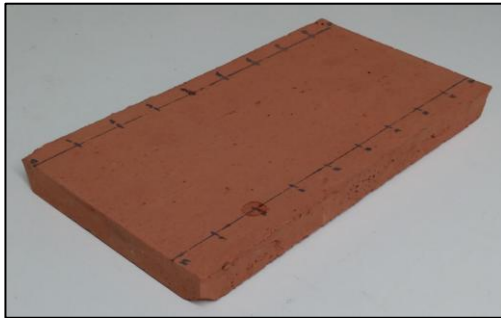
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 10944,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 63,56\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B2.3

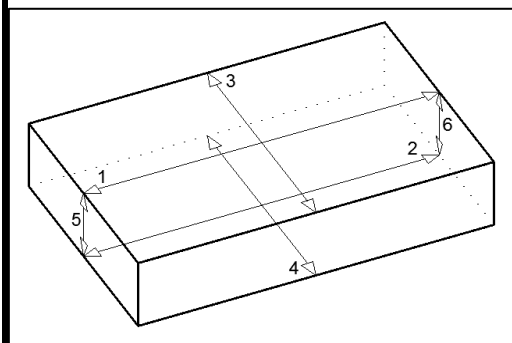
Dades generals

Nomenclatura B2.3
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

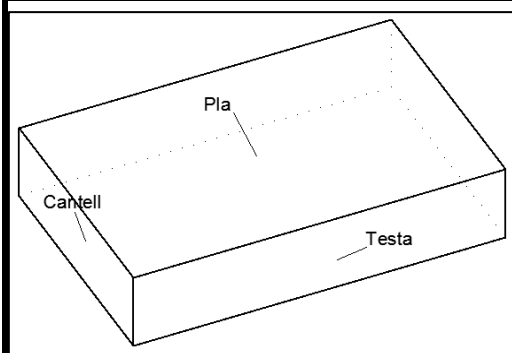
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	247,34	Mitjana 247,29
	2	247,24	
Ample	3	134,2	134,20
	4	134,19	
Gruix	5	27,21	26,65
	6	26,09	

247,29 x 134,20 x 26,65



Superfícies (mm²)

Pla	33185,08
Testa	6590,28
Cantell	3576,30

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,00 Kg

Valors tècnics

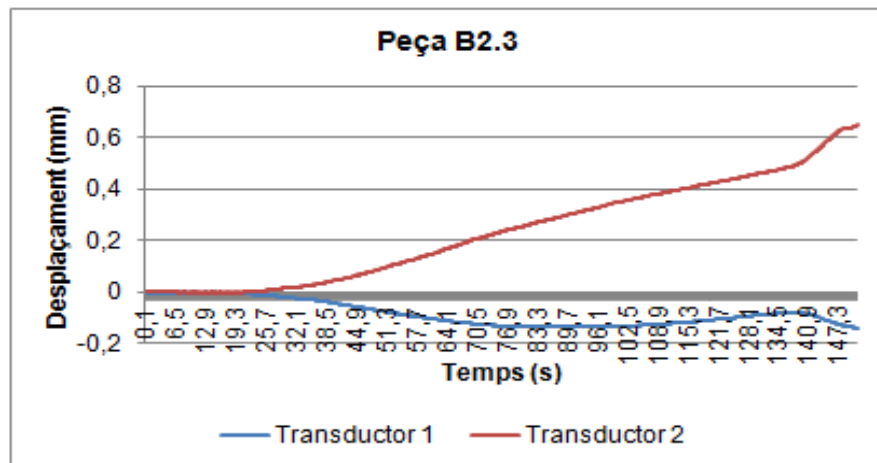
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

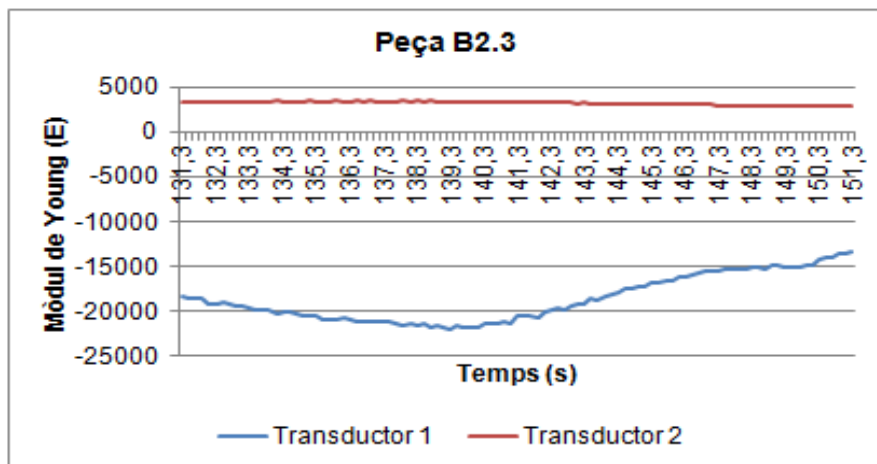
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.3	1139,737 Hz	1290,174 Hz	2796,559 Hz	2982,220 Hz	4628,698 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 3261,94 N/mm²

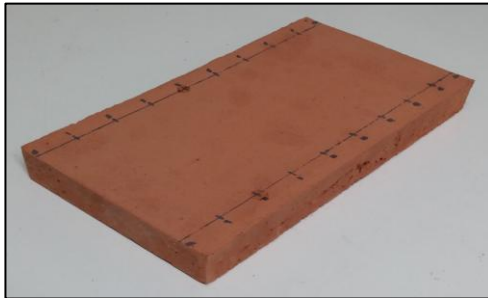
Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B2.4

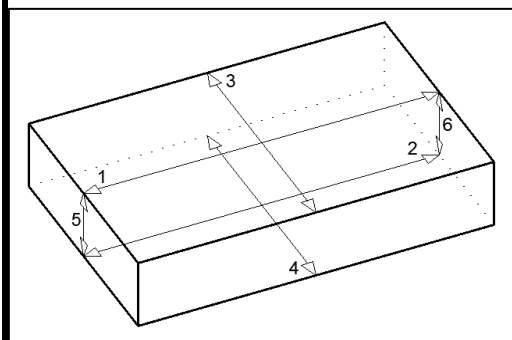
Dades generals

Nomenclatura B2.4
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

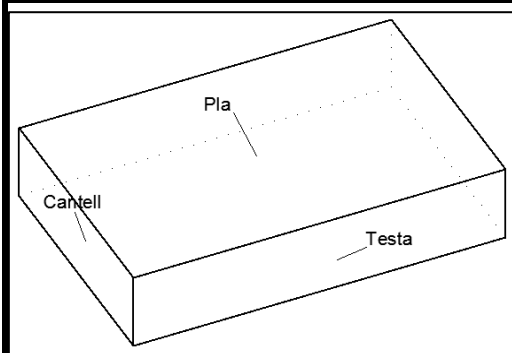
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	237,7	Mitjana 237,71
	2	237,72	
Ample	3	134,44	134,23
	4	134,02	
Gruix	5	26,61	26,91
	6	27,21	

237,71 x 134,23 x 26,91



Superfícies (mm²)

Pla	31907,81
Testa	6396,78
Cantell	3612,13

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,43 Kg

Valors tècnics

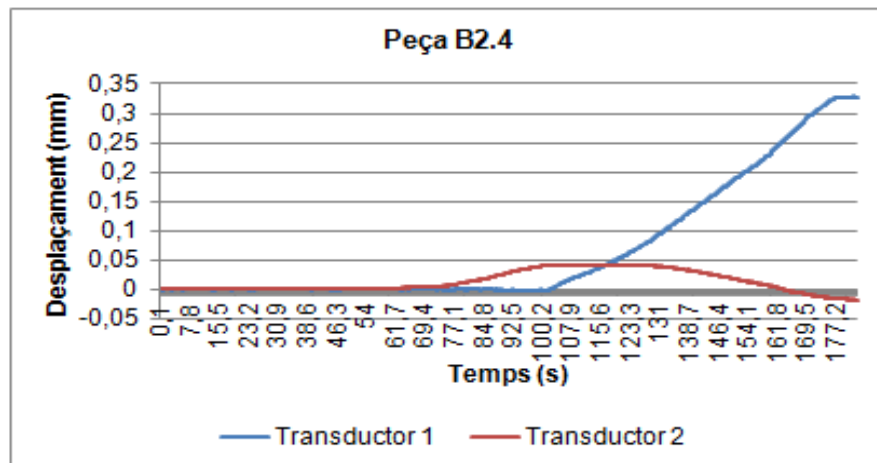
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

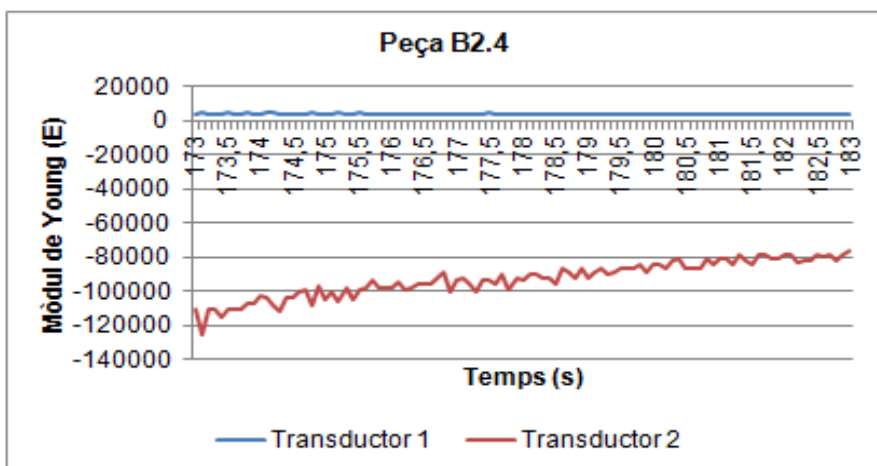
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.4	1288,679 Hz	1388,932 Hz	2992,718 Hz	3287,780 Hz	4977,257 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 4527,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = \text{No s'ha calculat perquè tenim valors negatius}$$

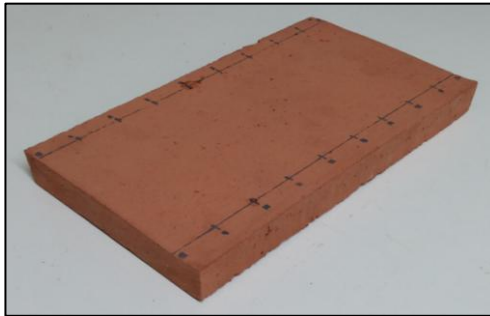
$$\text{Mòdul de Young (E)} = \text{No es pot calcular}$$

$$\text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B2.5

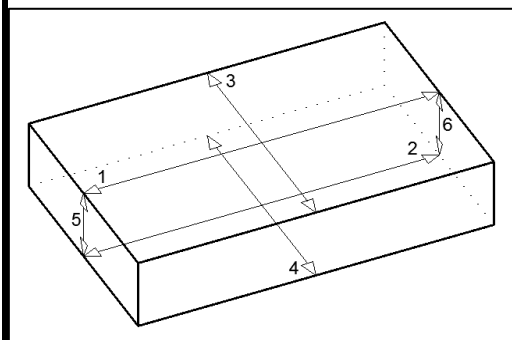
Dades generals

Nomenclatura B2.5
 Fabricant Ceràmica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

