

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Disseny d'un prototip de mandril "torpede" per un procés d'extrusió PVC.

**Document:** Memòria

**Alumne:** Pau Antoni Alvarez Terrier

**Tutor:** Dr. Jordi Bayer Resplandis

**Departament:** EQATA

**Àrea:** Àrea d'Enginyeria Química

**Convocatòria (mes/any):** 09/2019

## Índex

Índex .....	2
1 INTRODUCCIÓ.....	5
1.1 Antecedents .....	5
1.1.1 Peticionari.....	5
1.1.2 Entorn .....	5
1.1.3 Exposició del problema.....	5
1.1.4 Projectes previs .....	6
1.2 Objecte del projecte .....	6
1.3 Especificacions i abast.....	6
1.3.1 Especificacions.....	6
1.3.2 Abast.....	7
2 FILERA ACTUAL .....	8
2.1 Descripció i funcionament de la filera d'extrusió .....	8
2.1.1 Sistema d'extrusió .....	8
2.1.2 Disseny i funcionament de la filera i el torpede actuals .....	9
2.1.3 Sistema de refrigeració.....	11
2.1.4 Sistema de tall .....	12
2.2 Modelització i estudi tèrmic del sistema d'extrusió actual .....	13
2.2.1 Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual.....	14
2.2.2 Modelització de la velocitat d'extrusió .....	15
3 PROPOSTA ANTIGA: SISTEMA DE REFRIGERACIÓ AMB CANALITZACIONS.....	20
3.1 Velocitat de sortida de l'aire.....	21
3.1.1 Realització de l'estudi i resultats .....	21
3.2 Estudi tèrmic .....	22
3.2.1 Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual.....	23

3.3	Velocitat de producció .....	24
4	NOVA PROPOSTA: SISTEMA DE REFRIGERACIÓ AMB DIFUSORS .....	28
4.1	Velocitat de sortida de l'aire .....	30
4.1.1	Realització de l'estudi i resultats .....	30
4.2	Estudi tèrmic .....	32
4.2.1	Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual .....	33
4.3	Velocitat de producció .....	34
5	COMPARATIVA PROTOTIP 1-PROTOTIP 2 .....	38
6	FABRICACIÓ DEL PROTOTIP ESCOLLIT .....	40
6.1	Disseny final i característiques del torpede.....	40
6.1.1	Torpede.....	40
6.1.2	Difusors.....	41
6.2	Sistema de subjecció.....	43
6.2.1	Sistema actual: potes d'aranya directament mecanitzades a la filera intermitja 43	
6.2.2	Sistema de subjecció proposat: unions d'ala de mosca entre la filera i el torpede 44	
6.3	Estudi estàtic del nou sistema de subjecció .....	45
6.3.1	Resultats de l'estudi .....	46
6.3.2	Filera adaptada al sistema de subjecció.....	48
6.4	Adaptació del prototip a tecnologies additives .....	49
6.5	Integració de sensòrica en el prototip .....	51
6.6	Sistema pneumàtic .....	53
7	IMPRESSIÓ I PROVA D'ENCAIX D'UN PROTOTIP EN ABS.....	54
7.1	Prova d'encaix a l'empresa peticionària.....	56
8	RESUM DEL PRESSUPOST .....	57

---

9	CONCLUSIONS .....	58
10	RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	59
11	ANNEX A: MANUFACTURACIÓ ADDITIVA.....	60
	A.1 Modelat per deposició de material fos (FDM) .....	61
	A.2 Fusió làser selectiva (SLM).....	62
	A.3 Sistema d'electròlisi seca DryLyte .....	63
	ANNEX B. CATÀLEGS DE COMPRA .....	64
	B.1 Ràcords .....	64
	ANNEX C. ESTUDIS TÈRMICS.....	65
	C.1 Estudi tèrmic torpede actual .....	65
	C.2 Estudi tèrmic torpede prototip 1 .....	83
	C.3 Estudi tèrmic torpede prototip 2 .....	101
	ANNEX D. ESTUDIS ESTÀTICS.....	119
	D.1 Estudi estàtic del sistema d'ala de mosca .....	119

# 1 INTRODUCCIÓ

## 1.1 Antecedents

### 1.1.1 Peticionari

CAYFI S.L., ubicada al Carrer Torrent d'en Baiell, 32, 08181 Sentmenat, Barcelona.

### 1.1.2 Entorn

CAYFI S.L. és una empresa que es dedica a l'extrusió de perfils de plàstic i a la fabricació d'útils per el procés d'extrusió per plàstics de PVC, HDPE, ABS, PP i PC.

### 1.1.3 Exposició del problema

En el procés d'extrusió de plàstics s'utilitza un sistema de calibració i refrigeració per evitar deformacions i un acabat superficial rugós. En els perfils oberts no hi ha problema a l'hora de refrigerar ja que totes les parets del perfil estan en contacte amb el sistema de refrigeració, però en els perfils tancats no totes les parets estan en contacte amb el medi dissipador i, degut a les altes temperatures a l'interior del perfil, s'ha de reduir considerablement la velocitat d'extrusió per tal de mantenir la rigidesa del perfil i aconseguir un acabat correcte.

El peticionari vol un sistema que permeti la refrigeració de les parets interiors dels perfils tancats, aconseguint així una major velocitat d'extrusió i, en conseqüència, una velocitat de producció més elevada.

#### 1.1.4 Projectes previs

Aquest treball parteix de dos treballs anteriors, el treball de final de grau d'en Josep Ribas Marçal anomenat "Anàlisi i disseny d'un mandril "torpede" per a la millora de la refrigeració en el procés d'extrusió en calent de plàstics" en el que té com a objectiu analitzar mitjançant estudis tèrmics, de fluids i diferents configuracions internes del torpede si és possible augmentar la velocitat d'extrusió d'un perfil tancat de PVC mitjançant la implementació d'un sistema de refrigeració en un mandril "torpede". Així com el treball d'en Raül Cruz Beyret anomenat "Disseny i fabricació d'un mandril "torpede" per prova pilot en un procés d'extrusió de PVC mitjançant tecnologies additives", en el que millora el disseny del treball anterior i fa els estudis pertinents per a demostrar-ho.

La metodologia a seguir en el treball serà fer un anàlisi del prototip anterior i de la filera actual, proposar un nou model i comparar-lo amb els altres models per a triar un prototip final. El model final es prepararà per fabricació i s'imprimirà un model en ABS per fer una prova d'encaix a l'empresa peticionària.

## 1.2 Objecte del projecte

L'objecte d'aquest projecte és completar el disseny fabricable del mandril "torpede" per a poder controlar el procés d'extrusió, fer el prototipatge dimensional en plàstic ABS i validar el prototip ABS muntant-lo a l'extrusora, definint i integrant-hi sensòrica per fer una prova pilot.

## 1.3 Especificacions i abast

### 1.3.1 Especificacions

A la Taula 1-1 es descriuen les especificacions inicials considerades per tal que el disseny del torpede encaixi i es pugui muntar en una filera de producció.

*Taula 1-1: Especificacions*

Concepte	Descripció
Disseny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilitat amb la línia d'extrusió en sèrie.</li> <li>• Mantenir les característiques dimensionals del perfil.</li> </ul>
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material del perfil ha de ser de PVC</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• El material del torpede ha de ser compatible amb l'Acer: LA 2316-EN:X38CrMoV16 (Z 35 CD 16) Pretractat 320HB sense sofre.</li></ul>
Sistema d'extrusió	<ul style="list-style-type: none"><li>• El sistema d'extrusió no es pot modificar. Ha de ser la mateixa línia d'extrusió amb els mateixos paràmetres de fabricació</li></ul>

### 1.3.2 Abast

L'abast del projecte comprèn el redisseny i l'adaptació del prototip per la màquina extrusora i la integració de sensòrica per controlar el refredament de les parets interiors, la validació del prototip a través de la impressió 3D, la correcció de possibles falles en el model 3D i finalment la impressió en metall SNL per la seva posterior instal·lació a la màquina extrusora i la comprovació dels càlculs teòrics fets en el primer projecte.

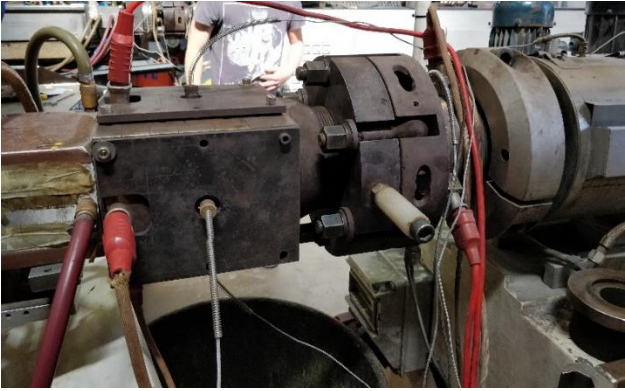
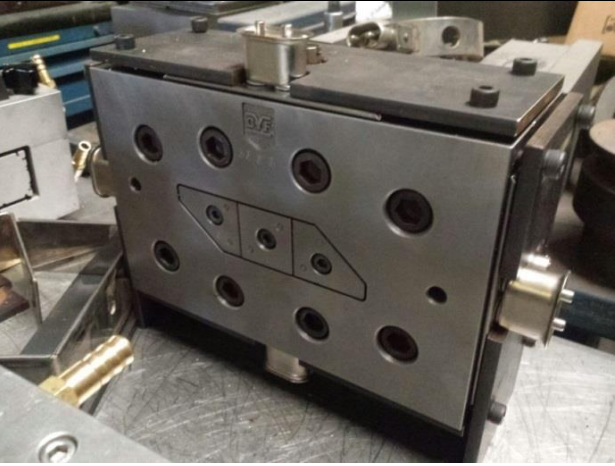
## 2 FILERA ACTUAL

### 2.1 Descripció i funcionament de la filera d'extrusió

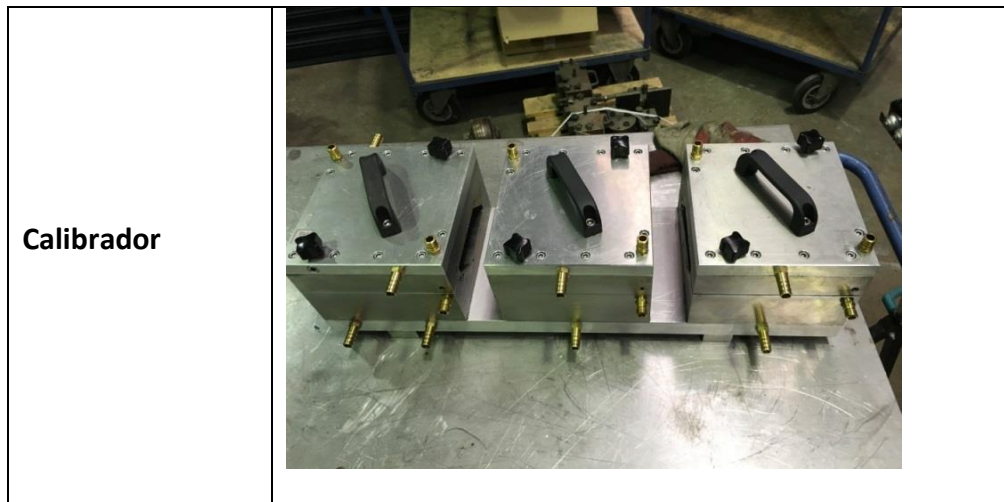
#### 2.1.1 Sistema d'extrusió

El sistema d'extrusió actual consta d'una màquina extrusora, que escalfa el plàstic i el fa passar a pressió a través de la filera, on es troba el "torpede" (Terme d'argot del sector per anomenar la part interna del motllo, que s'assembla a un torpede). Una vegada s'ha extruït el plàstic, passa pels calibradors, que acaben de donar la forma correcta al perfil amb les toleràncies necessàries.

