

## D. Diagrama de forces

Aquest annex contindrà alguns dels diagrames obtinguts a partir de les mesures de força vertical, obtingudes gràcies a la taula dinamomètrica. S'han escollit uns quants diagrames d'exemple, ja que 27 són massa.

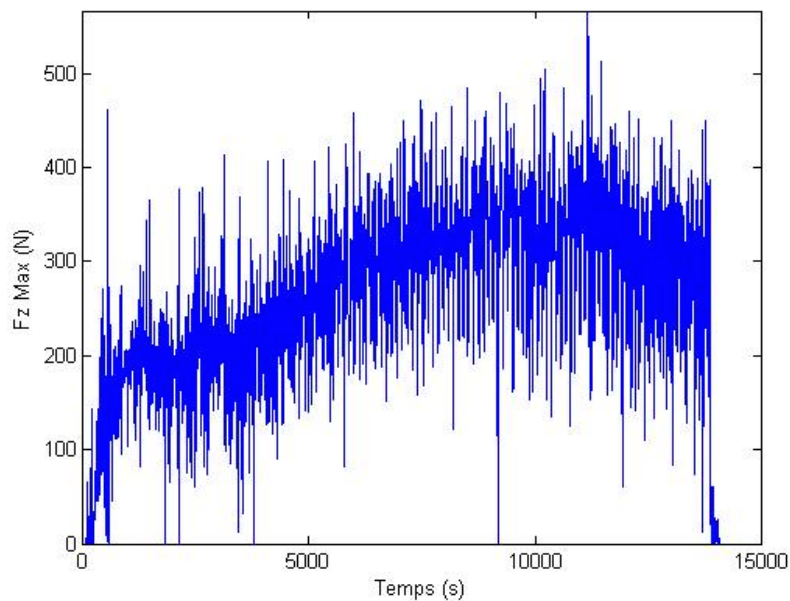


Figura D.1 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 2

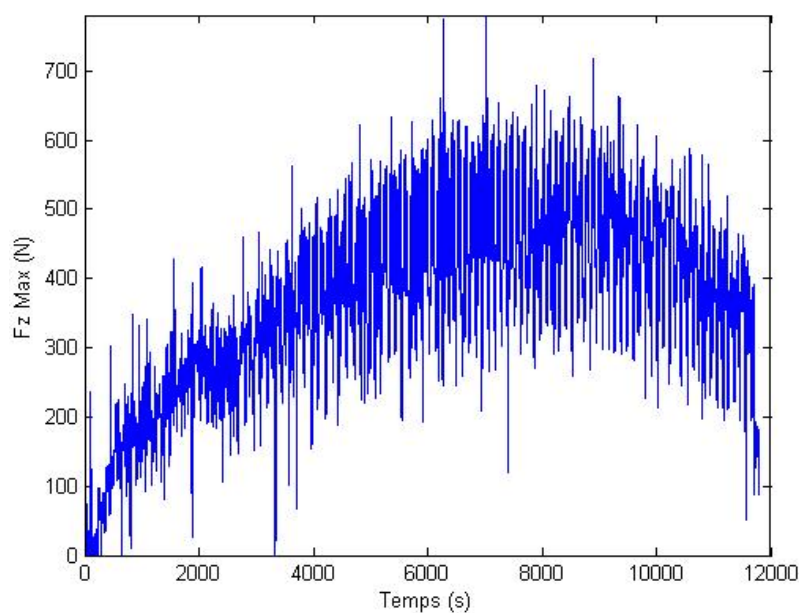


Figura D.2 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 4

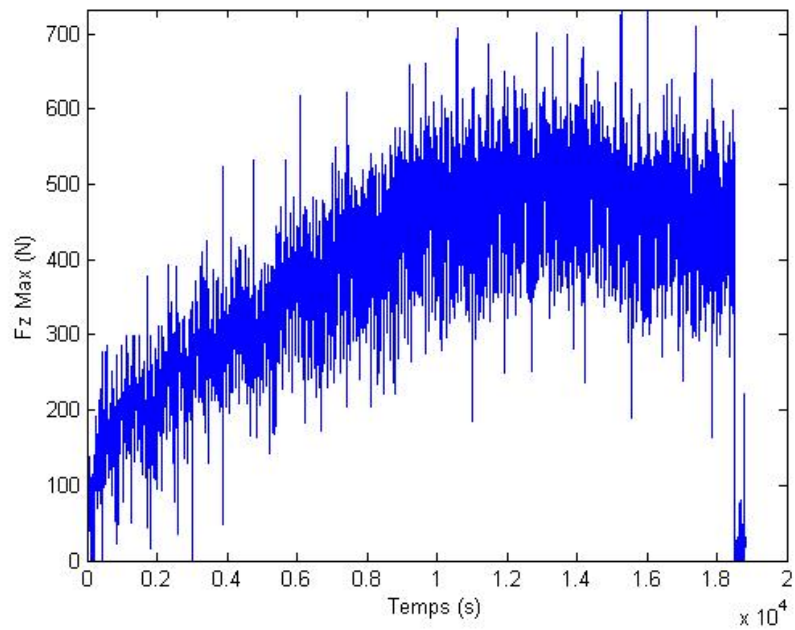


Figura D.3 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 7

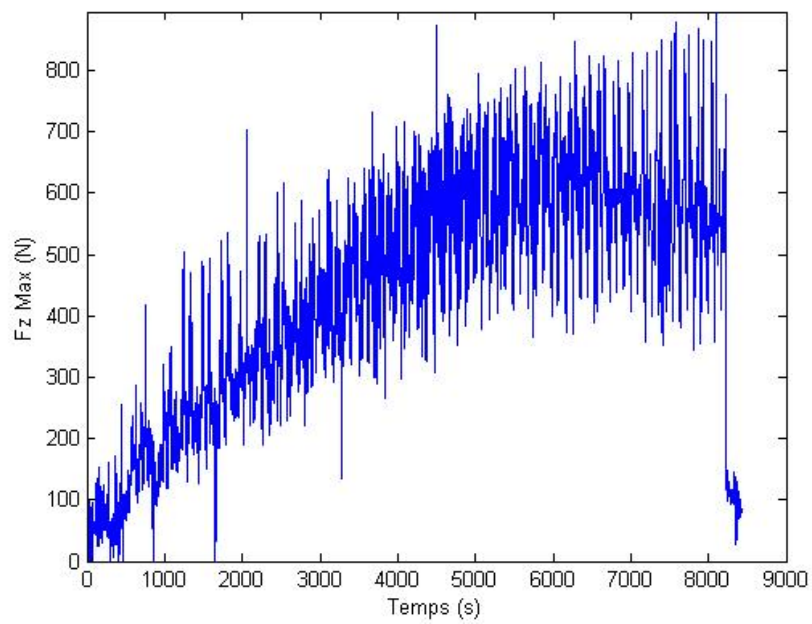