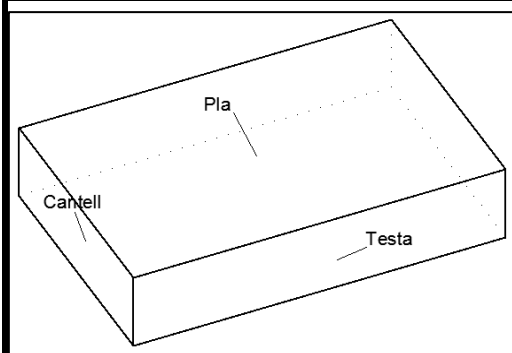
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	241,36	Mitjana 241,39
	2	241,42	
Ample	3	134,98	134,39
	4	133,8	
Gruix	5	26,14	26,26
	6	26,38	

241,39 x 134,39 x 26,26



Superfícies (mm²)

Pla	32440,40
Testa	6338,90
Cantell	3529,08

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 1,41 Kg

Valors tècnics

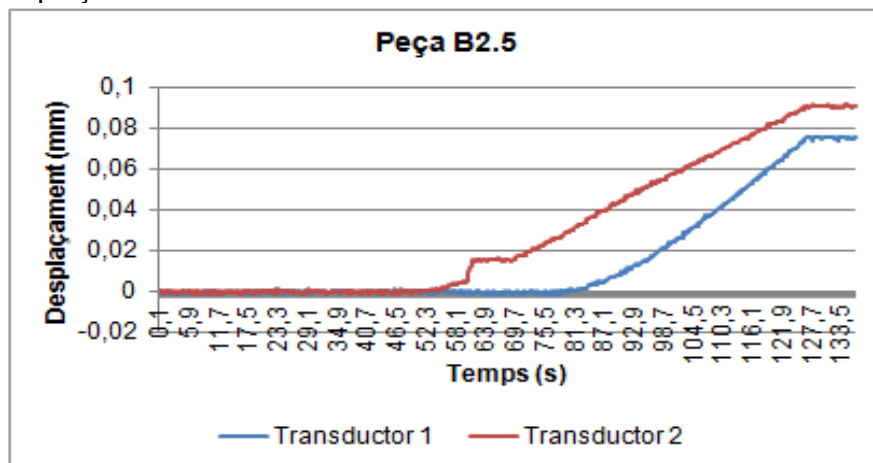
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

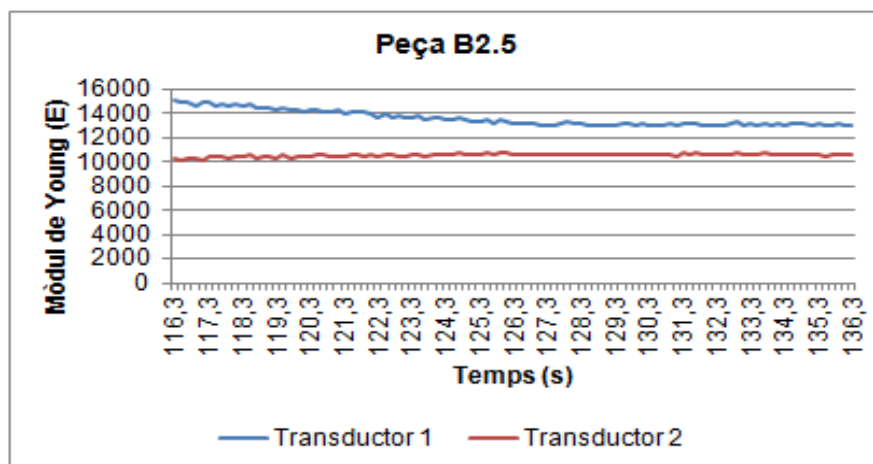
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B2.5	1240,250 Hz	1320,351 Hz	2808,104 Hz	3152,377 Hz	4707,256 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 13592,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 10554,13 \text{ N/mm}^2$$

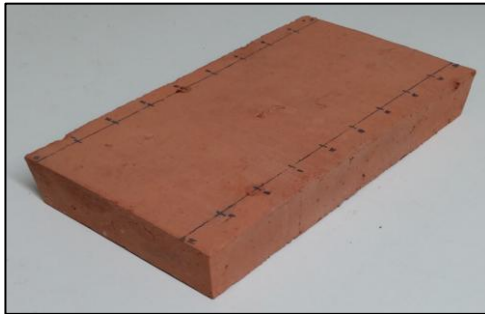
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 12073,10 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 12,58\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B3.1

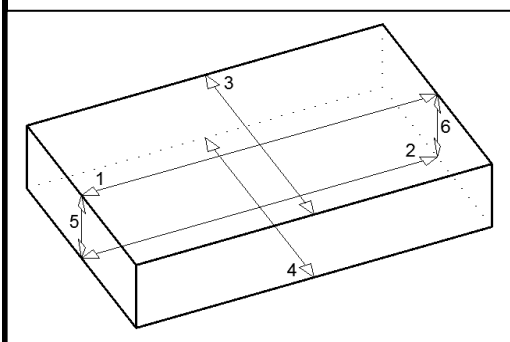
Dades generals

Nomenclatura B3.1
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

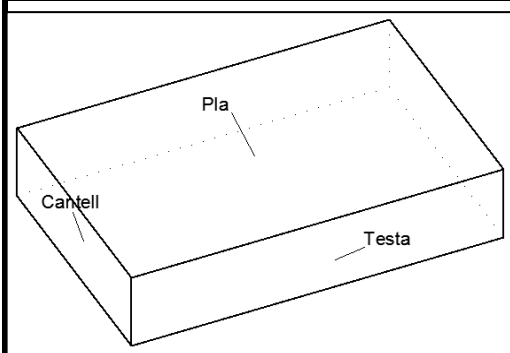
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	249,19	Mitjana 249,14
	2	249,09	
Ample	3	134,62	132,80
	4	130,98	
Gruix	5	44,91	44,87
	6	44,83	

249,14 x 132,80 x 44,87



Superfícies (mm²)

Pla	33085,79
Testa	11178,91
Cantell	5958,74

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

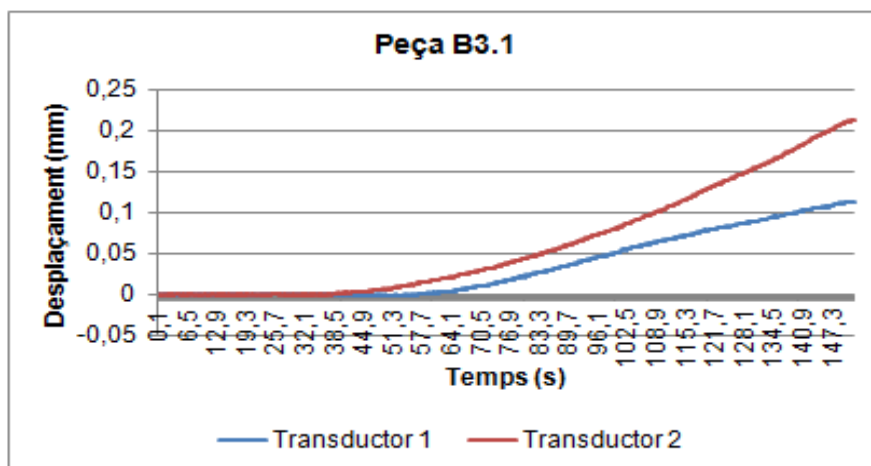
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

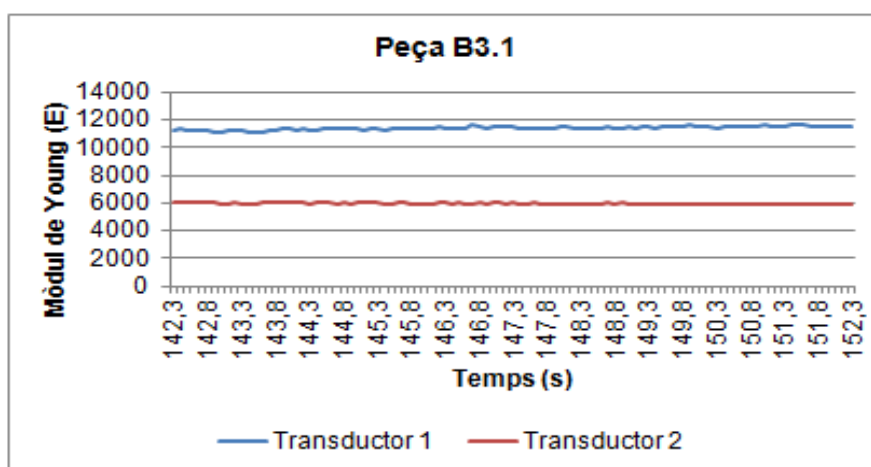
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.1	1723,795 Hz	1879,099 Hz	3821,080 Hz	4105,205 Hz	6014,015 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 11411,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 5964,65 \text{ N/mm}^2$$

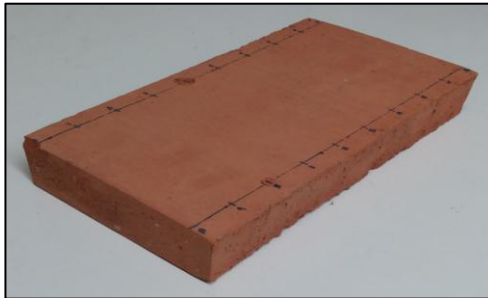
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 8688,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 31,35\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B3.2

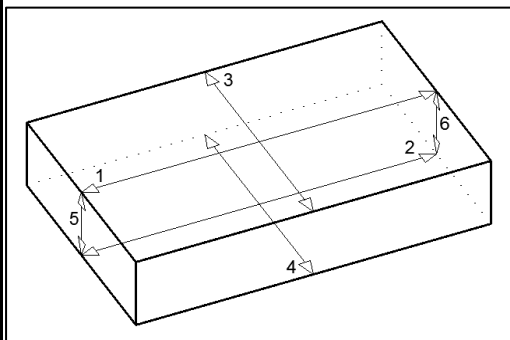
Dades generals

Nomenclatura B3.2
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

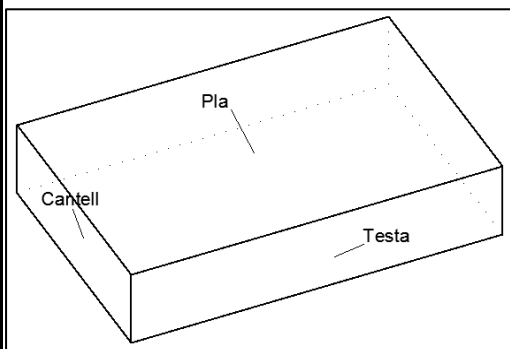
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	247,14	Mitjana 247,12
	2	247,1	
Ample	3	135,82	134,72
	4	133,62	
Gruix	5	45,62	45,24
	6	44,85	