*Taula 2-1: Sistema d'extrusió*

<b>Extrusora</b>	
<b>Filera</b>	





L'extrusora amb la qual realitzarem d'estudi produeix el perfil següent:



*Figura 2-1: Perfil extruït*

### 2.1.2 Disseny i funcionament de la filera i el torpede actuals

El funcionament de la filera i el torpede és el següent: el PVC fos és empès a alta pressió pel vis sans fi de l'extrusora i entra en contacte amb la filera, que està a temperatures d'entre 180 i 190°C. Al passar pel torpede, el PVC flueix per les parets i surt amb la forma del perfil tancat degut a la geometria dels noios.

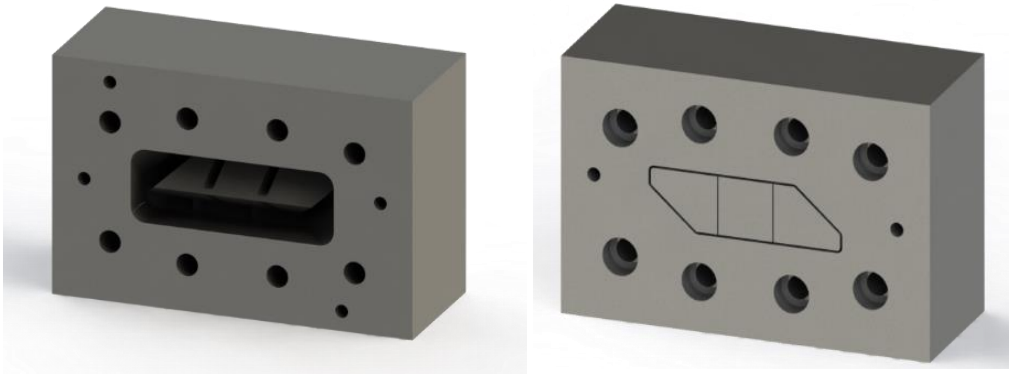


Figura 2-2: Conjunt filera i torpede

En la Figura 2-2 i en la Figura 2-3 podem observar la forma del conjunt que ha d'extruir el perfil. La part central on es veuen els tres noios es el torpede, i la peça que l'envolta és la filera. En aquest disseny el conjunt consta de tres noios i tres fileres: una filera posterior, que comença a donar-li la forma al PVC fos, la filera intermitja, que té mecanitzades les potes d'aranya amb el torpede i la filera frontal, que dona la forma final al perfil extruït juntament amb els noios.

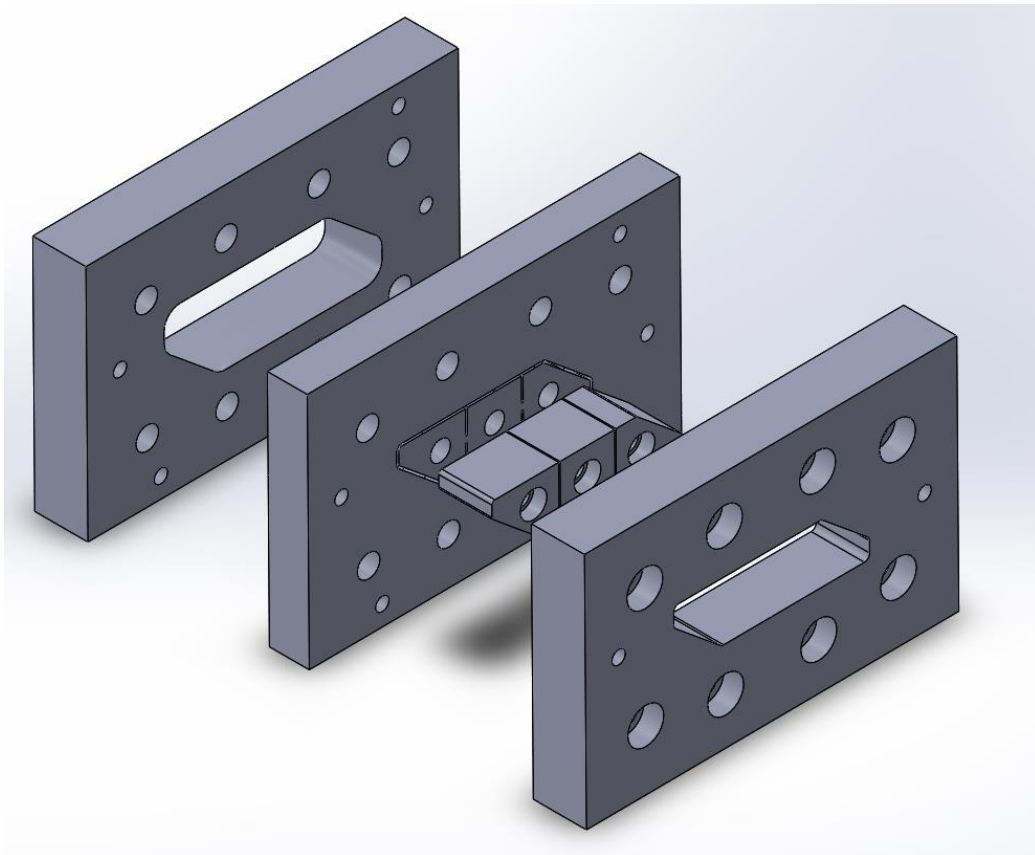


Figura 2-3: Filera intermitja i torpede

Tant les fileres com el torpede amb els noios es fabriquen a partir d'un bloc d'acer inoxidable LA2316 amb processos d'arrancada de ferritja.

El sistema de subjecció actual entre la filera i el torpede consisteix en unes potes d'aranya. Les potes d'aranya estan dissenyades per que el PVC pugui fluir a través d'elles sense que això afecti el seu flux ni l'acabat final del producte i son l'element que uneix el torpede amb la filera.



*Figura 2-4: Sistema amb múltiples potes d'aranya*

Com es pot observar a la Figura 2-4 les potes d'aranya acaben en punta en els dos extrems per tal d'optimitzar el procés d'extrusió.

### 2.1.3 Sistema de refrigeració

El sistema de refrigeració actual només contempla la refrigeració de les parets externes del perfil en cas que sigui tancat, i per tant fa que el procés d'extrusió sigui lent. Hi han dos dolls d'aigua a la sortida dels calibradors, que comencen a refredar el perfil de manera gradual. Llavors el perfil entra en un bany d'aigua que el refrigera més ràpidament.

El perfil es comença a refredar activament una vegada s'ha assolit la temperatura de transició vítrica a la sortida del calibrador, si abans del calibrat es refreden les parets internes del perfil s'arribarà abans a la temperatura de transició vítrica i per tant la velocitat d'extrusió augmentarà.

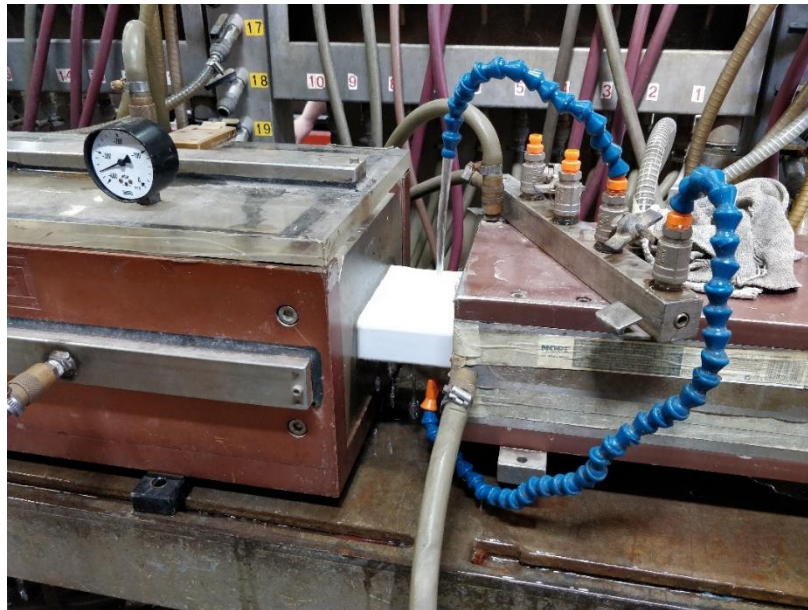


Figura 2-5: Entrada al bany de refredament amb doble doll d'aigua

#### 2.1.4 Sistema de tall

El sistema de tall consisteix en una fulla industrial automàtica que talla acord amb la velocitat d'extrusió. Al final del sistema de tall hi ha un pla inclinat que porta el perfil tallat a la zona d'empaquetat.



Figura 2-6: Sistema de tall

## 2.2 Modelització i estudi tèrmic del sistema d'extrusió actual

Es realitza un estudi tèrmic del sistema d'extrusió actual per tal de tenir un punt de referència per comparar els diferents sistemes de refrigeració dels prototips que es crearan. L'objectiu d'aquest estudi és tenir una idea aproximada de com es refreda el perfil en un instant de temps i tenir una referència, ja que no és possible poder simular tot el procés d'extrusió degut a que hi ha un element mòbil, el perfil extruït.

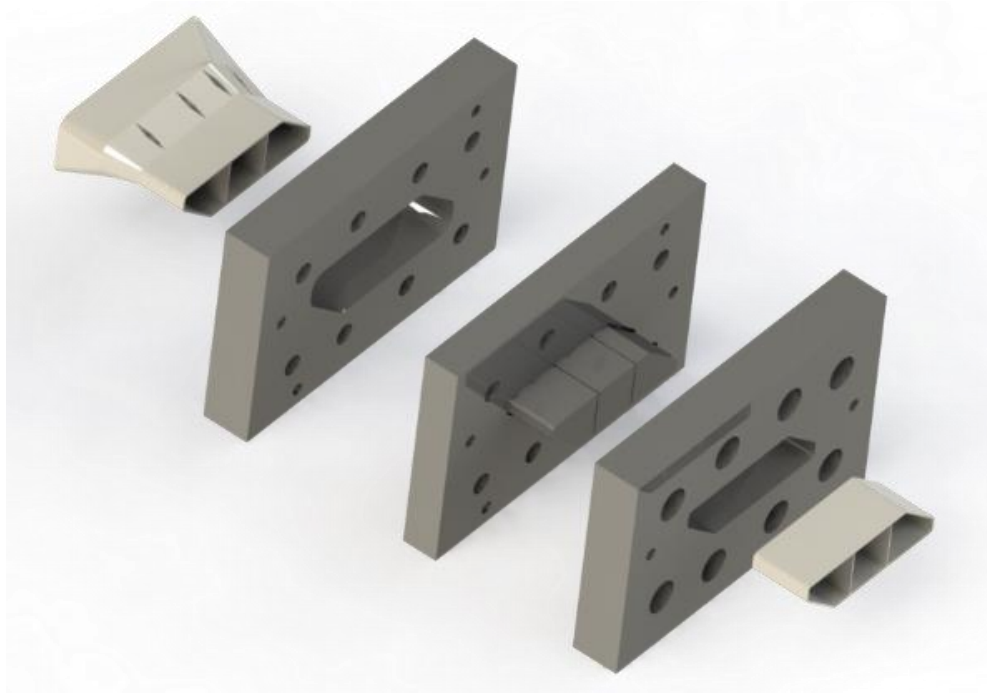


Figura 2-7: Explosionat de la filera en sèrie

Per fer l'estudi s'ha modelat en CAD tot el sistema de filera i torpede, també s'ha creat el PVC fos passant pel torpede i la forma final del perfil.