Figura D.4 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 12

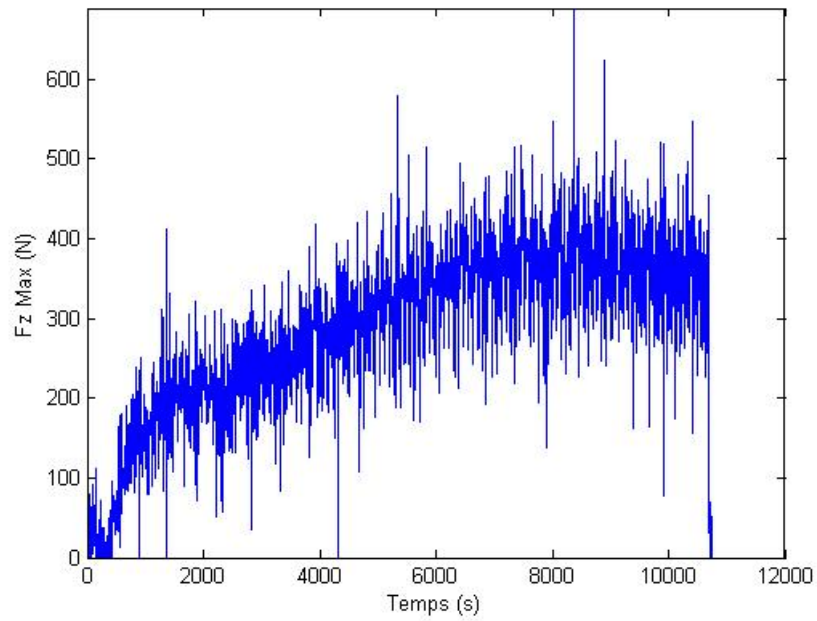


Figura D.5 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 18

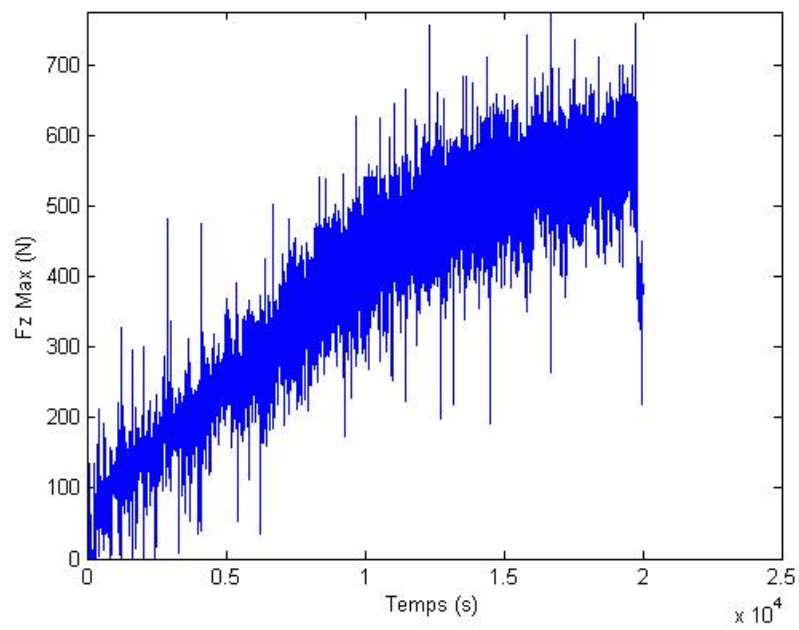


Figura D.6 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 21

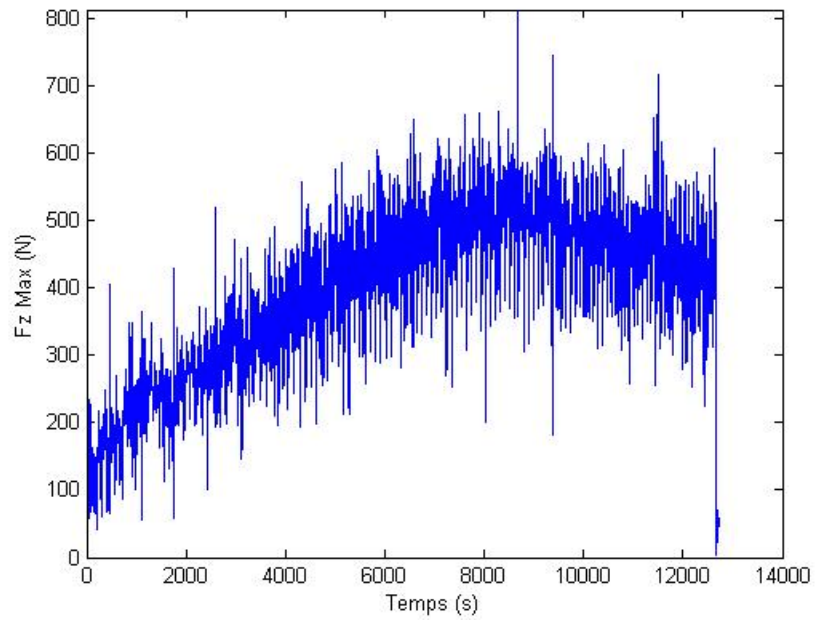


Figura D.7 Diagrama de forces del mecanitzat de la Peça 27

## E. Imatges de la càmera termogràfica

En aquest annex s'inclouen algunes imatges de la càmera termogràfica preses durant la deformació de les xapes. A més hi ha la temperatura a la que s'estava treballant en aquell precís moment.