247,12 x 134,72 x 45,24



Superfícies (mm²)

Pla	33292,01
Testa	11178,47
Cantell	6094,06

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

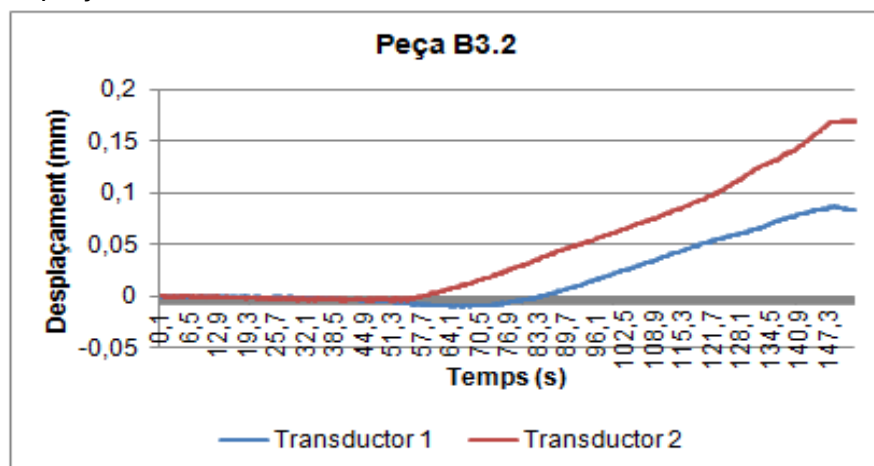
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

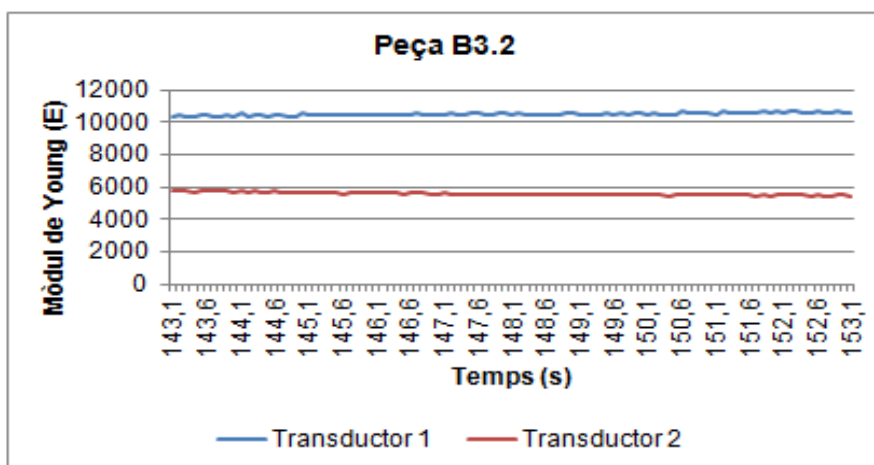
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.2	1679,505 Hz	1912,431 Hz	3882,458 Hz	4042,613 Hz	5993,862 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 10538,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 5595,54 \text{ N/mm}^2$$

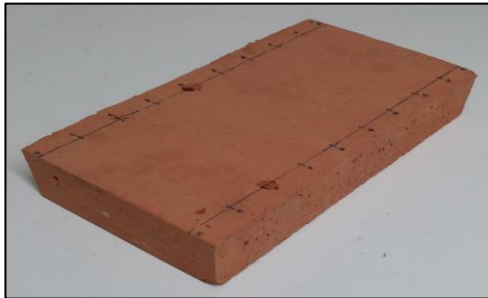
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 8066,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 30,64\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B3.3

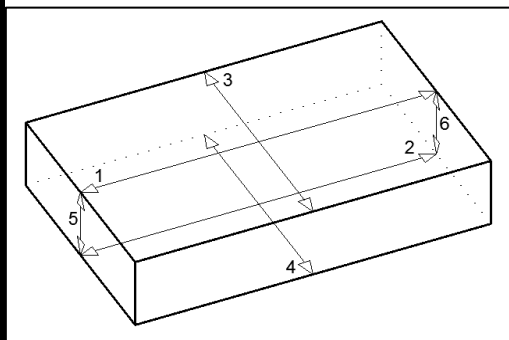
Dades generals

Nomenclatura B3.3
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

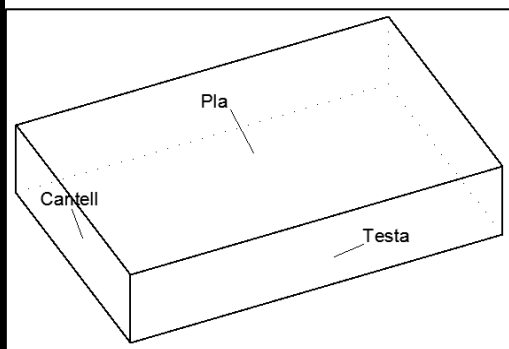
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	247,01	Mitjana 246,96
	2	246,9	
Ample	3	134,48	133,88
	4	133,27	
Gruix	5	46,03	45,84
	6	45,64	

246,96 x 133,88 x 45,84



Superfícies (mm²)

Pla	33061,10
Testa	11319,18
Cantell	6136,16

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

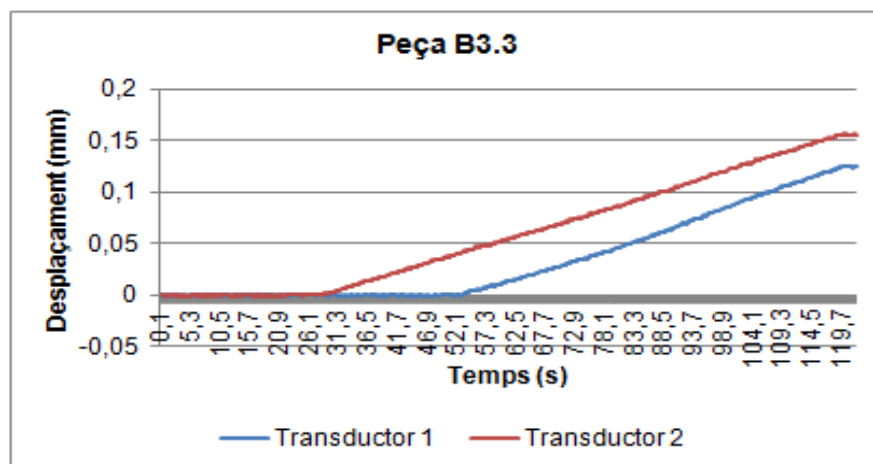
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

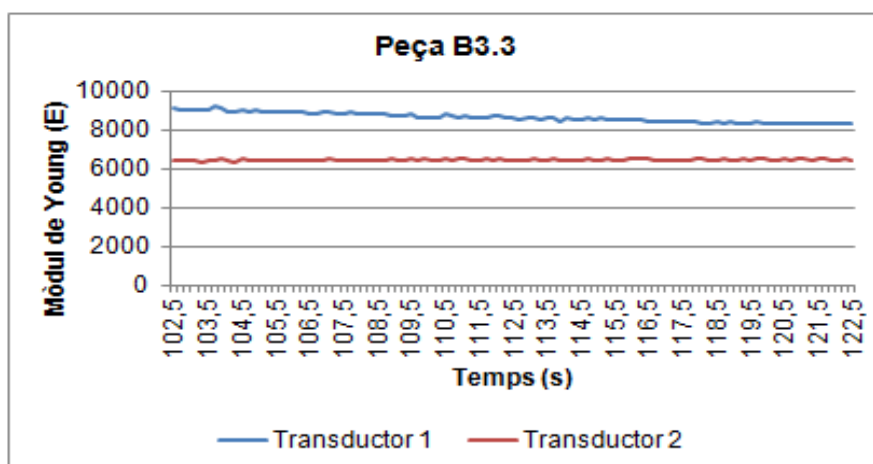
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.3	1683,217 Hz	1877,750 Hz	3833,875 Hz	3966,385 Hz	5980,411 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 8651,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 6461,84 \text{ N/mm}^2$$

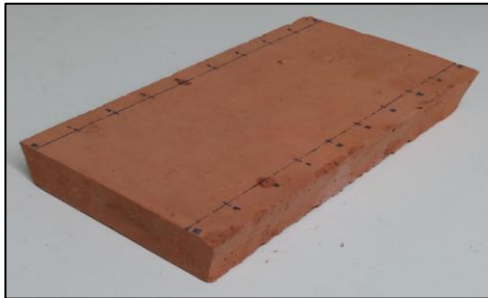
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 7556,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 14,49\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B3.4

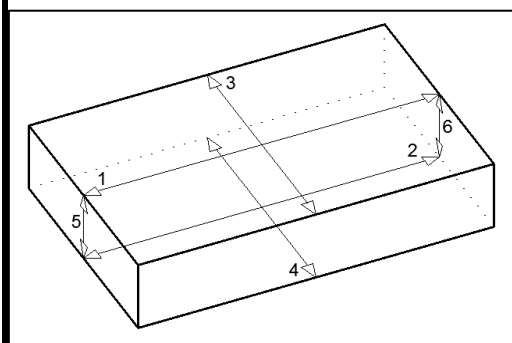
Dades generals

Nomenclatura B3.4
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

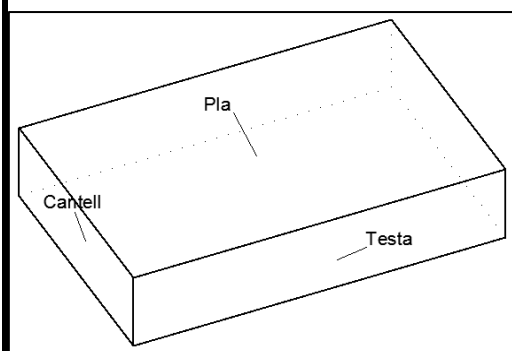
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	248,92	Mitjana 248,82
	2	248,71	
Ample	3	134,49	133,02
	4	131,54	
Gruix	5	44,95	44,93
	6	44,91	

248,82 x 133,02 x 44,93



Superfícies (mm²)