La disposició de les càrregues tèrmiques són les següents:

- Càrrega tèrmica de 190°C a la cara interior de la filera i el PVC
- Càrrega tèrmica de 180°C als laterals de la filera
- Convecció de 10 W/m<sup>2</sup>K la cara exterior de la filera i a les parets externes del perfil
- Convecció de 5 W/m<sup>2</sup>K a les parets interiors del perfil

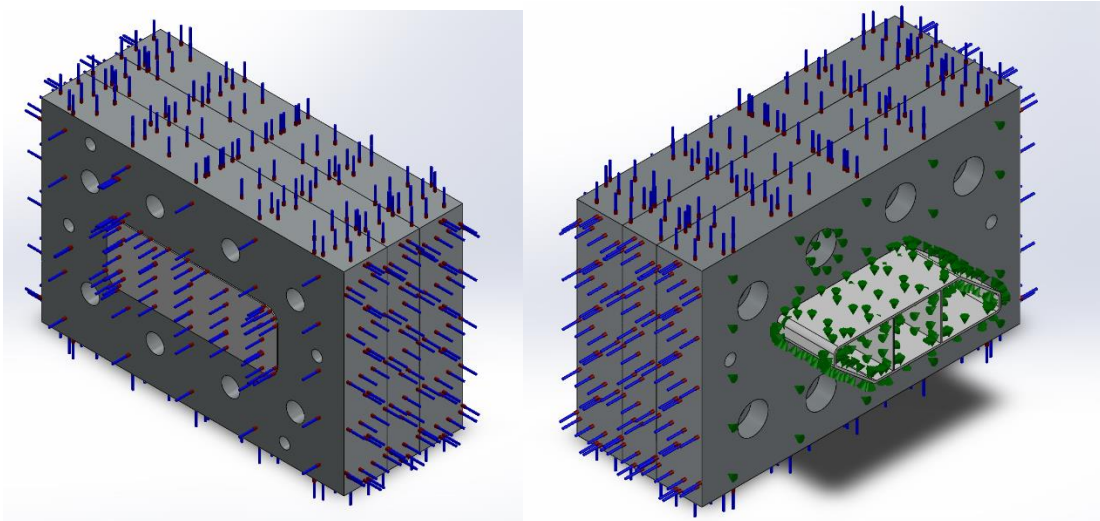


Figura 2-8: Càrregues de temperatura (blau) i conveccions (verd)

### 2.2.1 Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual

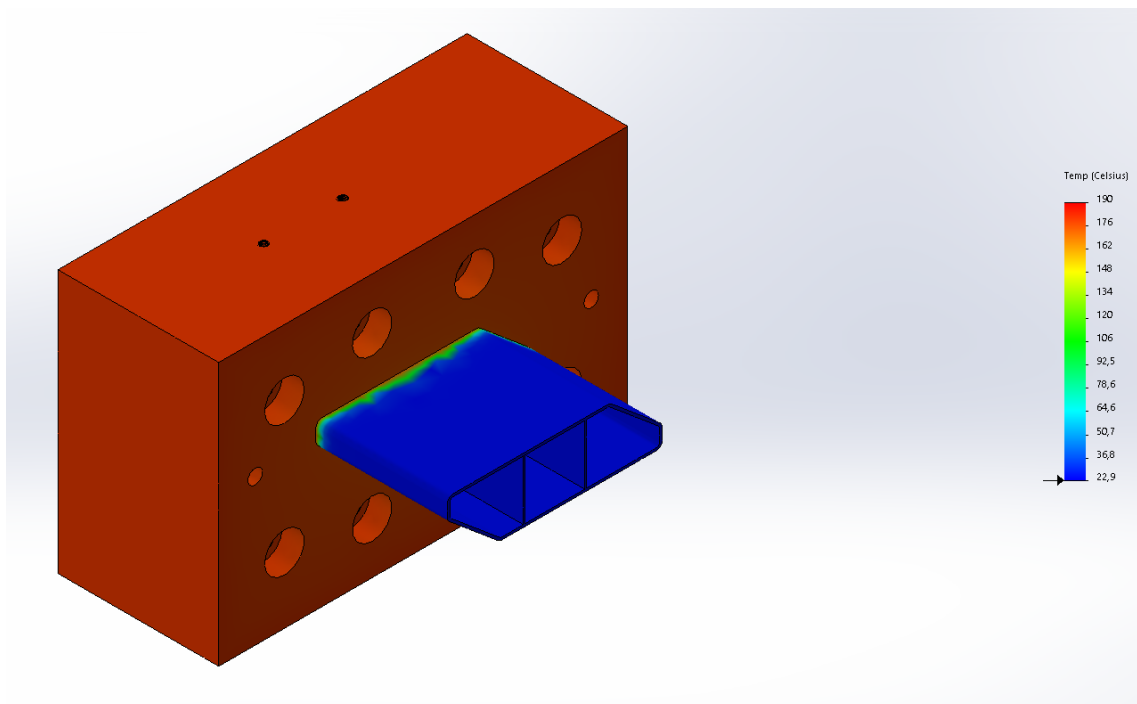


Figura 2-9: Resultat de la simulació

En la Figura 2-9 es pot observar el gradient de temperatures del perfil extruït.

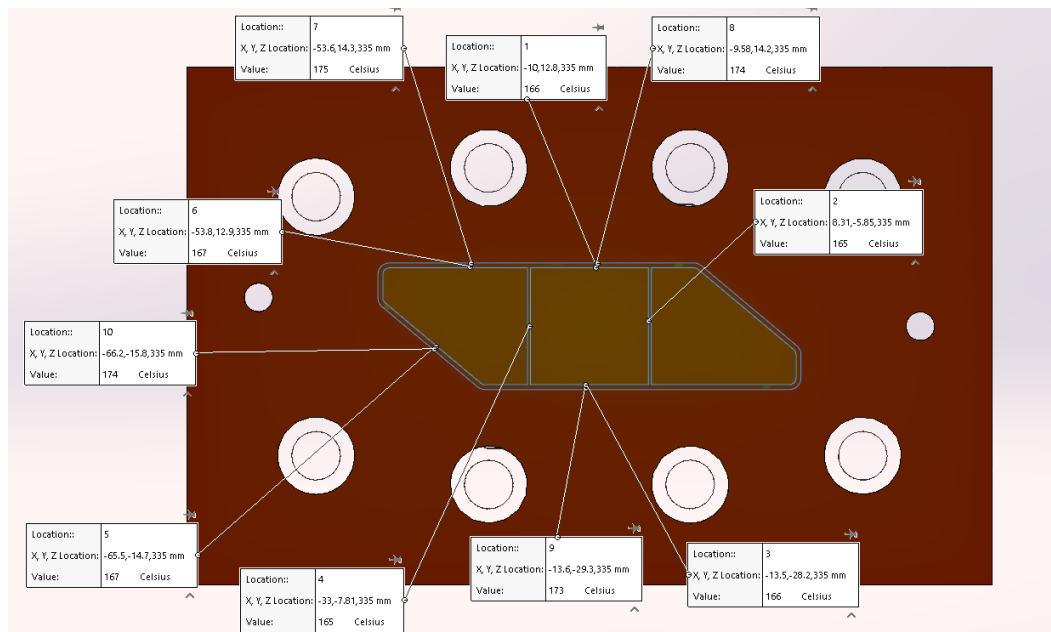


Figura 2-10: Temperatures internes i externes a la sortida

Una vegada realitzada la simulació, s'ha fet una secció a la sortida de la filera per trobar la mitjana de temperatures del perfil. S'han agafat diverses temperatures internes i externes com es pot observar a la Figura 2-10.

La mitjana de temperatures a les parets exteriors a la sortida és de 174°C i la mitjana a les parets interiors és de 166°C.

### 2.2.2 Modelització de la velocitat d'extrusió

La velocitat de producció màxima amb aquest torpede és de 1.2 m/min de perfil.

Per a poder comparar entre prototips s'haurà de crear una regressió que ens mostri el refredament per triar quin model refrigera millor. Per tal de fer-ho, s'han agafat seccions del perfil a diferents distàncies i s'ha mesurat la temperatura en diferents punts per establir una temperatura mitja per cada secció.

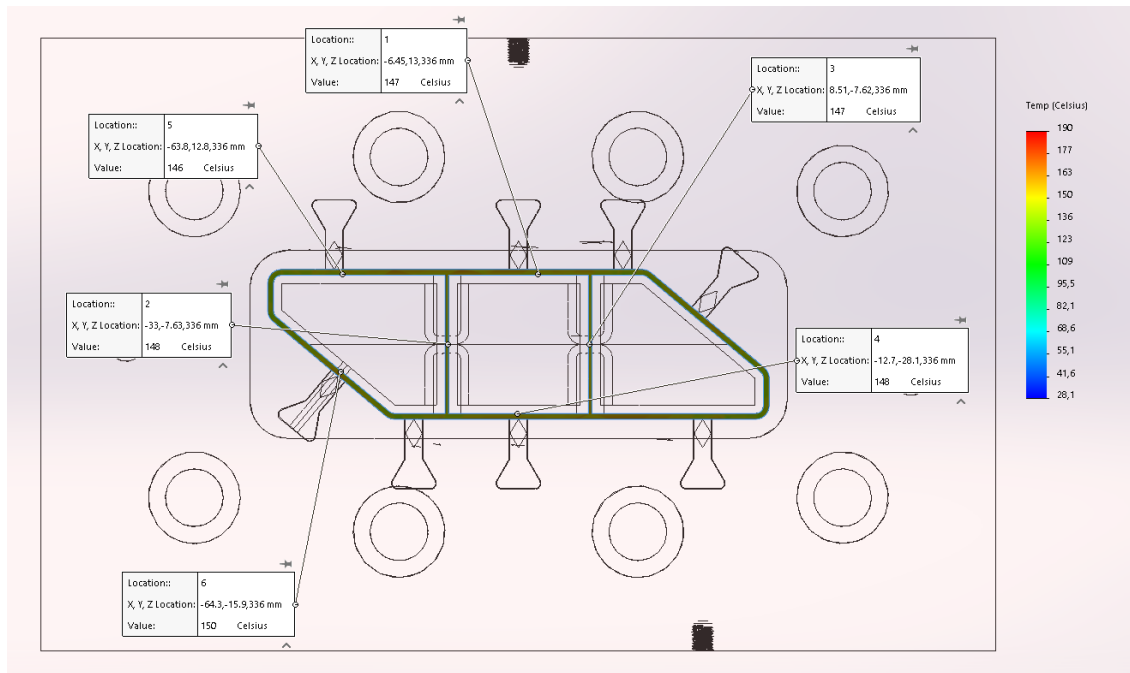


Figura 2-11: Temperatures a 1mm de la sortida

En la primera secció, situada a 1mm de la sortida de la filera, hem agafat varis punts de mostra en les parets internes del perfil, i ens ha donat una temperatura mitja de 147,6°C, una diferència de 21.5°C respecte la sortida del perfil.