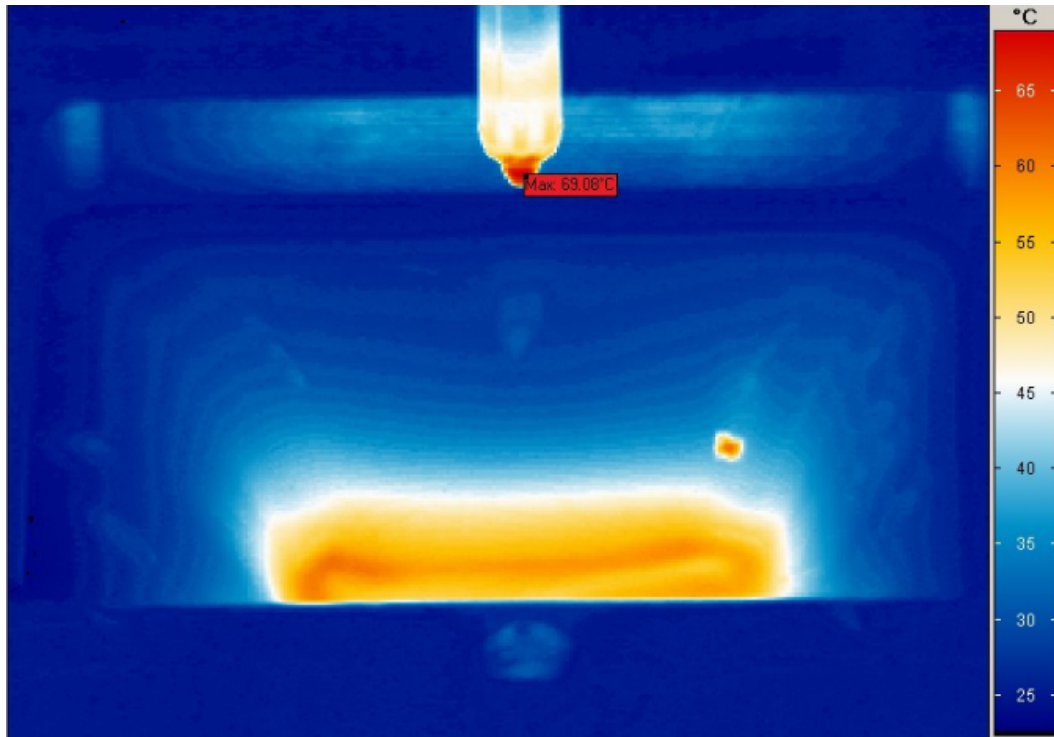


Figura E.1 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 5

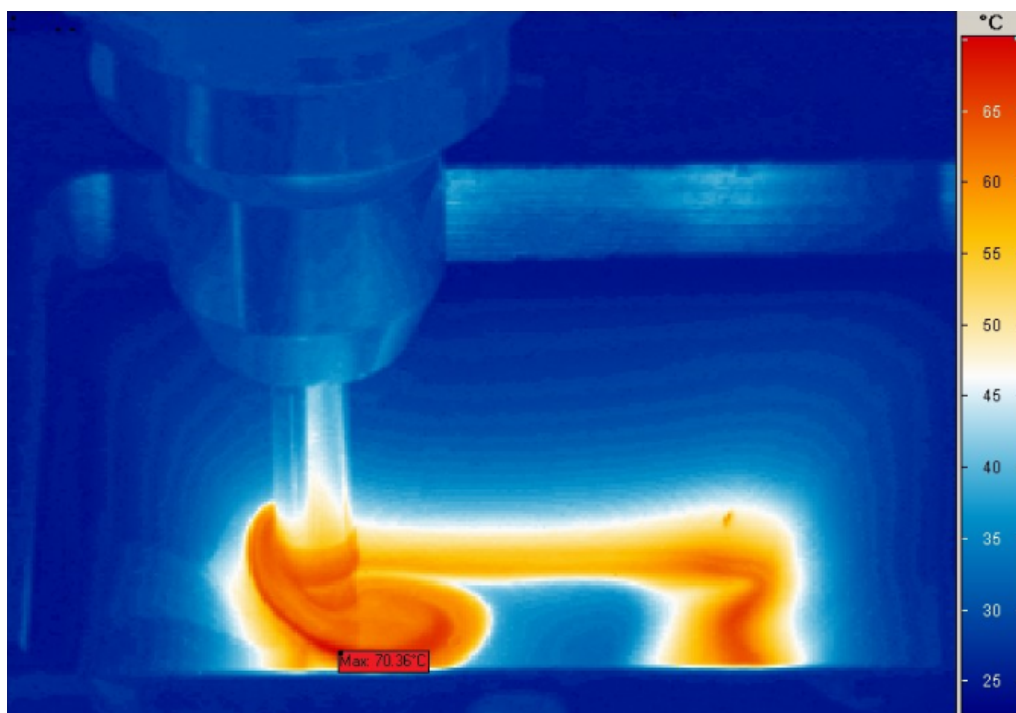


Figura E.1 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 6

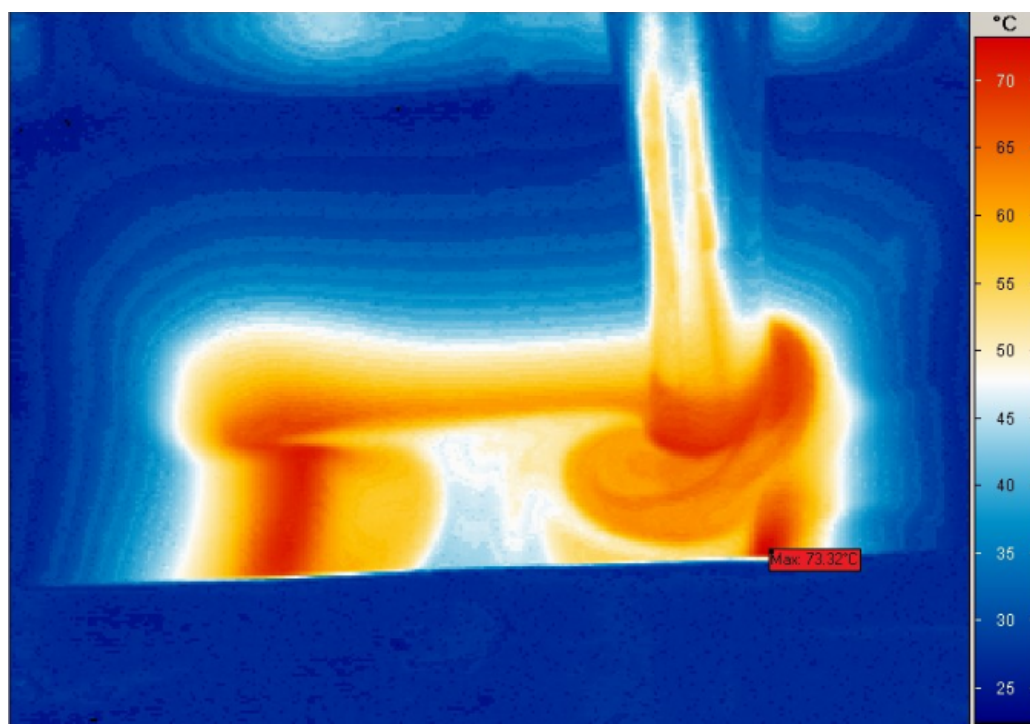


Figura E.2 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 12



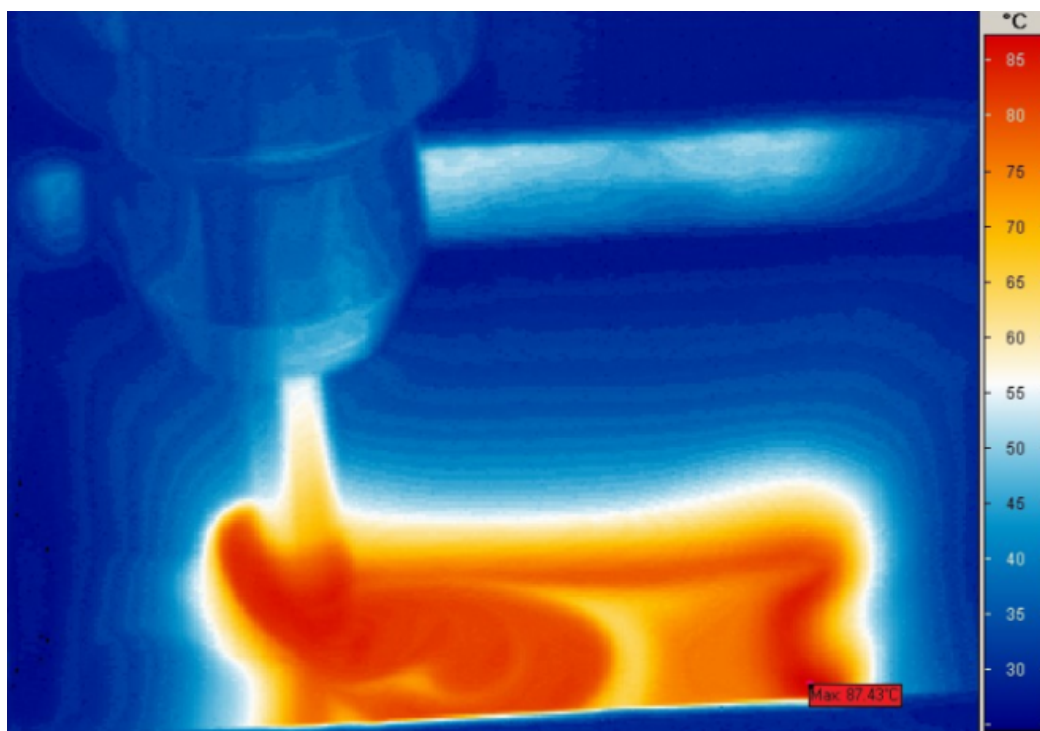


Figura E.3 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 15

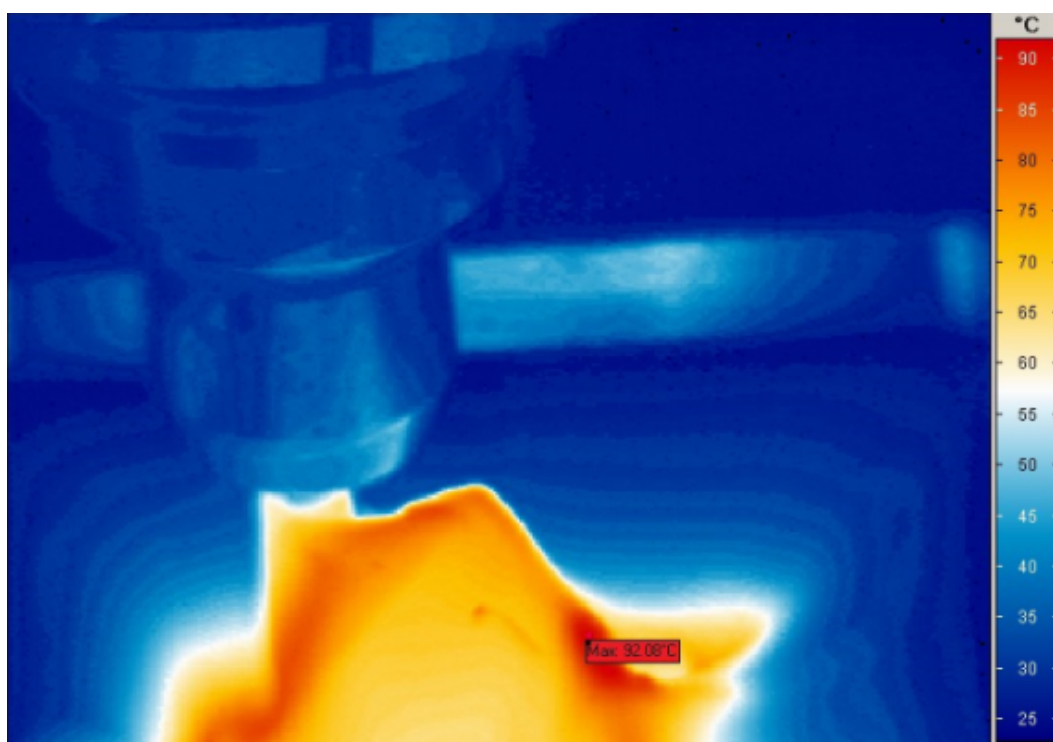


Figura E.4 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 16

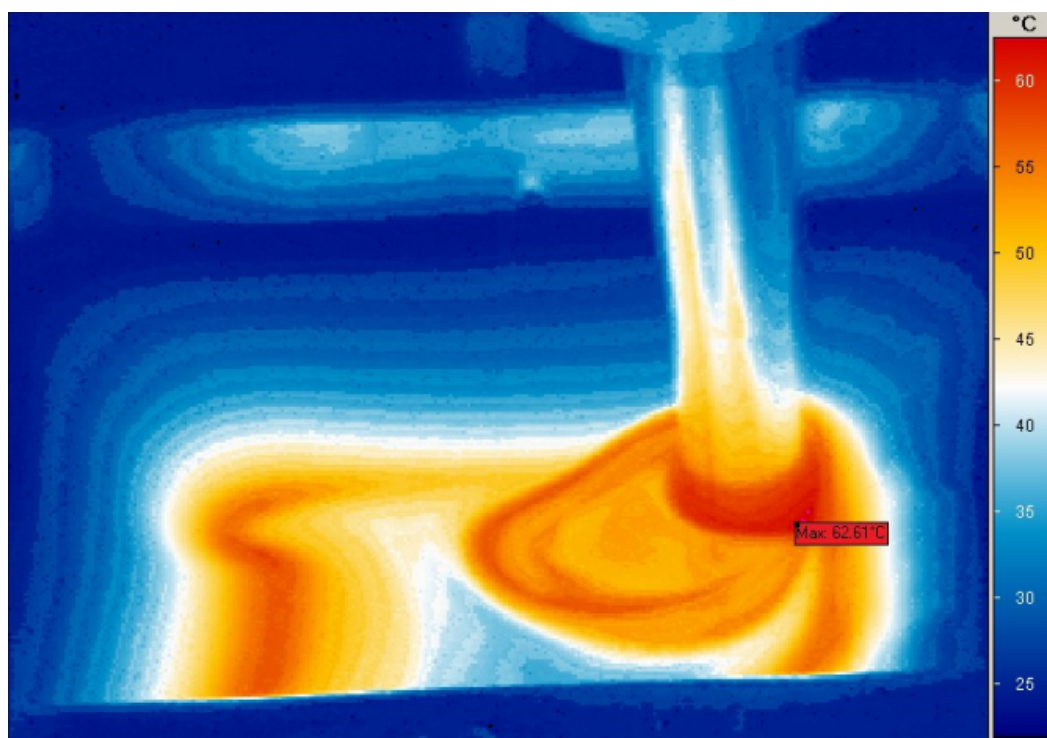


Figura E.2 Imatge termogràfica durant el mecanitzat de la Peça 19



## F. Anàlisi estadística amb SPIF

### F.1 Alçada

Taula F.1 Taula final de l'anàlisi estadística sobre l'alçada