Pla	33096,13
Testa	11179,26
Cantell	5976,36

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

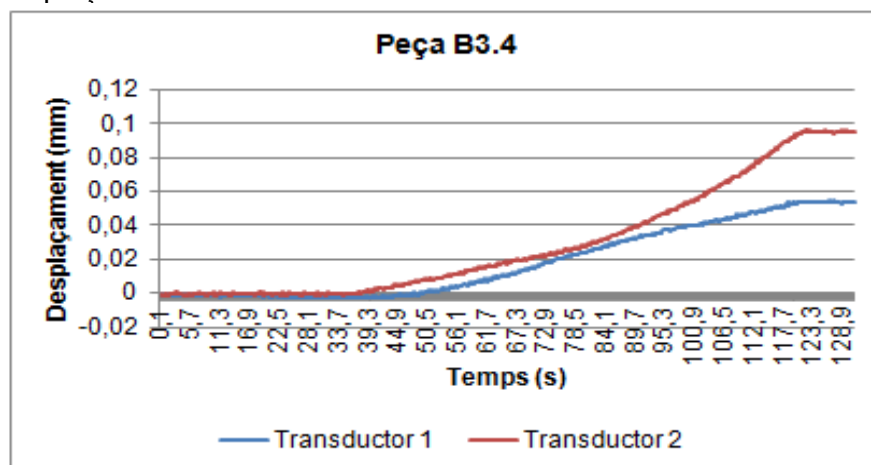
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

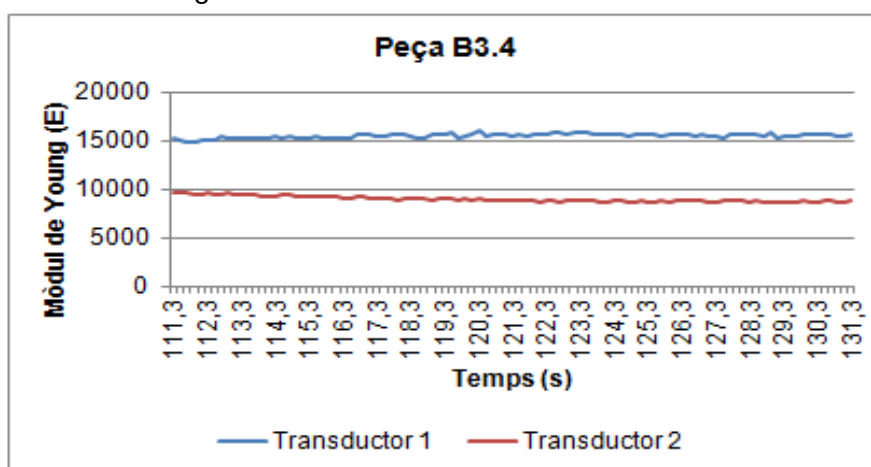
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.4	1687,075 Hz	1863,795 Hz	3799,734 Hz	4004,687 Hz	5904,109 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 15505,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 8966,98 \text{ N/mm}^2$$

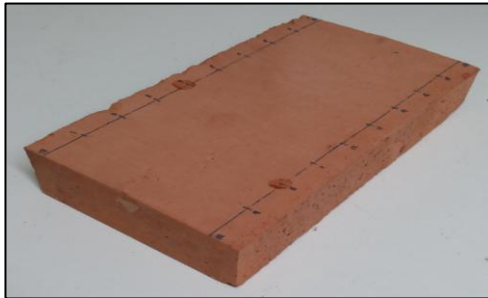
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 12236,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 26,72\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA B3.5

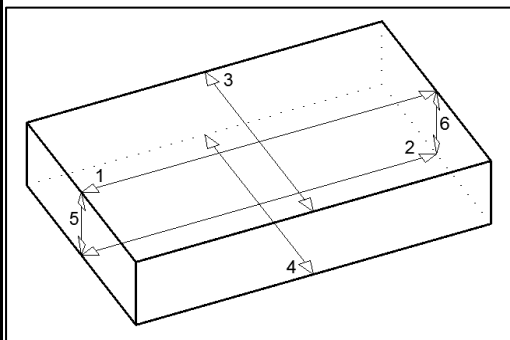
Dades generals

Nomenclatura B3.5
 Fabricant Ceramica Elias
 Procedència El Bruc
 Tipus argila Vermella
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

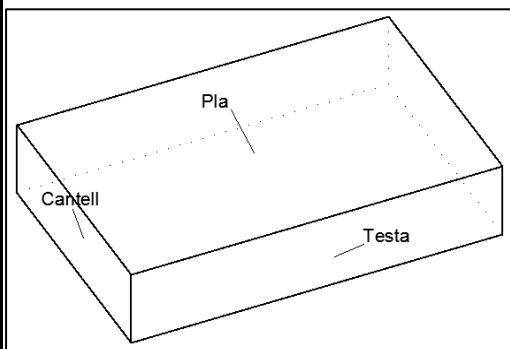
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	245,88	Mitjana 245,81
	2	245,74	
Ample	3	134,15	133,66
	4	133,17	
Gruix	5	46,29	46,41
	6	46,53	

245,81 x 133,66 x 46,41



Superfícies (mm²)

Pla	32854,96
Testa	11408,04
Cantell	6203,16

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

Mòdul de Young dinàmic

Freqüències experimentals obtingudes:

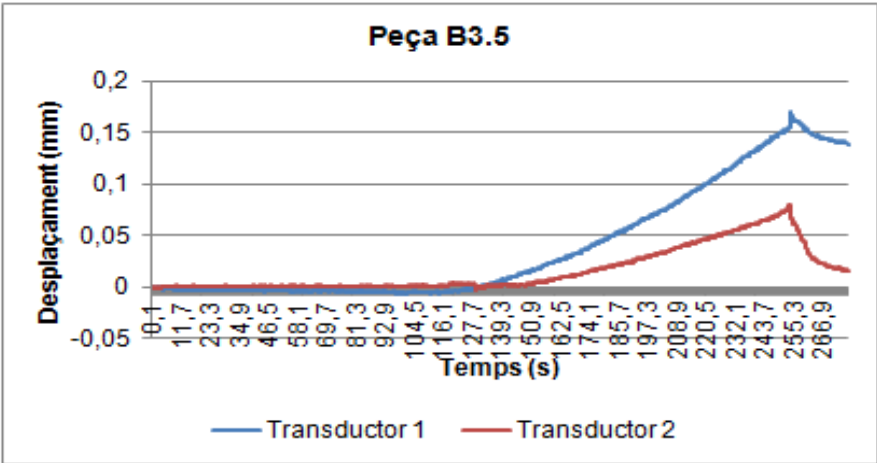
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça B3.5	1670,040 Hz	1856,077 Hz	3813,575 Hz	3987,679 Hz	5992,297 Hz	✓

Freqüències teòriques obtingudes:

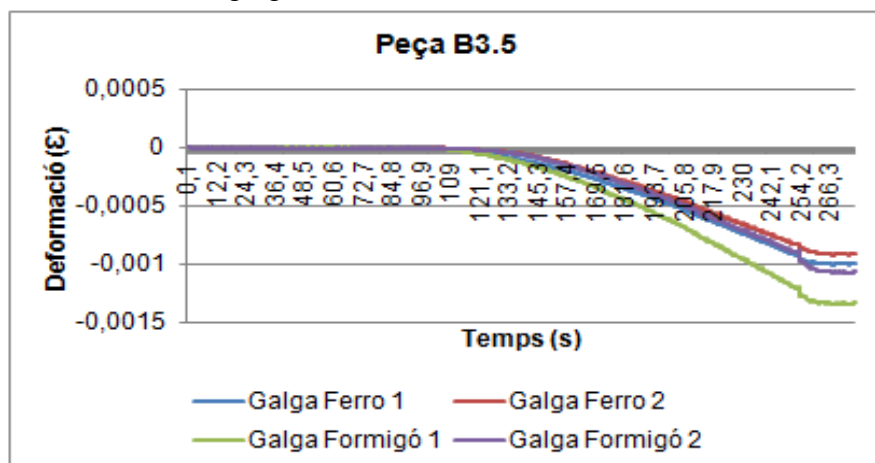
Mòdul de Young Dinàmic (N/m²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
8213133600.00	1651.58	1756.06	3253.23	3587.36	4712.69
8604235200.00	1690.44	1797.38	3329.78	3671.78	4823.59
8995336800.00	1728.44	1837.78	3404.62	3754.30	4932.00
9386438400.00	1765.61	1877.30	3477.85	3835.05	5038.07
9777540000.00	1802.02	1916.01	3549.56	3914.13	5141.96
10168641600.00	1837.71	1953.96	3619.86	3991.65	5243.79
10559743200.00	1872.71	1991.18	3688.81	4067.69	5343.68
10950844800.00	1907.08	2027.72	3756.50	4142.33	5441.74
11341946400.00	1940.83	2063.61	3822.99	4215.65	5538.06
11733048000.00	1974.01	2098.89	3888.35	4287.72	5632.74

Mòdul de Young estàtic

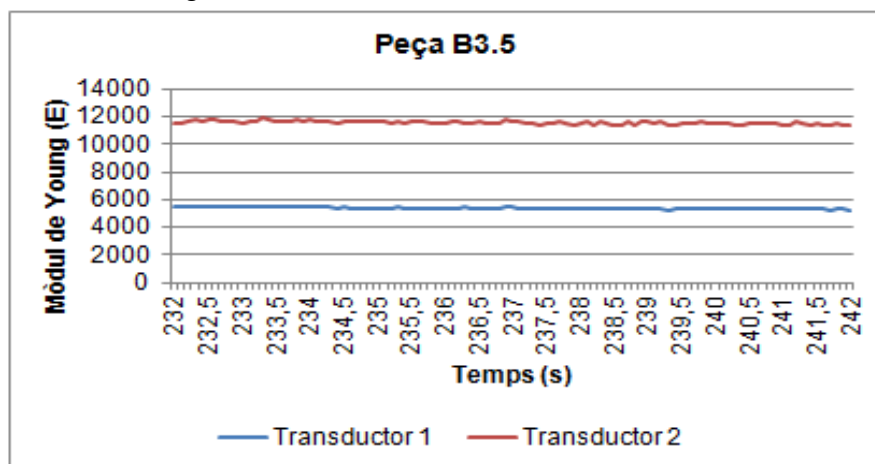
Gràfica del desplaçament dels transductors:



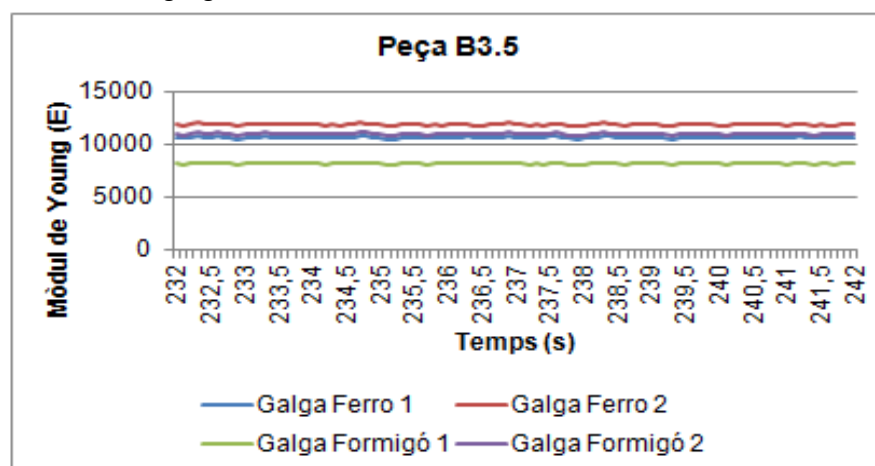
Gràfica del deformació de les galgues:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Gràfica del mòdul de les galgues:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 } (E_{\text{trans1}}) = 5387,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 } (E_{\text{trans2}}) = 11576,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young dels transductors } (E_{\text{trans}}) = 8482,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 36,49\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