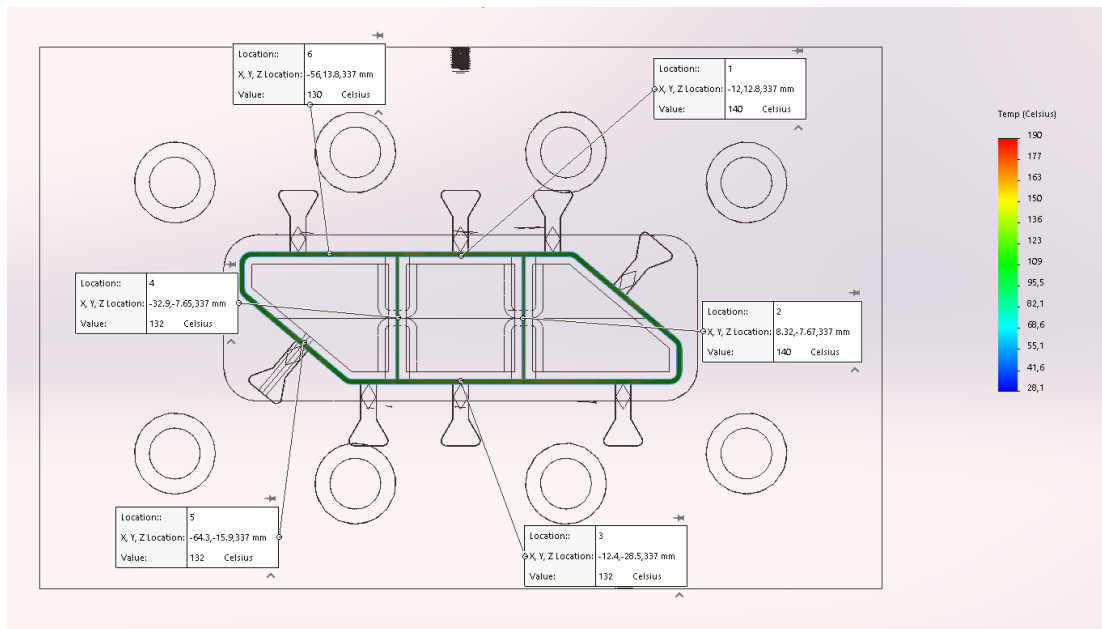


Figura 2-12: Temperatures a 2mm de la sortida

En la segona secció, a 2mm de la filera, hem agafat el mateix nombre de punts que en la primera i s'ha mesurat una temperatura mitja de 134,3°C, amb una diferència de 35°C



respecte la sortida. Com es pot observar, el gradient de temperatures comença a variar entre seccions, fent visible el refredament de perfil extruït.

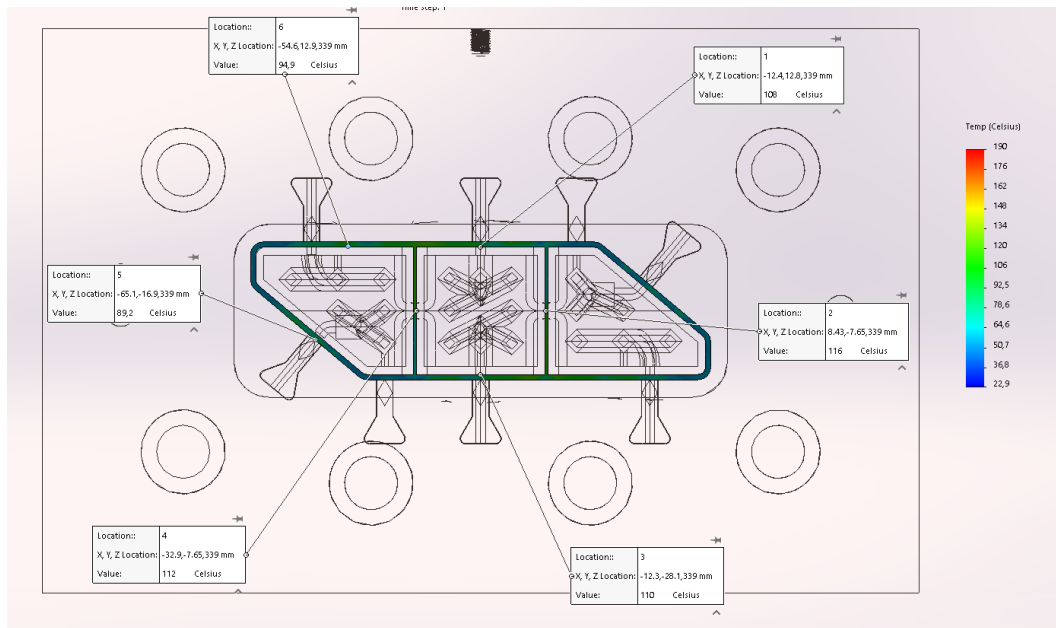


Figura 2-13: Temperatures a 4mm de la sortida

La tercera secció està a una temperatura mitja de 105°C. Com es pot observar en la Figura 2-13, el gradient de la secció no és constant, això indica que no tota la peça es refreda a la vegada. Les parts amb més curvatura es refreden més ràpidament.

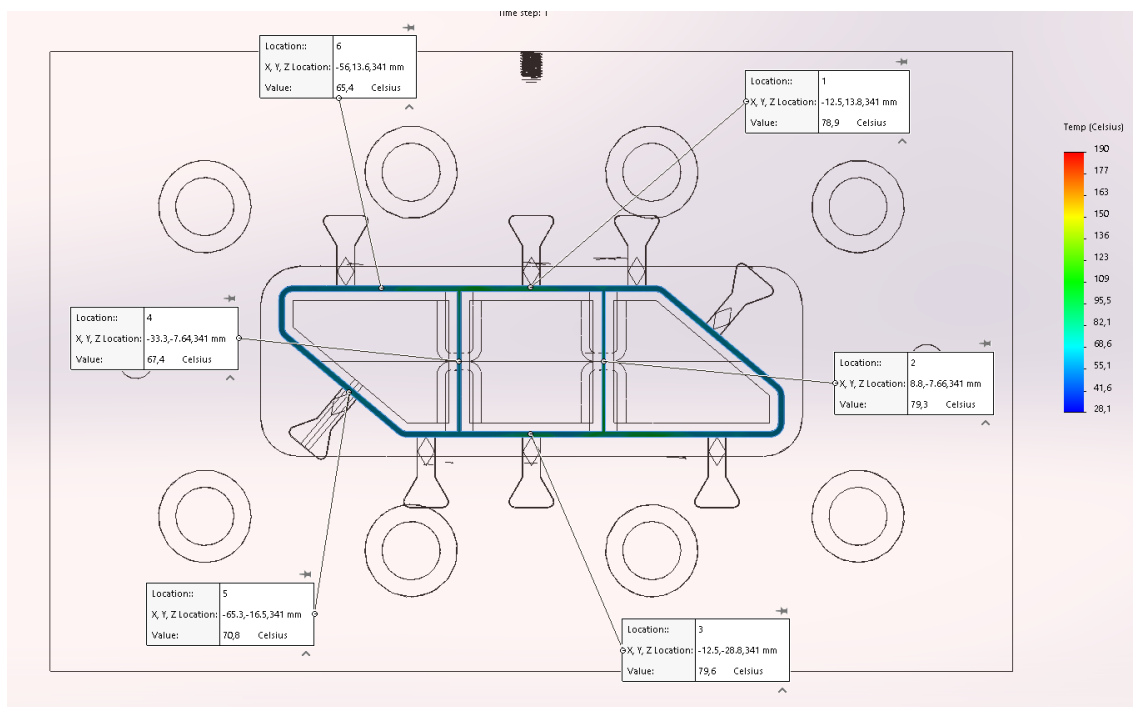


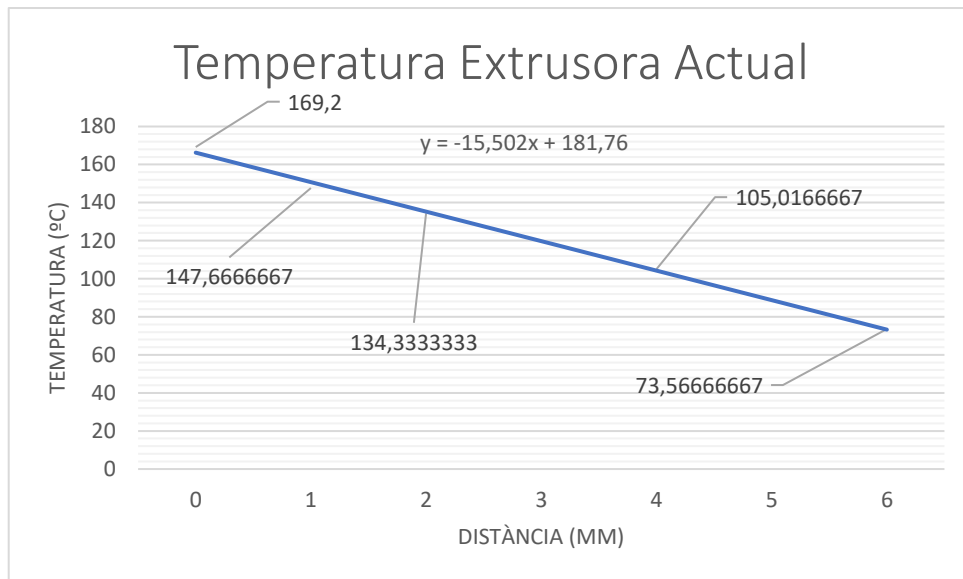
Figura 2-14: Temperatures a 6mm de la sortida

En la secció a 6 mm podem observar que el perfil es troba a temperatures d'entre 65 i 80°C i que ja ha arribat a temperatura de transició vítrica (Tg).

Taula 2-2: Taula de temperatures model actual

Node	Temperatura (°C)				
	Sortida	1mm	2mm	4mm	6mm
1	166	147	140	108	78,9
2	165	148	140	116	79,3
3	166	147	132	110	79,6
4	165	148	132	112	67,4
5	167	146	132	89,2	70,8
6	167	150	130	94,9	65,4
7	175				
8	174				
9	173				
10	174				
Mitjana	169,2	147,666667	134,3333	105,0167	73,56667

Per crear la regressió de refredament, es fa una taula amb les temperatures trobades a la simulació i es fa una gràfica temperatura-distància. Es fa una regressió lineal a partir dels punts del gràfic.



Gràfic 2-1: Temperatura-Distància en l'extrusora actual

En el Gràfic 2-1 podem observar la regressió lineal creada a partir de les temperatures obtingudes en les seccions de l'anàlisi tèrmic.

### 3 PROPOSTA ANTIGA: SISTEMA DE REFRIGERACIÓ AMB CANALITZACIONS.

El prototip s'ha dissenyat amb una sèrie de canalitzacions que permeten l'entrada d'aire des de la filera cap al centre de cada noio. Aquests conductes d'aire passen a través de les potes d'aranya i es bifurquen en varis conductes per tal de repartir l'aire de manera que es refredi tot el perfil de manera homogènia. Com es pot observar a la Figura 3-1, el sistema de subjecció canvia a un sistema d'ales de mosca, explicat al següent apartat: Sistema de subjecció proposat: unions d'ala de mosca entre la filera i el torpede.