| Font                   | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS  | F     | P     |
|------------------------|----|--------|--------|---------|-------|-------|
| <b>Regressió</b>       | 4  | 552,04 | 552,04 | 138,01  | 44,81 | 0     |
| <b>Lineal</b>          | 2  | 323    | 323    | 161,501 | 52,44 | 0     |
| <b>Dt (mm)</b>         | 1  | 18,14  | 18,14  | 18,14   | 5,89  | 0,024 |
| <b>S (rpm)</b>         | 1  | 304,86 | 304,86 | 304,86  | 98,99 | 0     |
| <b>Quadràtic</b>       | 1  | 174,62 | 174,62 | 174,62  | 56,7  | 0     |
| <b>S (rpm)*S (rpm)</b> | 1  | 174,62 | 174,62 | 174,62  | 56,7  | 0     |
| <b>Interacció</b>      | 1  | 54,42  | 54,42  | 54,42   | 17,67 | 0     |
| <b>Dt (mm)*S (rpm)</b> | 1  | 54,42  | 54,42  | 54,42   | 17,67 | 0     |
| <b>Error residual</b>  | 22 | 67,75  | 67,75  | 3,08    |       |       |
| <b>Falta d'ajust</b>   | 4  | 40,21  | 40,21  | 10,052  | 6,57  | 0,002 |
| <b>Error pur</b>       | 18 | 27,54  | 27,54  | 1,53    |       |       |
| <b>Total</b>           | 26 | 619,79 |        |         |       |       |

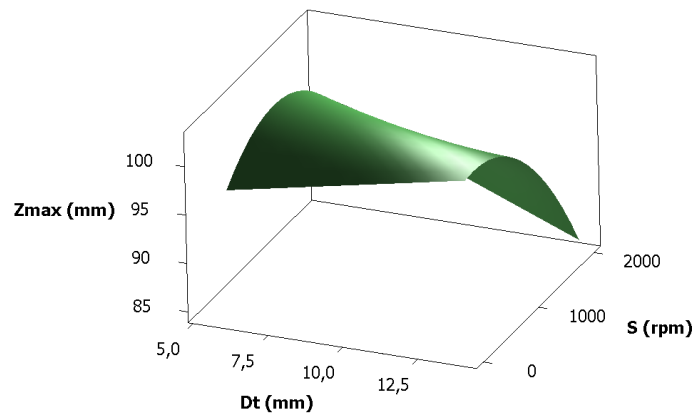


Figura F.1 Superfície de resposta de l'alçada

## F.2 Força màxima

Taula F.2 Taula final de l'anàlisi estadística sobre la força màxima

| Font                  | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F      | P     |
|-----------------------|----|--------|--------|--------|--------|-------|
| <b>Regressió</b>      | 6  | 576432 | 576432 | 96072  | 142,28 | 0     |
| <b>Lineal</b>         | 3  | 541244 | 541244 | 180415 | 267,19 | 0     |
| Dt (mm)               | 1  | 423565 | 423565 | 423565 | 627,29 | 0     |
| S (rpm)               | 1  | 117188 | 117188 | 117188 | 173,55 | 0     |
| Δz (mm)               | 1  | 491    | 491    | 491    | 0,73   | 0,404 |
| <b>Quadràtic</b>      | 1  | 9752   | 9752   | 9752   | 14,44  | 0,001 |
| S (rpm)*S (rpm)       | 1  | 9752   | 9752   | 9752   | 14,44  | 0,001 |
| <b>Interacció</b>     | 2  | 25437  | 25437  | 12718  | 18,84  | 0     |
| Dt (mm)*S (rpm)       | 1  | 16848  | 16848  | 16848  | 24,95  | 0     |
| Dt (mm)*Δz (mm)       | 1  | 8589   | 8589   | 8589   | 12,72  | 0,002 |
| <b>Error residual</b> | 20 | 13505  | 13505  | 675    |        |       |
| <b>Falta d'ajust</b>  | 12 | 6615   | 6615   | 551    | 0,64   | 0,766 |
| <b>Error pur</b>      | 8  | 6890   | 6890   | 861    |        |       |
| <b>Total</b>          | 26 | 589937 |        |        |        |       |