Mòdul de Young de la galga de ferro 1 (E_{fer1}) = 10648,21 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de ferro 2 (E_{fer2}) = 11885,32 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de ferro (E_{fer}) = **11266,76 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 5,49% Acceptació = Sí

Mòdul de Young de la galga de formigó 1 (E_{form1}) = 8174,42 N/mm²

Mòdul de Young de la galga de formigó 2 (E_{form2}) = 10992,98 N/mm²

Mòdul de Young de les galgues de formigó (E_{form}) = **9583,70 N/mm²**

Dispersió dels resultats = 14,70% Acceptació = Sí

Mòdul de Young (E) = **9777,54 N/mm²**

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA C3.1

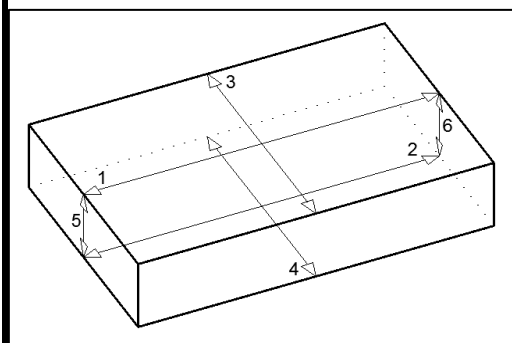
Dades generals

Nomenclatura C3.1
 Fabricant Desconegut
 Procedència Desconeguda
 Tipus argila Desconeguda
 Fotografia



Dimensions i Superfícies

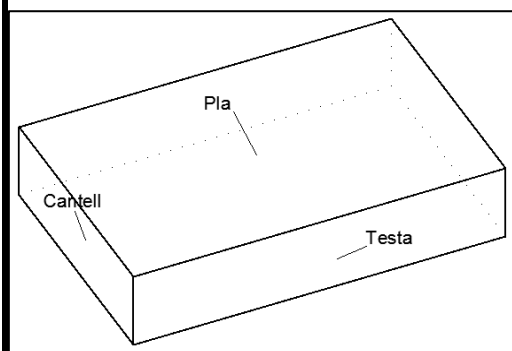
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	265,31	Mitjana 265,25
	2	265,18	
Ample	3	135,62	135,12
	4	134,61	
Gruix	5	47,99	47,88
	6	47,77	

265,25 x 135,12 x 47,88



Superfícies (mm²)

Pla	35838,58
Testa	12699,93
Cantell	6469,31

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

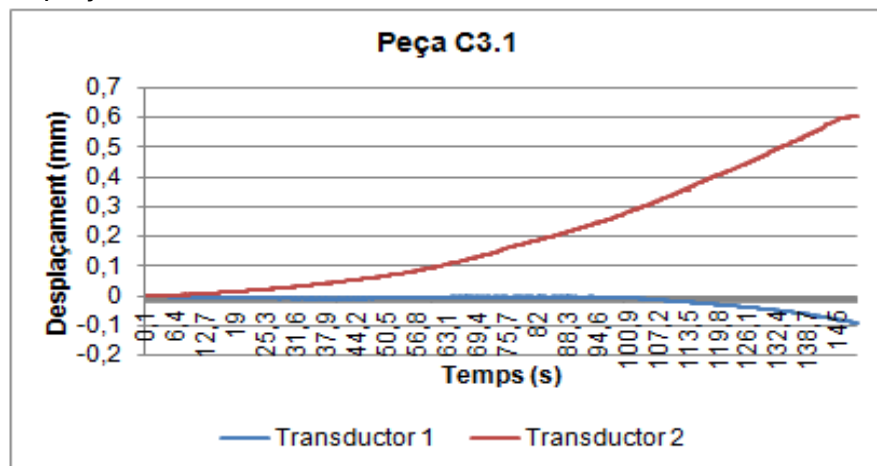
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

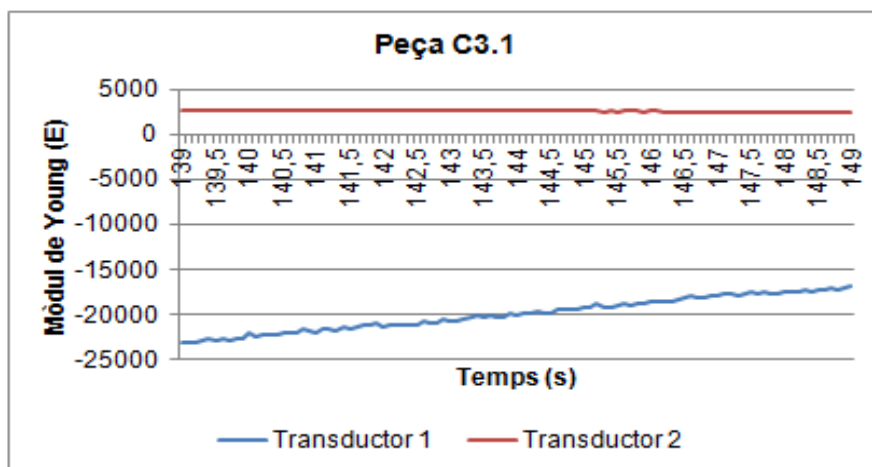
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.1	1530,057 Hz	1784,176 Hz	3619,328 Hz	3721,302 Hz	5614,165 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 2615,57 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA C3.2

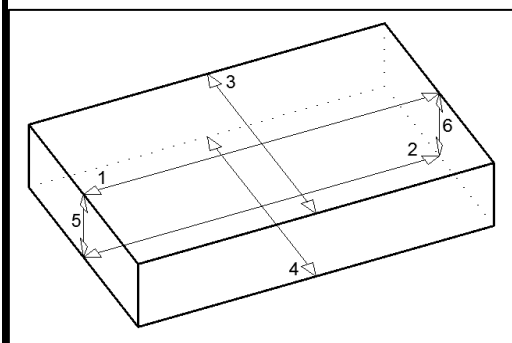
Dades generals

Nomenclatura	C3.2
Fabricant	Desconegut
Procedència	Desconeguda
Tipus argila	Desconeguda
Fotografia	



Dimensions i Superfícies

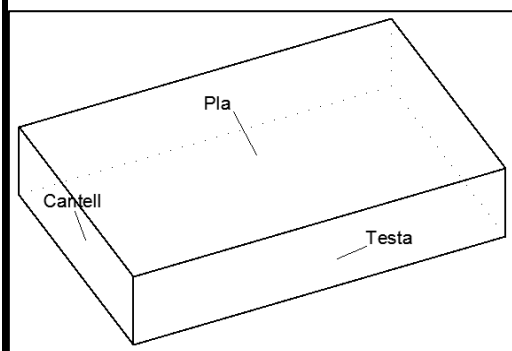
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

			Mitjana
Longitud	1	265,31	265,35
	2	265,39	
Ample	3	135,48	136,24
	4	136,99	
Gruix	5	45,59	46,98
	6	48,36	

265,35 x 136,24 x 46,98



Superfícies (mm²)

Pla	36149,96
Testa	12464,82
Cantell	6399,64

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 3,00 Kg

Valors tècnics

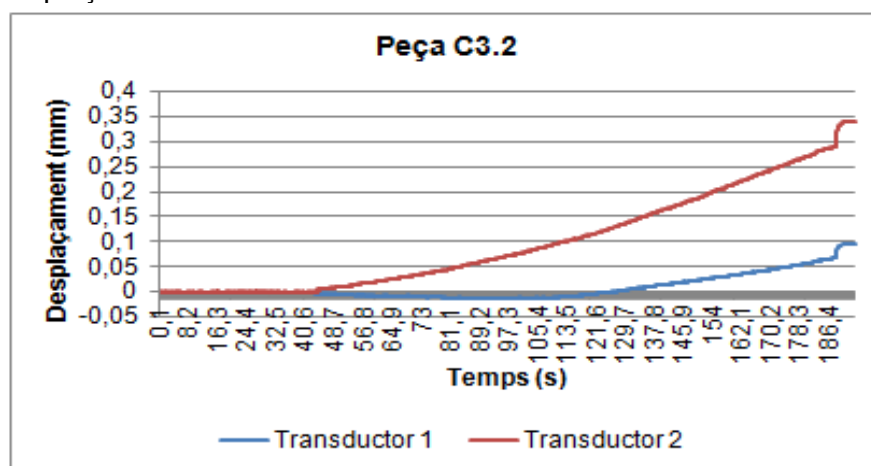
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

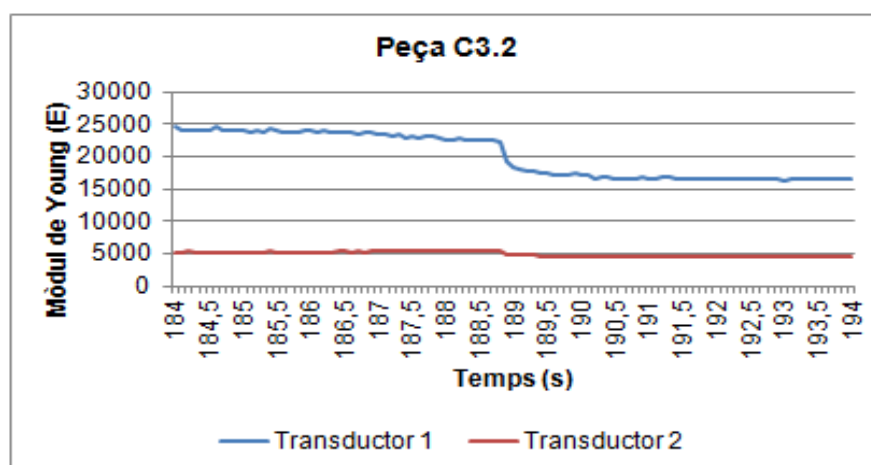
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.2	1616,372 Hz	1881,950 Hz	3783,151 Hz	3885,611 Hz	5927,113 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 20130,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 4952,55 \text{ N/mm}^2$$

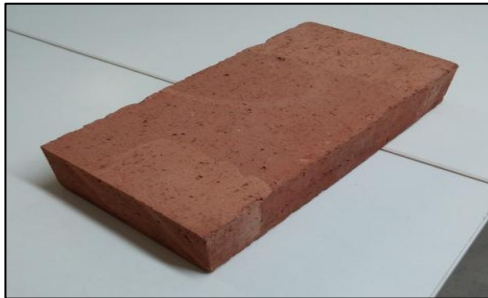
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 12541,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 60,51\% \quad \text{Acceptació} = \text{No}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA C3.3