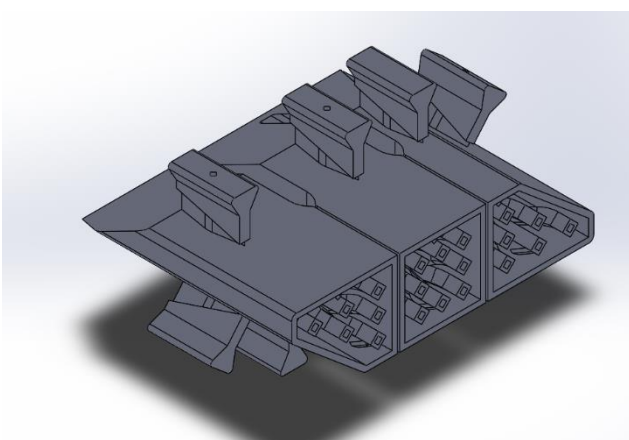


Figura 3-2: Isomètrica del Prototip 1

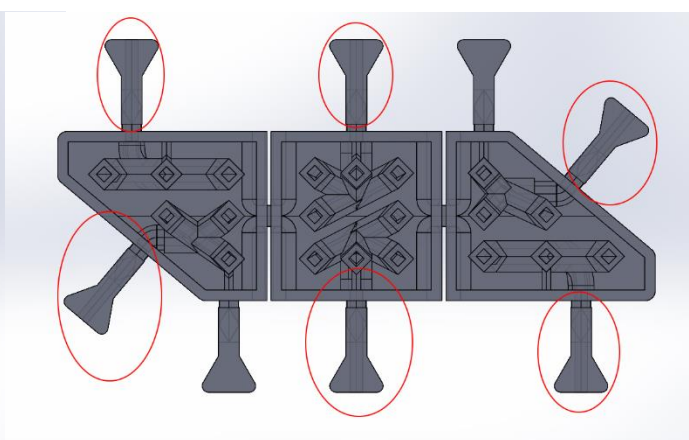
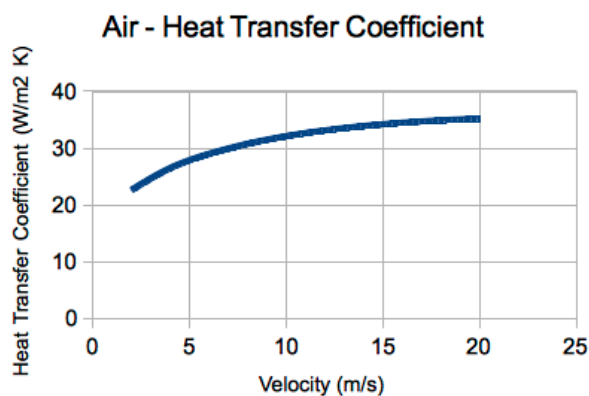


Figura 3-1: Entrades d'aire Prototip 1

La convecció a l'interior de les parets augmentarà segons la velocitat de sortida de l'aire i el contacte que faci aquest amb les parets del perfil. A més velocitat de contacte amb les parets més convecció. Aquesta pot arribar a superar els  $35\text{W/m}^2\text{K}$  si s'arriba a un contacte constant d'aire amb les parets i una velocitat de  $20\text{m/s}$  de l'aire.



Gràfic 3-1: Coeficient de convecció del aire respecte la velocitat

### 3.1 Velocitat de sortida de l'aire

Abans de fer l'anàlisi tèrmic per determinar el refredament del perfil, s'executa un estudi per determinar com es comportarà el fluid dins el torpede i a la sortida. Com s'ha indicat anteriorment, necessitem que la velocitat del fluid en contacte amb les parets sigui de 20m/s per a tenir un coeficient de convecció de 35W/m<sup>2</sup>K. A més, el coeficient augmentarà segons l'àrea de contacte amb les parets que tingui el fluid refrigerant.

#### 3.1.1 Realització de l'estudi i resultats

Per realitzar l'estudi, s'ha considerat una pressió de 5atm a l'entrada del torpede i pressió atmosfèrica a la sortida. S'ha realitzat l'estudi només a l'entrada superior del noio central, per a tenir una estimació de la velocitat de sortida.

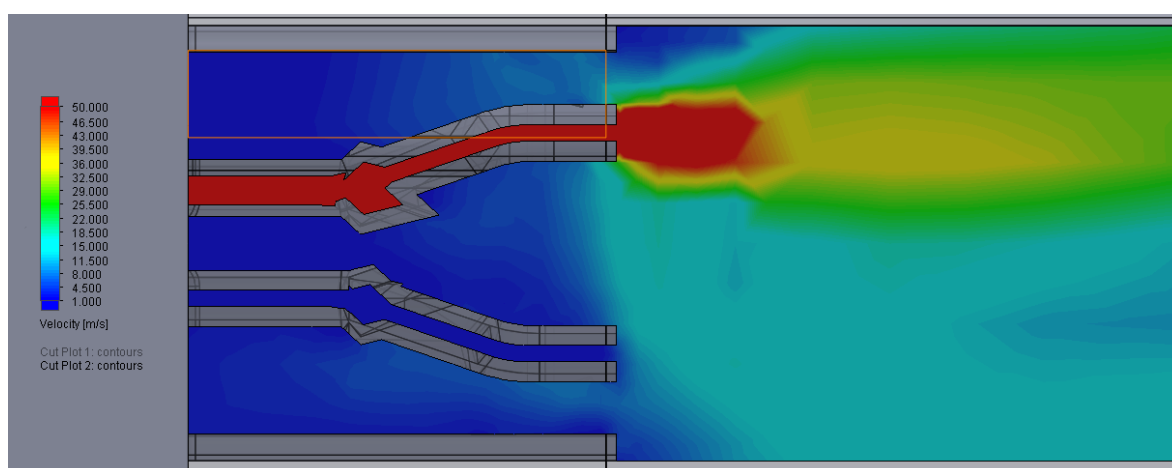


Figura 3-3: Resultat de l'anàlisi de fluids

Com es pot observar en la Figura 3-3, la velocitat del fluid en contacte amb les parets és de 20m/s a una pressió de 5atm, ja que l'aire en contacte amb les parets és de color verd, equivalent a una velocitat d'entre 20 i 25m/s. Com que l'empresa peticionària pot alimentar el torpede amb aquesta pressió, executarem l'estudi tèrmic amb un coeficient de convecció a les parets interiors del perfil de 35W/m<sup>2</sup>K.

### 3.2 Estudi tèrmic

Per realitzar l'estudi s'han afegit tant la filera com el torpede adaptats.

La disposició de les càrregues tèrmiques són les següents:

- Càrrega tèrmica de 190°C a la cara interior de la filera i el PVC
- Càrrega tèrmica de 180°C als laterals de la filera
- Convecció de 10 W/m<sup>2</sup>K la cara exterior de la filera i a les parets externes del perfil
- Convecció de 35 W/m<sup>2</sup>K a les parets interiors del perfil, que ara estan refrigerades gràcies al flux d'aire a 20m/s.

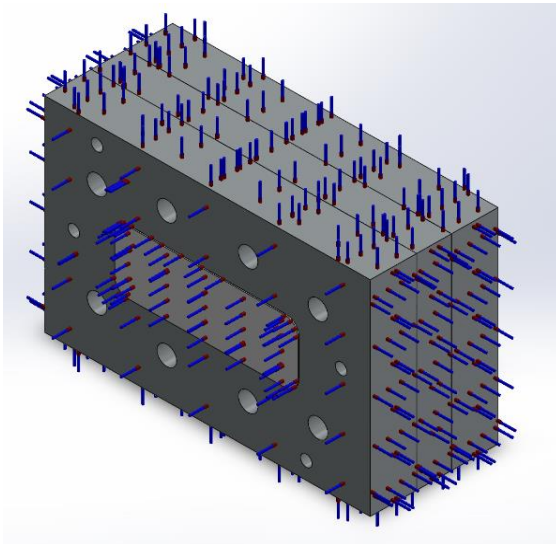


Figura 3-4: Càrregues tèrmiques

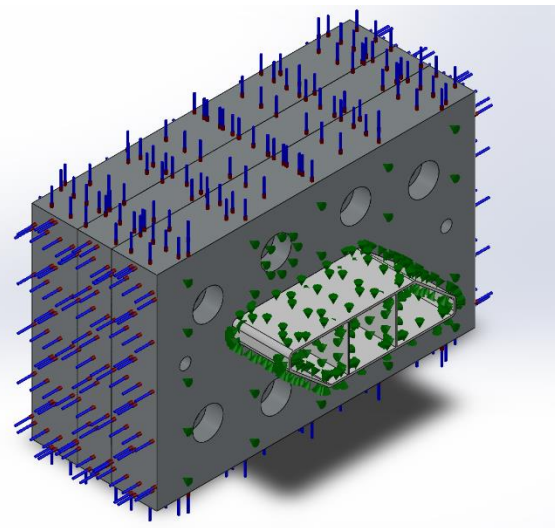


Figura 3-5: Conveccions i càrregues tèrmiques laterals

### 3.2.1 Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual

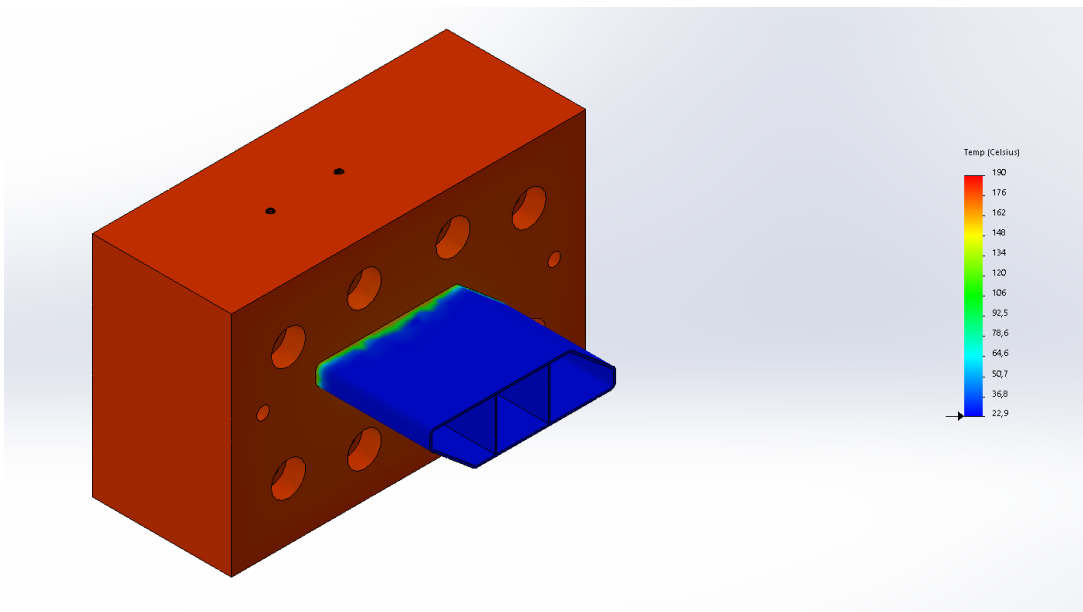


Figura 3-6: Resultat de la simulació

En la Figura 3-6 es pot observar el gradient de colors del perfil extruït.