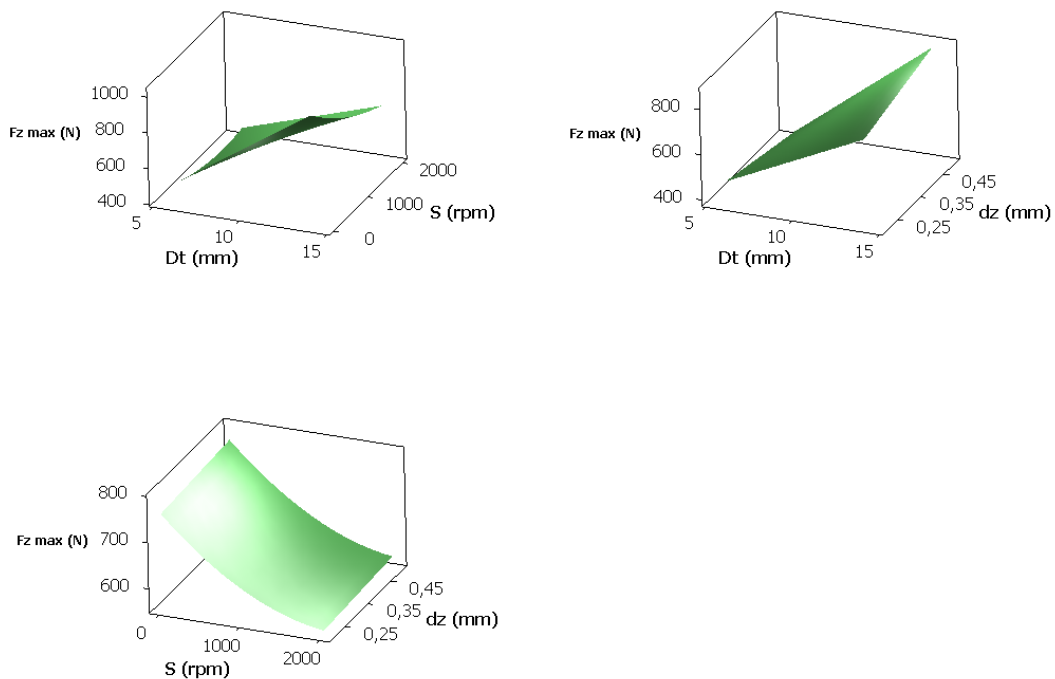


Figura F.2 Superfícies de resposta de la força màxima

### F.3 Temperatura màxima

Taula F.3 Taula final de l'anàlisi estadística sobre la temperatura màxima

| Font                   | DF | Seq SS  | Adj SS  | Adj MS  | F     | P     |
|------------------------|----|---------|---------|---------|-------|-------|
| <b>Regressió</b>       | 4  | 2966,32 | 2966,32 | 741,58  | 13,75 | 0     |
| <b>Lineal</b>          | 2  | 24,24   | 24,24   | 1212,03 | 22,47 | 0     |
| <b>Dt (mm)</b>         | 1  | 161,63  | 161,63  | 161,63  | 3     | 0,097 |
| <b>S (rpm)</b>         | 1  | 2262,43 | 2262,43 | 2262,43 | 41,95 | 0     |
| <b>Quadràtic</b>       | 1  | 418,05  | 418,05  | 418,05  | 7,75  | 0,011 |
| <b>S (rpm)*S (rpm)</b> | 1  | 418,05  | 418,05  | 418,05  | 7,75  | 0,011 |
| <b>Interacció</b>      | 1  | 124,21  | 124,21  | 124,21  | 2,3   | 0,143 |
| <b>Dt (mm)*S (rpm)</b> | 1  | 124,21  | 124,21  | 124,21  | 2,3   | 0,143 |
| <b>Error residual</b>  | 22 | 1186,61 | 1186,61 | 53,94   |       |       |
| <b>Falta d'ajust</b>   | 4  | 26,04   | 26,04   | 6,51    | 0,1   | 0,981 |
| <b>Error pur</b>       | 18 | 1160,57 | 1160,57 | 64,48   |       |       |
| <b>Total</b>           | 26 | 4152,93 |         |         |       |       |

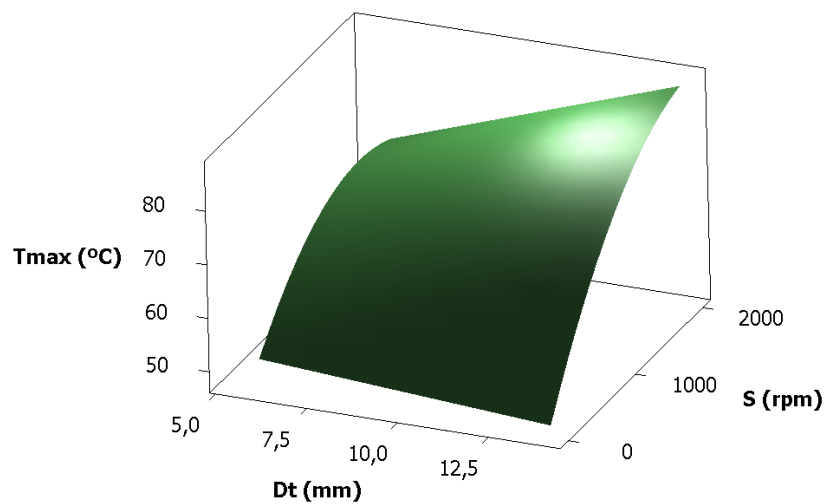


Figura F.3 Superfície de resposta de la temperatura màxima

## F.4 Rugositat

Taula F.4 Taula final de l'anàlisi estadística sobre la rugositat

| Font   | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F     | P     |
|--|----|--------|--------|--------|-------|-------|
| <b>Regressió</b>   | 4  | 0,205  | 0,205  | 0,051  | 6,61  | 0,001 |
| <b>Lineal</b>  | 2  | 0,01   | 0,01   | 0,005  | 0,68  | 0,518 |
| <b>Dt (mm)</b>   | 1  | 0,005  | 0,005  | 0,005  | 0,66  | 0,426 |
| <b><math>\Delta z</math> (mm)</b>                            | 1  | 0,005  | 0,005  | 0,005  | 0,7   | 0,413 |
| <b>Quadràtic</b>   | 2  | 0,195  | 0,195  | 0,097  | 12,54 | 0     |
| <b>Dt (mm)*Dt (mm)</b>                                       | 1  | 0,17   | 0,189  | 0,189  | 24,41 | 0     |
| <b><math>\Delta z</math> (mm)*<math>\Delta z</math> (mm)</b> | 1  | 0,024  | 0,024  | 0,024  | 3,2   | 0,087 |
| <b>Error residual</b>  | 22 | 0,171  | 0,171  | 0,007  |       |       |
| <b>Falta d'ajust</b>   | 4  | 0,004  | 0,004  | 0,001  | 0,13  | 0,971 |
| <b>Error pur</b>   | 18 | 0,166  | 0,166  | 0,009  |       |       |
| <b>Total</b>   | 26 | 0,376  |        |        |       |       |