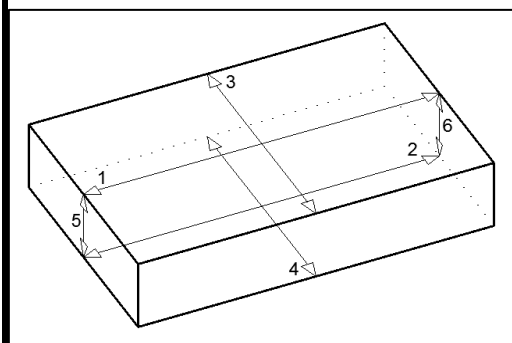
Dades generals

Nomenclatura	C3.3
Fabricant	Desconegut
Procedència	Desconeguda
Tipus argila	Desconeguda
Fotografia	



Dimensions i Superfícies

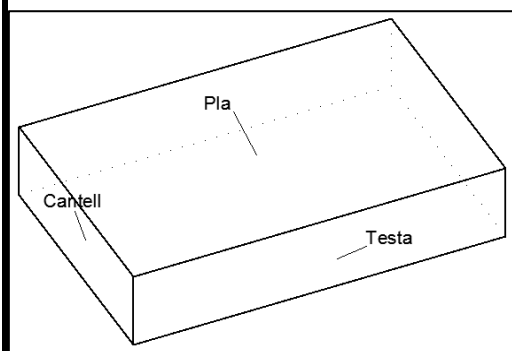
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

			Mitjana
Longitud	1	266,84	266,90
	2	266,96	
Ample	3	137,40	136,75
	4	136,09	
Gruix	5	47,78	48,42
	6	49,05	

266,90 x 136,75x 48,42



Superfícies (mm²)

Pla	36497,24
Testa	12921,96
Cantell	6620,51

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 3,00 Kg

Valors tècnics

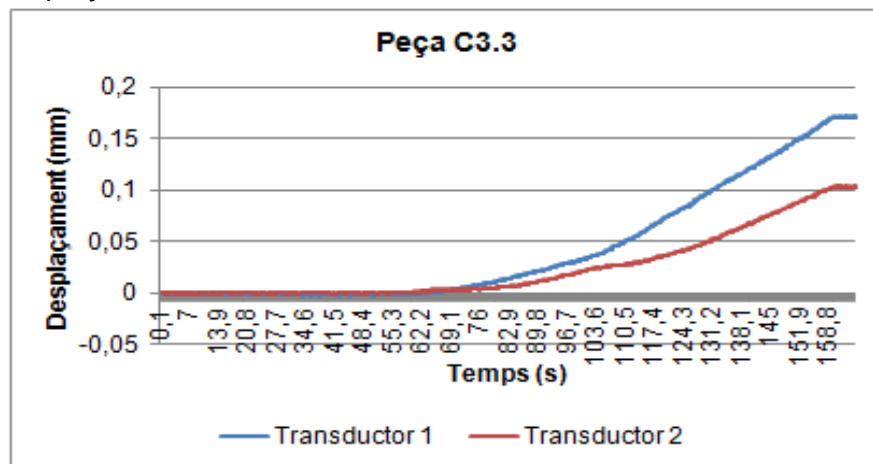
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

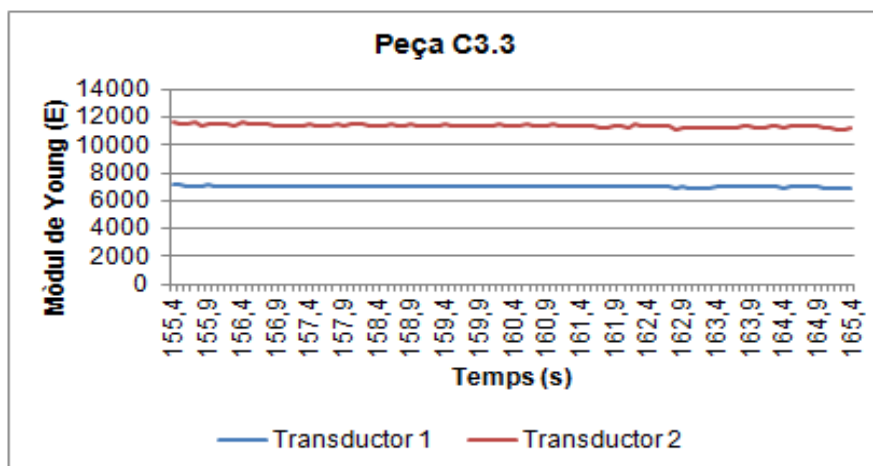
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.3	1676,718 Hz	1882,733 Hz	3782,910 Hz	3961,169 Hz	5846,573 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 7014,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 11392,48 \text{ N/mm}^2$$

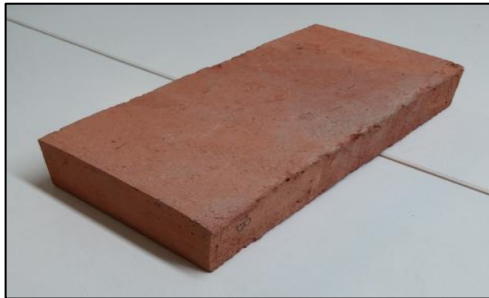
$$\text{Mòdul de Young (E)} = 9203,36 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 23,79\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA C3.4

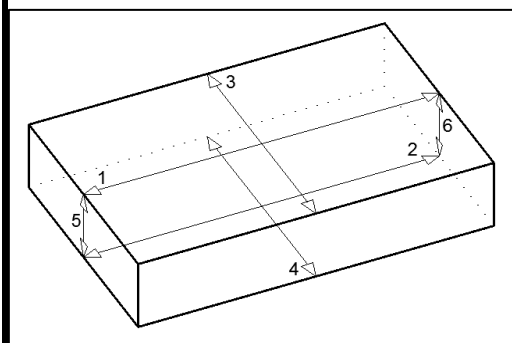
Dades generals

Nomenclatura	C3.4
Fabricant	Desconegut
Procedència	Desconeguda
Tipus argila	Desconeguda
Fotografia	



Dimensions i Superfícies

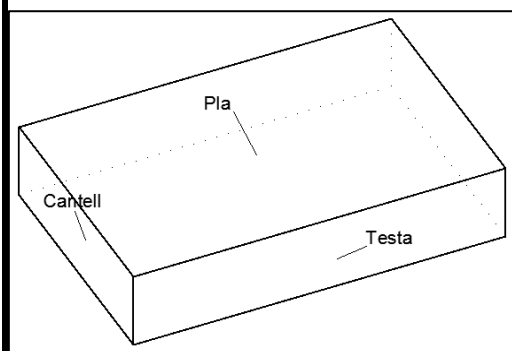
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

			Mitjana
Longitud	1	265,29	265,27
	2	265,24	
Ample	3	136,99	135,90
	4	134,81	
Gruix	5	47,13	46,51
	6	45,88	

265,27 x 135,90 x 46,51



Superfícies (mm²)

Pla	36049,51
Testa	12336,15
Cantell	6320,03

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,00 Kg

Valors tècnics

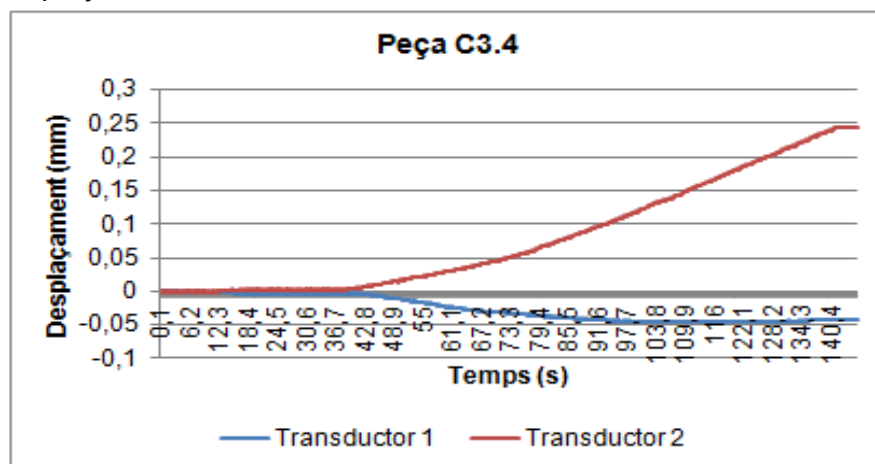
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

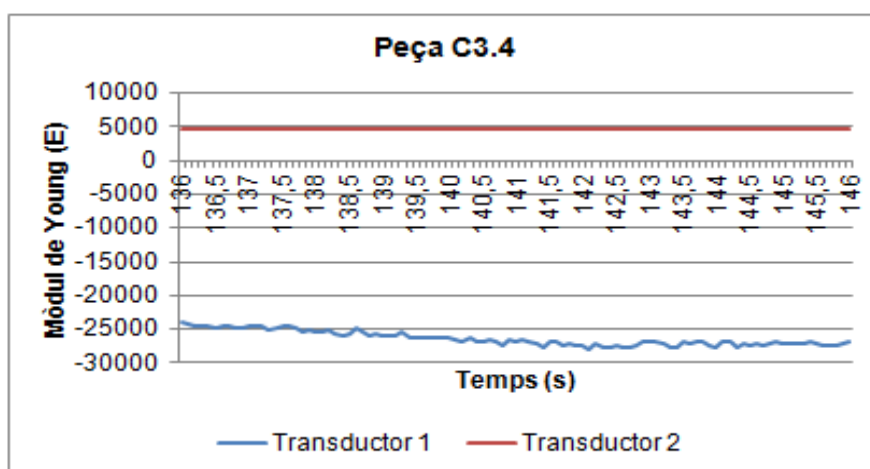
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.4	1658,489 Hz	1846,613 Hz	3740,146 Hz	3898,551 Hz	5830,651 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

Mòdul de Young del transductor 1 (E_1) = No s'ha calculat perquè tenim valors negatius

Mòdul de Young del transductor 2 (E_2) = 4654,01 N/mm²

Mòdul de Young (E) = No es pot calcular

Acceptació = No

FITXA TÈCNICA DE LA PEÇA C3.5

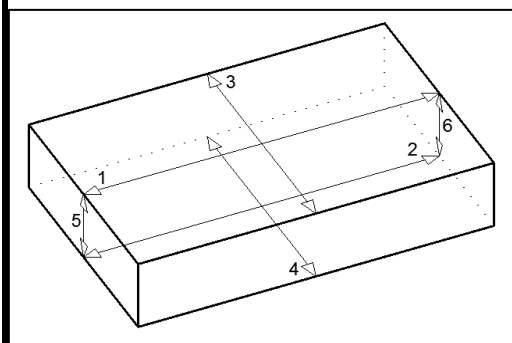
Dades generals

Nomenclatura	C3.5
Fabricant	Desconegut
Procedència	Desconeguda
Tipus argila	Desconeguda
Fotografia	



Dimensions i Superfícies

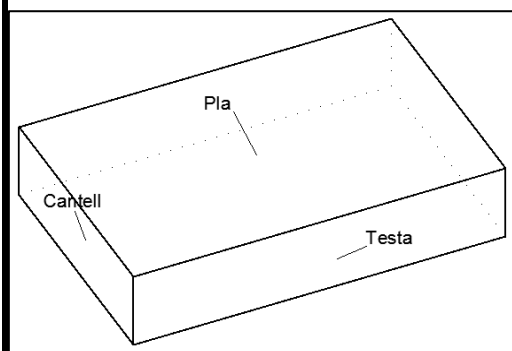
Segons normativa UNE EN 771-1, 772-1 i 772-16.