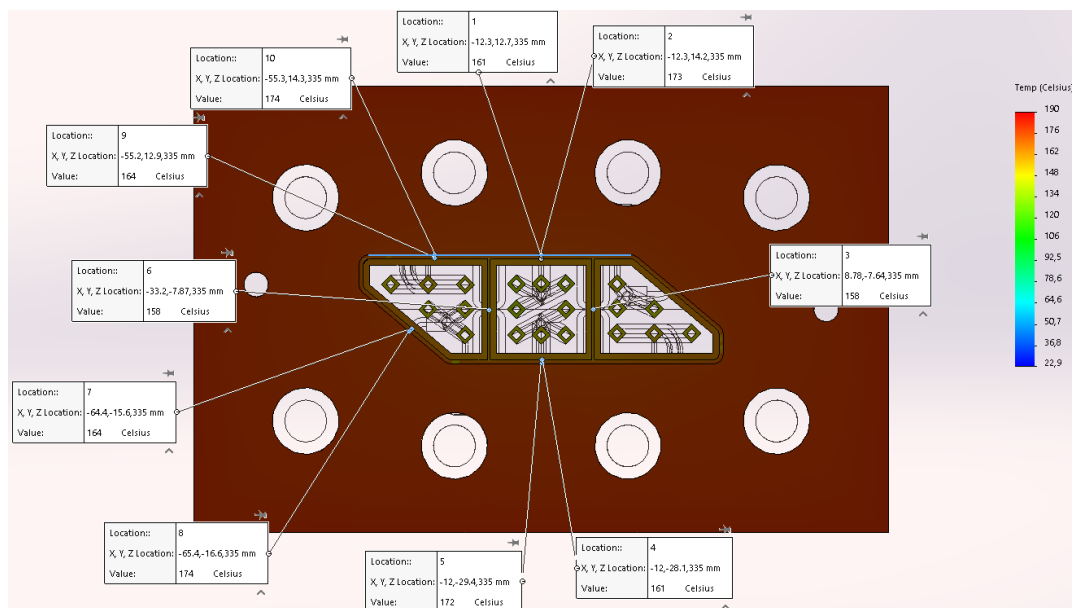


Figura 3-7: Temperatures internes i externes de sortida

Una vegada s'han obtingut resultats de la simulació, s'ha fet una secció a la sortida de la filera i s'han agafat mostres de temperatures internes i externes del perfil extruït, com es pot observar a la Figura 3-7.

La mitjana de temperatures a les parets exteriors a la sortida és de 173,25°C i la mitjana a les parets interiors és de 161°C.

### 3.3 Velocitat de producció

Es segueix el mateix procés que en el model actual, agafant temperatures a diferents seccions per tal de tenir una regressió i poder comparar entre models.

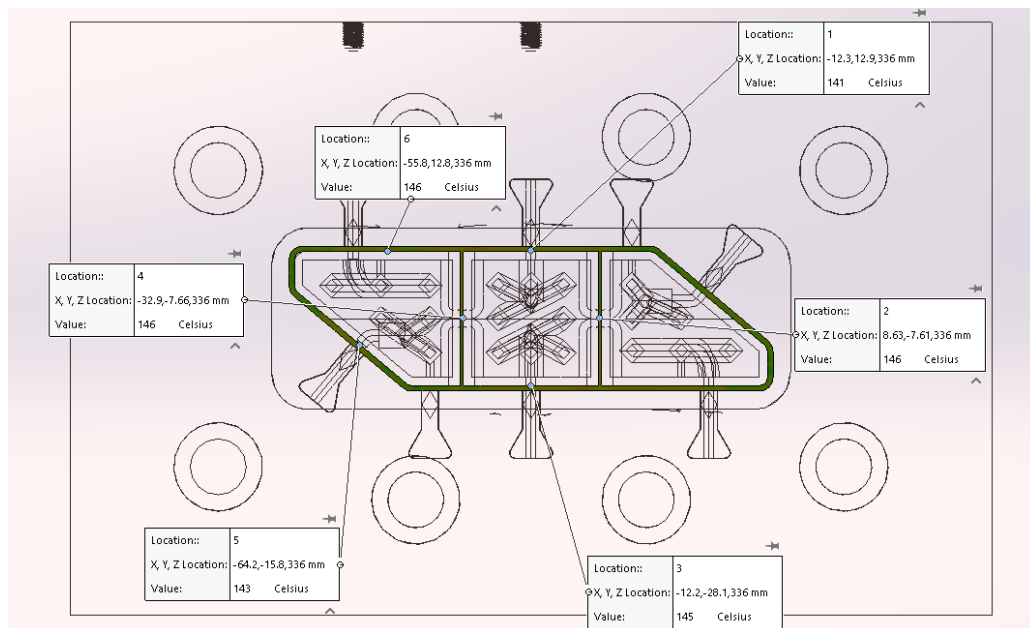


Figura 3-8: Temperatures a 1mm de la sortida

Com es pot observar a la Figura 3-8: Temperatures a 1mm de la sortida, la mitja de temperatures al perfil extruït a 1mm de la sortida és de 144.5°C. La diferència amb la sortida és de 21,4°C, diferència pràcticament igual al sistema d'extrusió actual. Això és degut a que la geometria del torpede canvia i per tant la conducció de calor també, fent que al principi de la filera el conjunt tingui pràcticament el mateix gradient de temperatures. No obstant, com que la convecció és més elevada, a les següents seccions es veuran canvis majors en la temperatura.



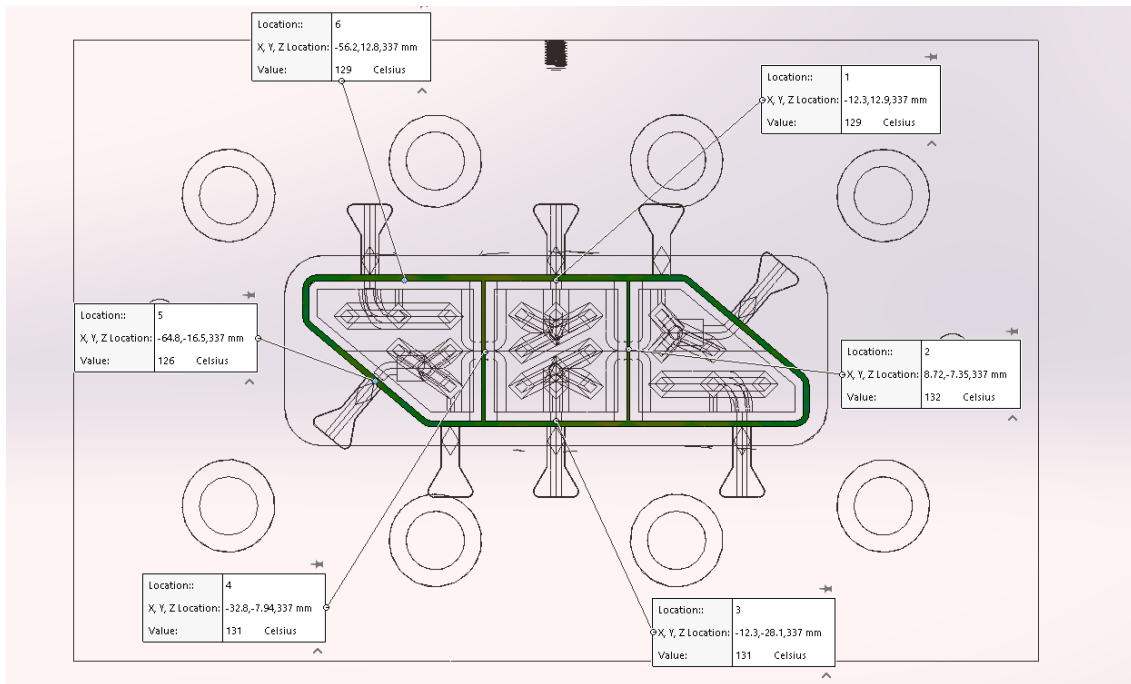


Figura 3-9: Temperatures a 2mm de la sortida

A 2mm de la sortida la temperatura mitja del perfil baixa fins a 129.67°C, tenint una diferència de 36,2°C respecte la sortida. El gradient de colors comença a baixar i com en l'altre cas s'observa que les temperatures a les zones amb curvatura és menor.

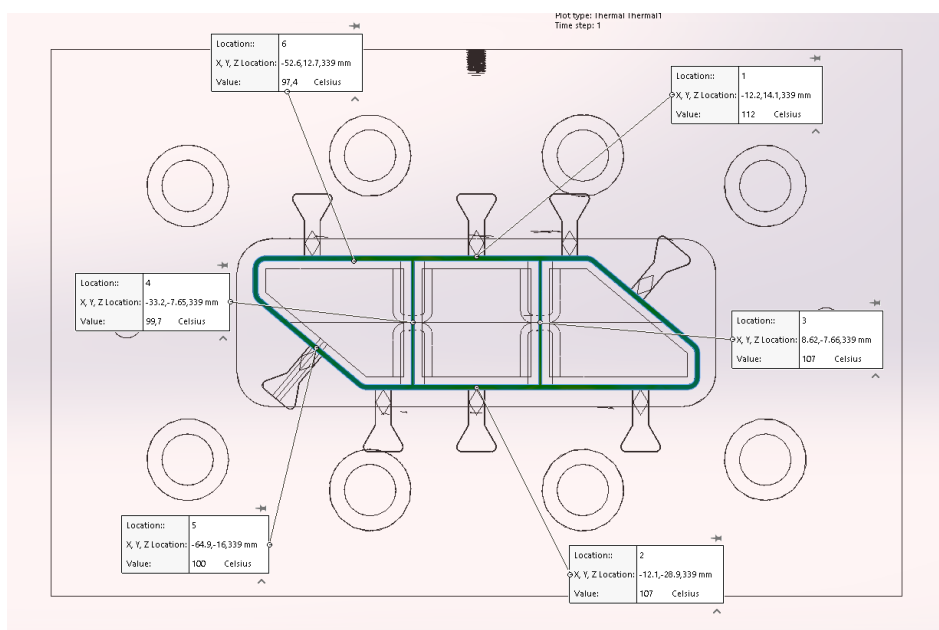


Figura 3-10: Temperatures a 4mm de la sortida

En la secció a 4mm podem observar que la temperatura mitja és de 103,85°C, ha molt poca diferència respecte el model original en els munts mesurats, però podem veure que el

gradient de temperatures té zones d'entre 90°C i 110°C. La temperatura més alta en la zona de 4mm és de 112°C i la més baixa mesurada de 97,4°C.