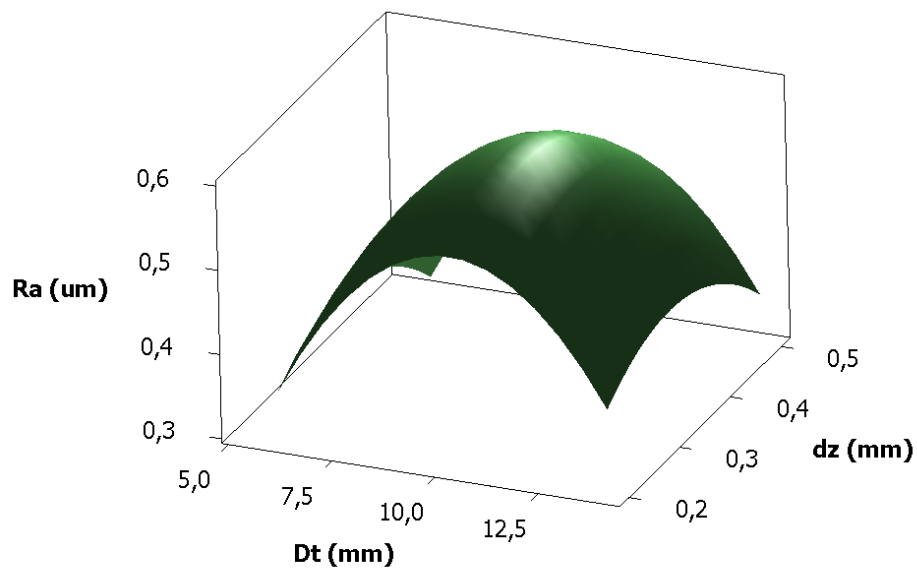


Figura F.4 Superfície de resposta de la rugositat

## **G. Estudi de costos**

### **G.1 Introducció**

En aquest annex es presenten les despeses associades d'haver realitzat aquest treball final de grau, més concretament a l'aplicació d'un material polimèric biocompatible utilitzant el procés de deformació incremental de xapa, anomenat en anglès *Incremental Sheet Forming* (ISF).

En aquest document es detallen tant les despeses de material com les de mà d'obra. Cal remarcar que els preus unitaris indicats en aquest pressupost corresponen als preus del mes de Gener del 2016 i poden variar.

També inclou les despeses indirectes addicionals com un percentatge del cost total del pressupost.



## G.2 Despeses de materials

Les despeses corresponents al material utilitzat en aquest treball final de grau es mostren detallades a la Taula G.1.

*Taula G.1 Despeses de material del present treball*

| <b>Descripció del material</b> | <b>Quantitat</b> | <b>Preu unitari (€)</b> | <b>Subtotal (€)</b> |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| Xapes d' UHMWPE (150x150x2 mm) | 50               | 1.75                    | 87.50               |
| Xapes d' UHMWPE (200x200x2 mm) | 5                | 4.20                    | 21.00               |
| Lubricant Houghton TD-52       | 0.5              | 15.00                   | 7.50                |
| Cargols M8                     | 8                | 0.88                    | 7.04                |
| Eina de Vanadis 23 Ø6mm        | 1                | 60.00                   | 60.00               |
| Eina de Vanadis 23 Ø10mm       | 1                | 65.00                   | 65.00               |
| Eina de Vanadís 23 Ø14mm       | 1                | 131.50                  | 131.50              |
|                                |                  | <b>TOTAL</b>            | <b>379.54</b>       |

### G.3 Despeses de mà d'obra

Les despeses corresponents a la mà d'obra es mostren a la Taula G.2 amb una breu descripció del concepte, la quantitat i el preu unitari.

*Taula G.2 Despeses de mà d'obra del present treball*

| <b>Descripció</b>                          | <b>Quantitat</b> | <b>Preu unitari (€)</b> | <b>Subtotal (€)</b> |
|--|------------------|-------------------------|---------------------|
| Recerca bibliogràfica                      | 30.00            | 12.00                   | 360.00              |
| Aprenentatge de maquinària i hardware      | 20.00            | 6.00                    | 120.00              |
| Producció de peces                         | 55.00            | 40.00                   | 2200.00             |
| Obtenció de resultats                      | 45.00            | 30.00                   | 1350.00             |
| Tractament de dades i anàlisi de resultats | 65.00            | 30.00                   | 1950.00             |
| Redacció del treball                       | 90.00            | 20.00                   | 1800.00             |
| Reunions                                   | 20.00            | 20.00                   | 400.00              |
|  |                  | <b>TOTAL</b>            | <b>8180.00 €</b>    |

## G.4 Despeses indirectes

Els costos indirectes que es consideren per a la correcta execució del treball corresponen al 16% del cost total d'aquest. Els costos indirectes s'atribueixen a despeses d'electricitat, aigua, transport, etc.

*Taula G.3 Percentatge i total de les despeses indirectes*

| <b>Descripció</b>   | <b>Percentatge aplicat</b> | <b>Quantitat</b> | <b>Subtotal</b> |
|---------------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| Despeses indirectes | 16.00%                     | 8559.54 €        | 1369.52 €       |

## **G.5 Despesa total**

Considerant les corresponents despeses de material i de mà d'obra, així com les despeses indirectes per l'aplicació de materials polimèrics biocompatibles en la tecnologia de deformació incremental de xapa, el pressupost total ascendeix a 9929.06€ (NOU MIL NOU-CENTS VINT-I-NOU EUROS AMB SIS CÈNTIMS).

Girona, 10 de Gener del 2016

Adrià Garcia Castillo