Dimensions (mm)

Longitud	1	264,20	Mitjana 264,11
	2	264,01	
Ample	3	136,79	135,46
	4	134,13	
Gruix	5	45,69	45,92
	6	46,14	

264,11 x 135,46 x 45,92



Superfícies (mm²)

Pla	35775,66
Testa	12126,38
Cantell	6219,65

Massa

Segons normativa UNE EN 771-1

Massa Peça = 2,83 Kg

Valors tècnics

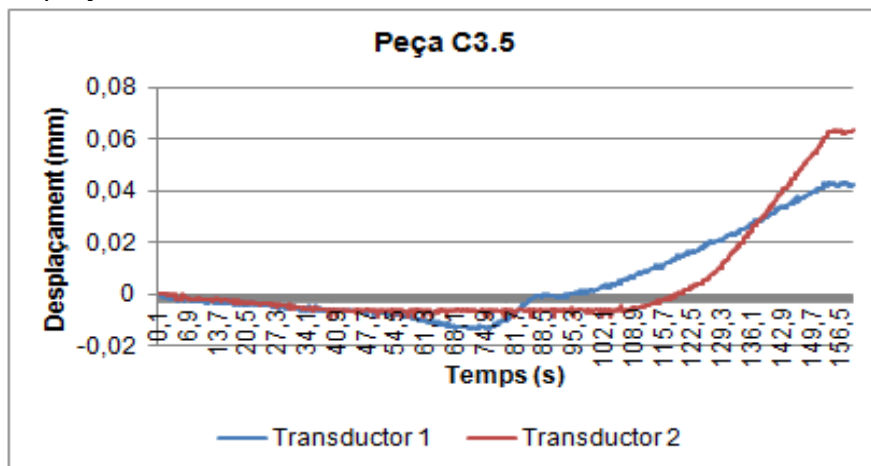
Mòdul de Young dinàmic

Freqüències obtingudes:

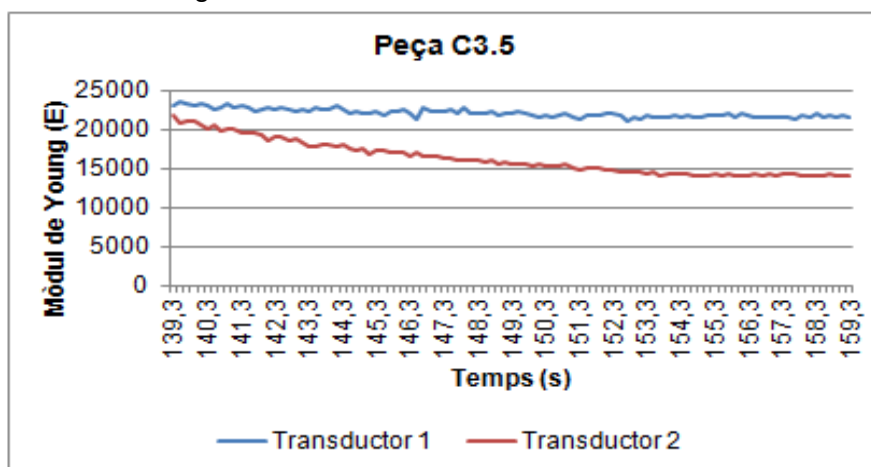
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Acceptació
Peça C3.5	1645,872 Hz	1867,587 Hz	3787,082 Hz	3932,724 Hz	5901,158 Hz	✓

Mòdul de Young estàtic

Gràfica del desplaçament dels transductors:



Gràfica del mòdul de Young dels transductors:



Càlcul:

$$\text{Mòdul de Young del transductor 1 (E}_1\text{)} = 22134,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young del transductor 2 (E}_2\text{)} = 16290,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Mòdul de Young (E)} = 19212,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dispersió dels resultats} = 15,21\% \quad \text{Acceptació} = \text{Sí}$$



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: Determinació del mòdul de Young dinàmic i estàtic de peces ceràmiques

Document: Resum del Treball Final de Grau

Alumne: Aleix Costa Serrats

Director/Tutor: Sr. Miquel Llorens Sulivera

Departament: Arquitectura i enginyeria de la construcció

Àrea: Construccions arquitectòniques

Convocatòria (mes/any): Juny 2014

Determinació del mòdul de Young dinàmic i estàtic de peces ceràmiques

Aleix Costa Serrats

Projecte Final de Grau

Grau en Arquitectura Tècnica, Juny 2014

RESUM: El següent article parla sobre el mòdul de Young dinàmic i estàtic de peces ceràmiques. La motivació per la realització d'aquest estudi ve donada per determinar la capacitat resistent dels elements d'estructura i ampliar el ventall d'elements inspeccionats de l'edifici amb assaigs no destructius (dinàmics), i a partir d'aquest poder establir correlacions entre les propietats dinàmiques i mecàniques.

Paraules clau: Peces ceràmiques, mòdul de Young dinàmic, mòdul de Young estàtic.

1. ESTAT DEL CONEIXEMENT

Al llarg dels anys, diversos investigadors han trobat els intervals de resultats del mòdul de Young estàtic i tensions de ruptura, com per exemple els investigadors M.E.Maciá i A. Rolando que van publicar un article a la revista *Materiales de Construcción* l'any 2013¹, sobre la variació del mòdul de Young sotmès a diferents temperatures, i on fan referència a l'investigador Page que l'any 1978 va trobar que el mòdul de Young de peces ceràmiques estava entre 3000 i 5000 N/mm².

Altres investigadors com J.M.Nichols i Y.Z.Totoev van publicar un article on feien referència que l'investigador Dhanasekar l'any 1985 va trobar que el mòdul de Young estava entre 7000 i 12000 N/mm².

En referència a les tensions de ruptura de peces ceràmiques, l'investigador A. Rolando va publicar un article a la revista *Materiales de Construcción* l'any 2006³, sobre la resistència a compressió de la fàbrica en funció dels seus components, on va trobar que les peces de ceràmiques perforades i de dimensions 240x114x68 mm tenen una tensió de ruptura mitjana de 22,77 N/mm² i una tensió de ruptura normalitzada de 16 N/mm².

¹ M.E. Maciá, A. Rolando. 2013. "Variación del módulo de Young de un elemento de fábrica de ladrillo sometido a altas temperaturas". *Materiales de Construcción*, núm. 63, p. 105-116.

² J.M. Nichols, Y.Z. Totoev. "Experimental determination of the dynamic Modulus of Elasticity of masonry units", p. 1-7.

³ A. Rolando. 2006. "Resistencia característica a compresión de una fábrica de ladrillo en función de la resistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea". *Materiales de Construcción*, núm. 56, p. 91-98.

L'any 2012, les estudiants de la EPS Ester Pérez Gustà i Alba Mallorquín Gayubo van realitzar el treball final de carrera sobre la caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa⁴. En aquest treball, van trobar els valors de resistència a compressió de peces ceràmiques massisses de 100x100x50 mm on trobar que la resistència mitjana a compressió va ser 49,60 N/mm² i la resistència normalitzada a compressió va ser de 59,50 N/mm².

Pel que fa als valors del mòdul de Young dinàmics i els patrons de ruptura no s'ha trobat articles on s'investiguessin peces ceràmiques.

2. OBJECTIUS

Els objectius principals d'aquest treball final de grau són els següents:

- Determinar el mòdul de Young dinàmic amb un assaig per vibració de les peces ceràmiques.
- Determinar el mòdul de Young estàtic amb un assaig destructiu de la sèrie de peces ceràmiques.
- Estudi i tractament de les dues dades dels assaigs anteriors.
- Intentar establir una correlació entre els dos mòduls de Young, el mòdul de Young dinàmic i el mòdul de Young estàtic.

⁴ Pérez Gustà, Ester; Mallorquín Gayubo, Alba. 2012. "Caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa". *Universitat de Girona. Escola Politècnica Superior. Treball final de carrera*, p. 1-114. (inèdit)

3. METODOLOGIA D'INVESTIGACIÓ

Per tal de poder complir els objectius establerts, es treballarà amb peces ceràmiques massisses de diferents gruixos i fabriques.

Un dels objectius és la determinació del mòdul de Young dinàmic de les peces ceràmiques massisses. Per determinar aquest mòdul E dinàmic es realitzarà un anàlisi modal mitjançant un assaig de vibració de les peces. Els resultats que obtindrem, després de fer aquests assaigs, seran freqüències experimentals de vibració de cada una de les peces assajades.

Un dels altres objectiu és la determinació del mòdul de Young estàtic de les peces ceràmiques. Per la determinació d'aquest mòdul E estàtic es realitzarà un assaig destructiu per cada una de les peces. Aquest assaig s'instrumentarà amb els aparells corresponents i obtindrem la variació del mòdul de Young estàtic durant l'assaig, la resistència a compressió de cada peça i s'intentarà establir un patró de ruptura.

Finalment, l'últim objectiu és intentar establir una relació entre els dos mòduls de Young. Un cop tinguem el mòdul de Young estàtic definit per cada peça, s'introduirà en el programa corresponent i aquest ens permetrà visualitzar unes freqüències teòriques. Aquesta operació ens permetrà comparar les freqüències teòriques i experimentals i així poder establir quin és el mòdul de Young dinàmic.

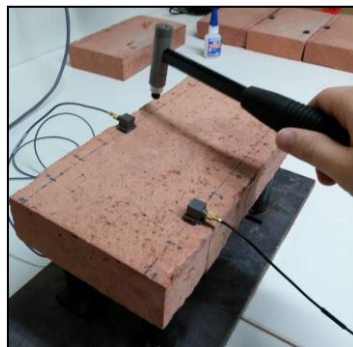
4. PROCEDIMENT DELS ASSAIGS

Primer de tot, es van seleccionar un total de trenta-cinc peces i seguidament es va establir una nomenclatura segons el tipus de gruix de les peces i segons el tipus de fabricant.

Seguidament, es van mesurar les dimensions segona la normativa UNE-EN 772-16:2011⁵ i la massa de cada una de les peces segons la normativa UNE-EN 771-1:2011⁶.

Ja entrat amb els treballs a laboratori, dividim en tres apartats, E dinàmica, E estàtica i freqüències teòriques.

Per tal de trobar la E dinàmica, es va realitzar un assaig per vibració de les peces. Això vol dir que es van realitzar una sèrie de vint impactes a diferents punts, i amb quatre repeticions a cada punt, mitjançant un martell. Sobre la peça, hi havia instal·lats dos acceleròmetres que enviaven les dades rebudes a l'equip d'adquisició de dades PIMENTO.