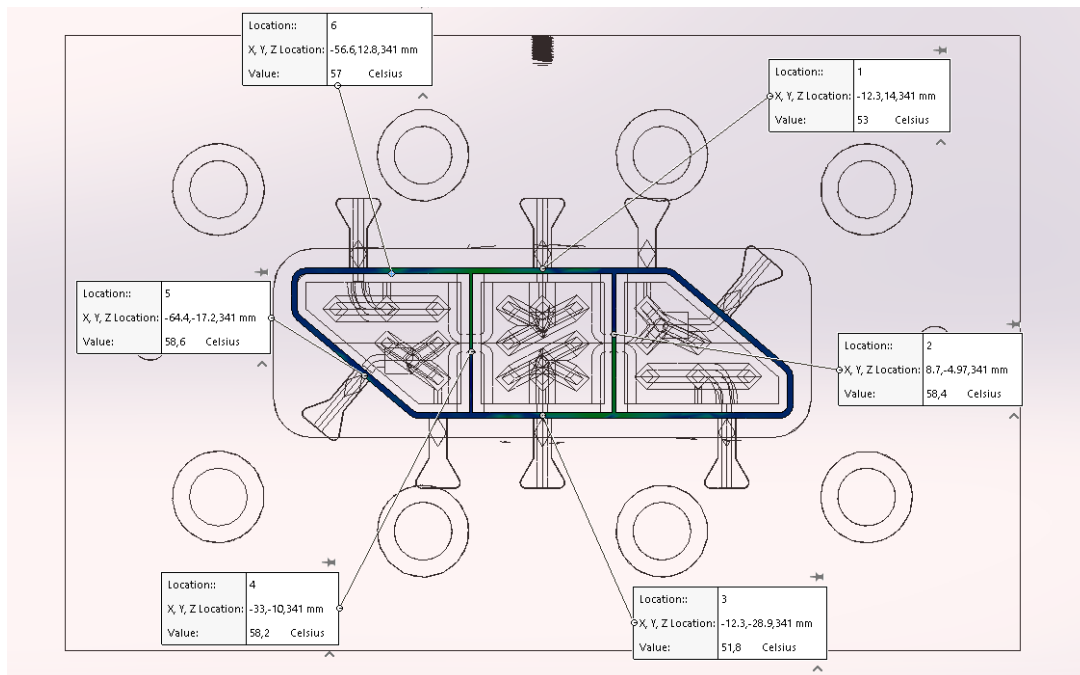


Figura 3-11: Temperatures a 6mm de la sortida

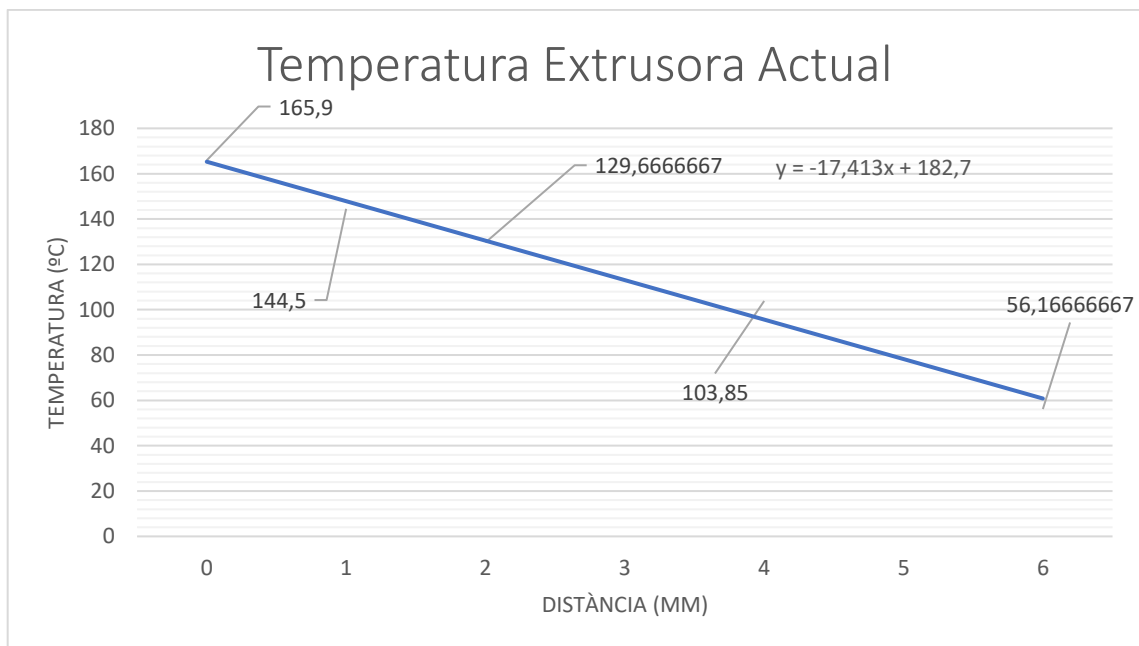
En la secció de 6mm veiem que la peça s'ha refredat quasi en la seva totalitat. La seva temperatura mitja és de 56°C respecte als 73°C del model original. La diferència de temperatures és significativa i segons la simulació s'augmentarà la velocitat d'extrusió amb aquest prototip.

Taula 3-1: Temperatures prototip 1

Node	Temperatura (°C)				
	Sortida	1mm	2mm	4mm	6mm
1	161	141	129	112	53
2	173	146	132	107	58,4
3	158	145	131	107	51,8
4	161	146	131	99,7	58,2
5	172	143	126	100	58,6
6	158	146	129	97,4	57
7	164				
8	174				
9	164				

Node	Temperatura (°C)				
	Sortida	1mm	2mm	4mm	6mm
10	174				
Mitjana	165,9	144,5	129,6667	103,85	56,16667

Per crear la regressió lineal al gràfic de refrigeració, es fa una taula amb les temperatures trobades a la simulació i es fa una gràfica temperatura-distància.



Gràfic 3-2: Temperatura-Distància del Prototip 1

En el Gràfic 3-2 podem observar la regressió lineal creada a partir de les temperatures obtingudes en les seccions de l'anàlisi tèrmic.

## 4 NOVA PROPOSTA: SISTEMA DE REFRIGERACIÓ AMB DIFUSORS

El prototip s'ha dissenyat amb uns difusors que reparteixen l'aire i el condueixen directament a les parets del perfil extruït. Com al prototip anterior, aquests conductes d'aire passen a través de les potes d'aranya. En aquest prototip només hi ha 3 entrades d'aire, una per cada difusor.

Els difusors estan subjectats al torpede a través de les unions que es poden veure a la Figura 4-1.

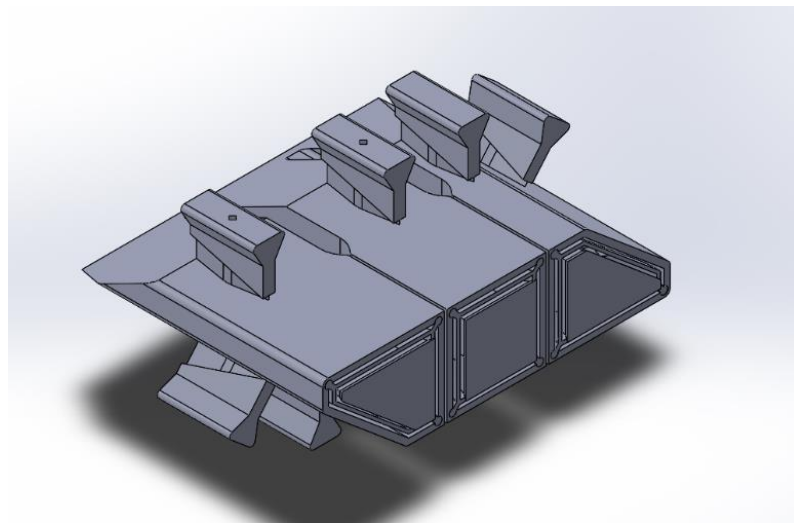


Figura 4-1: Isomètrica del Prototip 2

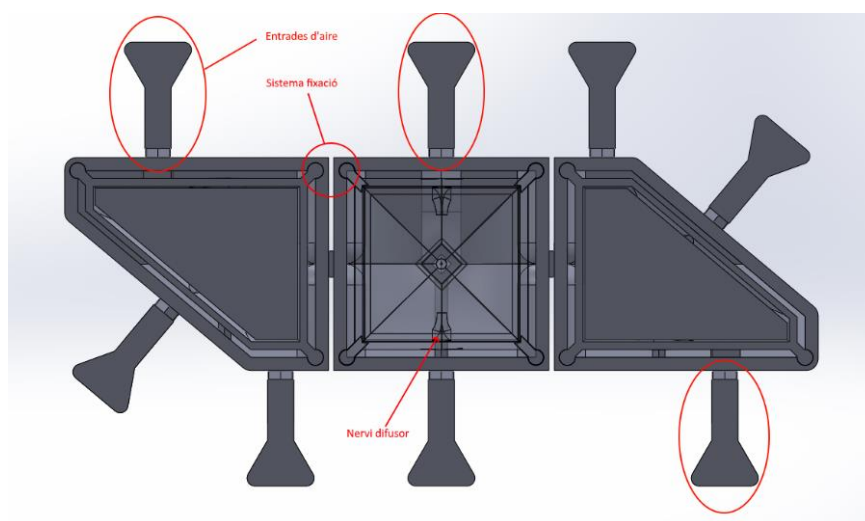


Figura 4-2: Vista frontal del Prototip 2

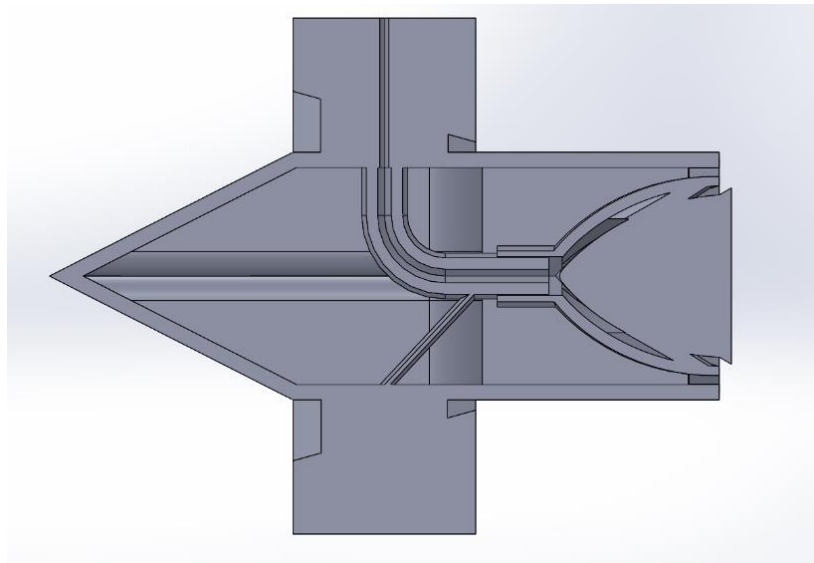
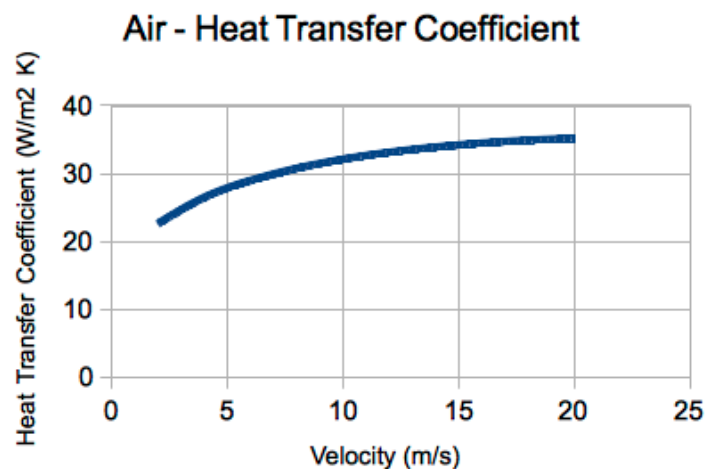


Figura 4-3: Secció lateral del centre del torpede

Com es pot observar a la Figura 4-3: Secció lateral del centre del torpede, el difusor té una forma en cúpula que ajuda a repartir l'aire i a conduir-lo de manera homogènia cap a les parets del perfil extruït. Per subjectar la cúpula interior dels difusors, s'han dissenyat uns nervis que fan contacte amb la paret exterior del difusor. Aquests difusors només es poden fabricar en tecnologies additives degut a la seva forma complexa. La informació completa del sistema proposat es pot trobar a l'apartat Disseny final i característiques del torpede.