Fotografia 1 Assaig dinàmic

Finalment es van tractar les dades amb el programa TEST-LAB per tal d'obtenir les freqüències modals.

Per tal de trobar la E estàtica, es va realitzar un assaig destructiu, i aquest es va instrumentar amb transductors (i tres peces amb galgues). En tots els assaigs s'intentava arribar al 75% de la càrrega màxima que la peça podia suportar.



Fotografia 2 Assaig estàtic

Per calcular la E estàtic, només s'avaluaran les últimes cent dades.

Ja per acabar, per tal d'obtenir les freqüències teòriques, es van seleccionar les E estàtiques i es va fer el $\pm 20\%$, i es va introduir al programa ANSYS. Aquest

⁵ UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

⁶ UNE-EN 771-1. *Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.*

programa ens va proporcionar unes freqüències teòriques i després es van comparar amb les freqüències experimentals per tal d'extreure la relació entre elles. Només es van estudiar tres peces.

5. EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Per tal d'alleugerir el contingut del resum, només mostrarem una taula resum de les freqüències experimentals trobades d'una família de peces. Després també mostrarem el procediment de càlcul del mòdul de Young estàtic d'una peça i finalment una taula on es mostraran les freqüències teòriques d'una peça.

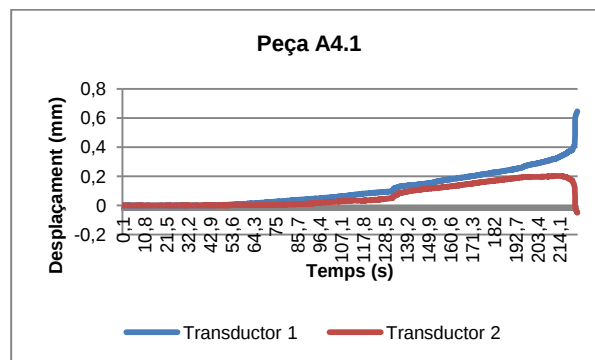
- Freqüències experimentals de la família de peces A1.

	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
A1.1	768,844	925,932	2047,841	2078,283	3443,648
A1.2	913,836	1064,203	2291,245	2442,610	3850,155
A1.3	932,465	1092,076	2315,877	2458,865	3888,718
A1.4	868,194	1023,868	2163,873	2253,858	3649,300
A1.5	879,815	1040,027	2266,085	2351,309	3843,079

Taula 1 Freqüències experimentals família A1

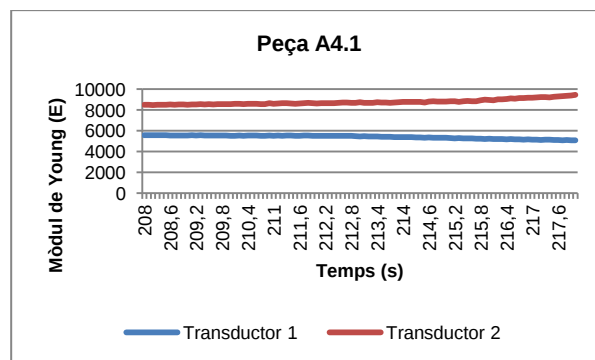
- Procediment pel càlcul del mòdul de Young estàtic de la peça A4.1

A continuació, es mostrarà una gràfica del desplaçament que han tingut els transductors.



Gràfica 1 Desplaçament dels transductors Peça A4.1

Finalment, es mostrarà la gràfica de l'evolució de l'E estàtic dels dos transductors de les últimes cent dades. El mòdul de Young d'aquesta peça és 7084,94 N/mm².



Gràfica 2 E estàtica dels transductors Peça A4.1

- Freqüències teòriques de la peça B2.1

A continuació, es mostrarà la taula amb les freqüències teòriques i el valor de E dinàmica de la peça i la seva relació amb la E estàtica.

E din. (N/mm ²)	Mode 1 (Hz)	Mode 2 (Hz)	Mode 3 (Hz)	Mode 4 (Hz)	Mode 5 (Hz)
10962,79	1048,39	1222,34	2603,94	2766,61	3846,88
11484,83	1073,06	1251,10	2665,22	2831,71	3937,41
12006,86	1097,18	1279,22	2725,12	2895,36	4025,90
...	...	...	...	...	...
15661,13	1253,06	1460,97	3112,31	3306,73	4597,91

Taula 2 Freqüències teòriques Peça B2.1

$$E_{\text{dinàmica}} = 11223,81 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{estàtica}} = 1,163 \times E_{\text{dinàmica}}$$

6. CONCLUSIONS

Un cop analitzades les dades del mòdul de Young estàtic podem concloure que si valorem que les peces individualment tenen un valor de mòdul de Young estàtic entre 7000 N/mm^2 a 19000 N/mm^2 , però si valorem les mitjanes del mòdul de Young per cada família de peces trobem que estan entre 9000 N/mm^2 i 13000 N/mm^2 .

Una de les altres conclusions que podem extreure de les dades obtingudes del mòdul de Young estàtic és que la majoria de valors obtinguts amb galgues tenen menys dispersió dels resultats, entre un 6% i un 20%, quan la dispersió de resultats dels transductors està entre el 2% i el 40%, per tant això ens fa pensar que s'hauria d'aplicar un factor corrector als valors obtinguts dels transductors per tal de disminuir aquesta dispersió.

Un dels altres aspectes tractats en relació amb el mòdul de Young estàtic ha sigut la seva relació amb la tensió de ruptura. Després d'analitzar i avaluar les dades, podem concloure que el mòdul de Young és 424,28 vegades més gran que la resistència a compressió de la peça, sempre tenint un marge de confiança del 29,75%. A continuació, s'adjunta la fórmula on es compleix aquesta relació.

$$E_{\text{estàtica}} = (424,28 \pm 126,24) \times f_{ck}$$

Un cop tenim les peces trencades, vam observar el seu patró de ruptura i es pot concloure que la majoria de peces pateixen sempre una de les dues patologies següents. Una d'aquestes patologies és l'aparició d'una fissura o esquerda vertical en la totalitat de la peça i majoritàriament a les cares frontals i dorsals. També es van observar peces on aquesta fissura o esquerda es produïen als laterals, sobretot a les peces de major gruix. A continuació mostrarem una fotografia on es podrà observar aquesta patologia.



Fotografia 3 Esquerda/Fissura vertical

L'altra patologia és l'aparició de compressió del material a les zones superiors i inferiors de la peça. Aquest problema no es va mostrar a totes les peces, però a les peces que es va mostrar aquesta patologia anava acompanyada sempre per una esquerda o fissura horitzontal i desprendiment del material de la zona. A continuació mostrarem una fotografia on es podrà observar aquesta patologia.



Fotografia 4 Compressió material

Per tal d'acabar les conclusions del mòdul de Young estàtic, es realitzarà una comparació amb els valors trobats a l'estat del coneixement. Recordem que l'investigador Page va trobar que el mòdul de Young estava entre 3000 i 5000 N/mm² i que l'investigador Dhanasekar va trobar valors entre 7000 i 12000 N/mm². Cal dir que els valors trobats pels dos investigadors van ser de fa més de trenta anys i que es desconeix la metodologia utilitzada, però els valors de l'investigador Dhanasekar són totalment correctes i vàlids amb comparació els nostres.

En respecte als valors trobats de les freqüències dinàmiques podem concloure que la majoria de freqüències segueixen el mateix patró poli-lineal i que s'han descartat aquelles freqüències que distorsionaven el conjunt.

Un dels altres objectius és intentar trobar una relació entre el mòdul de Young dinàmic i el mòdul de Young estàtic. Aquesta relació només s'ha avaluat de tres peces però podem establir que el mòdul de Young estàtic

és 1,113 més gran que el mòdul de Young dinàmic, sempre tenint un marge de confiança del 5%. A continuació, s'adjunta la fórmula on es compleix aquesta relació.

$$E_{\text{estàtica}} = (1,113 \pm 0,05) \times E_{\text{dinàmica}}$$

Finalment, l'última conclusió és que el sistema utilitzat per la fixació dels transductors, és sistema on el factor humà influeix bastant i es poden produir errors. Fent uns petits càlculs, podem observar que si en una lectura no ens equivoquem d'un mil·límetre, el valor del mòdul de Young pot arribar a variar fins a un 5%. Per tant, s'hauria de dissenyar un sistema on es disminuís la presència del factor humà i així poder evitar aquests possibles errors.

7. FUTURS TREBALLS D'INVESTIGACIÓ

Es proposa com a futurs treballs d'investigació:

- Realització d'una campanya de mostres més extensa i de més variació de fabricants per tal d'aconseguir els mateixos objectius.
- Augmentar el nombre de galgues instal·lades a les peces.
- Intentar establir el factor corrector per els valors estàtics obtinguts amb transductors.
- Dissenyar un sistema de fixació de la peça i dels transductors més específic per peces de poc gruix, pensat per les peces que s'utilitzen per construir la volta catalana.

8. BIBLIOGRAFIA

Normativa

- UNE-EN 771-1. *Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.*
- UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.*
- UNE-EN 772-13. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 13: Determinación de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fábrica de albañilería (excepto piedra natural).*
- UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*

Articles de revista

- A. Mockovčiaková, B. Pandula. 2003. "Study of relation between the static and dynamic moduli of rocks". *Metalurgija*, núm. 42, p. 37-39.
- Igor Štubňa, Anton Trínk, Peter Šin, Radomír Sokolář, Igor Medved. 2011. "Relationship between mechanical strenght and young's modulus in traditional ceramics". *Materials and technology*, núm. 45, p. 375-378.
- A. Rolando. 2006. "Resistencia característica a compresión de una fábrica de

ladrillo en función de la resistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea". *Materiales de Construcción*, núm. 56, p. 91-98.

- M.E. Maciá, A. Rolando. 2013. "Variación del módulo de Young de un elemento de fábrica de ladrillo sometido a altas temperaturas". *Materiales de Construcción*, núm. 63, p. 105-116.

- Arrufat, Francisco Tomás; Novick, Uriel Sebastián; Frigerio, María Paz; Sardelli, Gastón. 2011. "Determinación de Módulos de Young". *Universidad Favaloro, Facultad de Ingeniería*, p. 1-8.

- J.M. Nichols, Y.Z. Totoev. "Experimental determination of the dynamic Modulus of Elasticity of masonry units", p. 1-7.

Llocs web

- Mòdul d'elasticitat [en línia]. Viquipèdia. [Consulta: 24 de Maig del 2014]. Disponible a http://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%B2dul_d'elasticitat

Projectes Finals de Carrera

- Pérez Gustà, Ester; Mallorquin Gayubo, Alba. 2012. "Caracterització del comportament de l'obra de fàbrica treballant per testa". *Universitat de Girona. Escola Politècnica Superior. Treball final de carrera*, p. 1-114. (inèdit)