La convecció a l'interior de les parets augmentarà segons la velocitat de sortida de l'aire i el contacte que faci aquest amb les parets del perfil com es pot observar al Gràfic 4-1.



Gràfic 4-1: Coeficient de convecció del aire respecte la velocitat

## 4.1 Velocitat de sortida de l'aire

Abans de fer l'anàlisi tèrmic per determinar el refredament del perfil, s'executa un estudi per determinar com es comportarà el fluid dins el torpede i a la sortida. Com s'ha indicat anteriorment, necessitem que la velocitat del fluid en contacte amb les parets sigui de 20m/s per a tenir un coeficient de convecció de 35W/m<sup>2</sup>K. A més, el coeficient augmentarà segons l'àrea de contacte amb les parets que tingui el fluid refrigerant.

### 4.1.1 Realització de l'estudi i resultats

Per realitzar l'estudi, es parteix d'una pressió de 5atm a l'entrada del torpede i pressió atmosfèrica a la sortida.

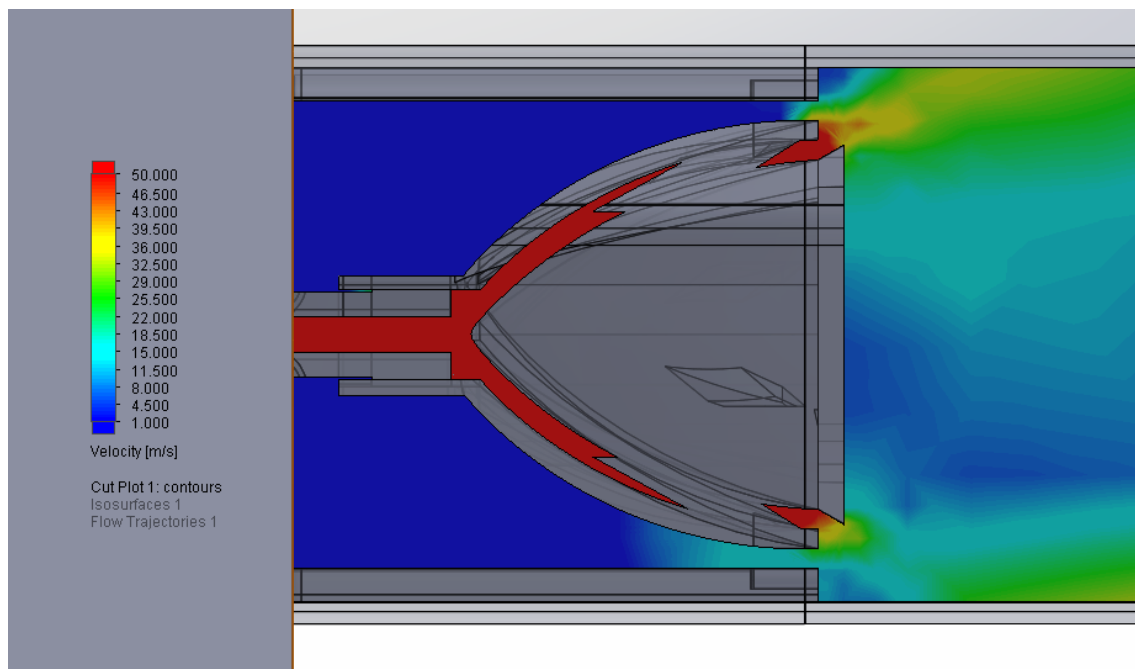
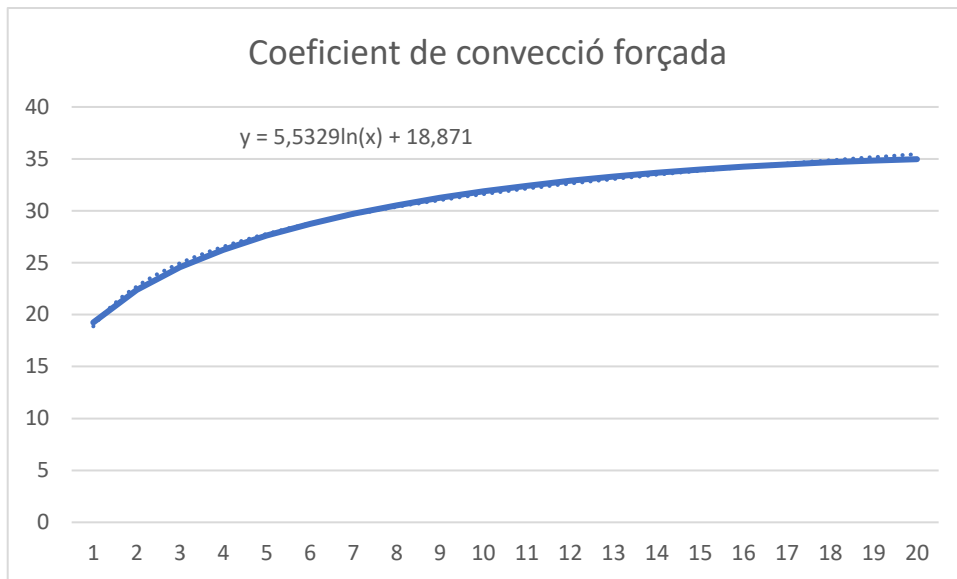


Figura 4-4: Velocitat de sortida

Com es pot observar en la Figura 4-4, la velocitat del fluid en contacte amb les parets és de més de 20m/s, ja que hi han zones del gradient de color groc en contacte amb les parets, equivalents a una velocitat de 36m/s, per tant, el coeficient de convecció que s'utilitzarà en l'estudi tèrmic serà de 38W/m<sup>2</sup>K degut a l'augment en velocitat que ens ofereix aquest disseny. S'ha arribat a aquesta dada fent una regressió logarítmica de les dades obtingudes a partir del Gràfic 4-1.



*Gràfic 4-2: Regressió del coeficient de convecció*

El coeficient de convecció a 36m/s aplicat a aquesta regressió és de aproximadament 38W/m<sup>2</sup>K.

## 4.2 Estudi tèrmic

La disposició de les càrregues tèrmiques són les següents:

- Càrrega tèrmica de 190°C a la cara interior de la filera i el PVC
- Càrrega tèrmica de 180°C als laterals de la filera
- Convecció de 10 W/m<sup>2</sup>K la cara exterior de la filera i a les parets externes del perfil
- Convecció de 38 W/m<sup>2</sup>K a les parets interiors del perfil, que ara estan refrigerades gràcies al flux d'aire a 36m/s.

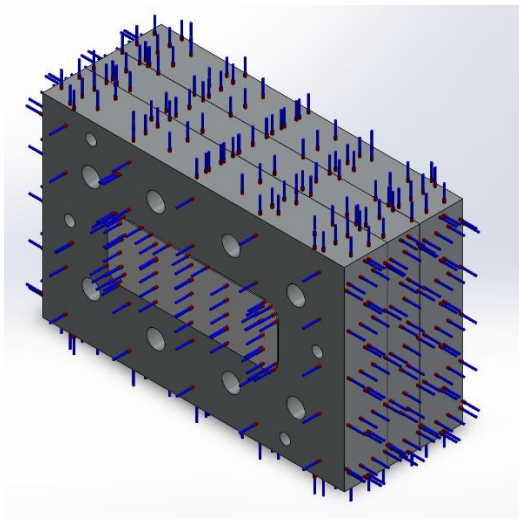


Figura 4-6: Càrregues tèrmiques

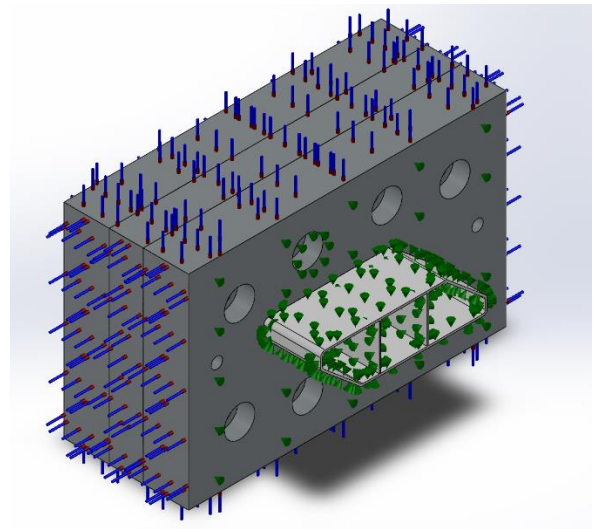


Figura 4-5: Conveccions i càrregues tèrmiques laterals



#### 4.2.1 Resultats de l'estudi tèrmic del sistema actual

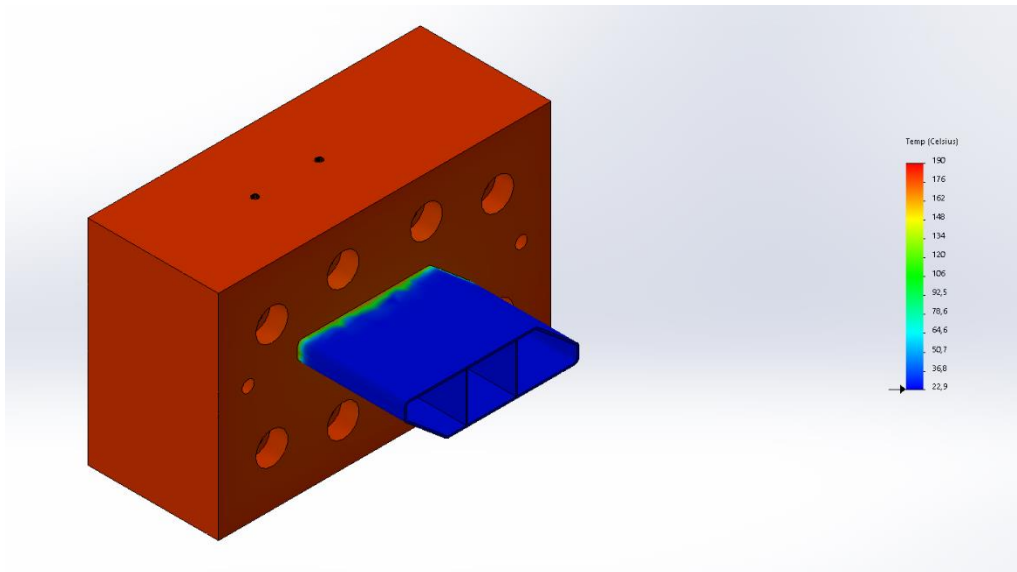


Figura 4-7: Resultat de la simulació

A la Figura 4-7 es pot observar el gradient de temperatures a la sortida de la filera.

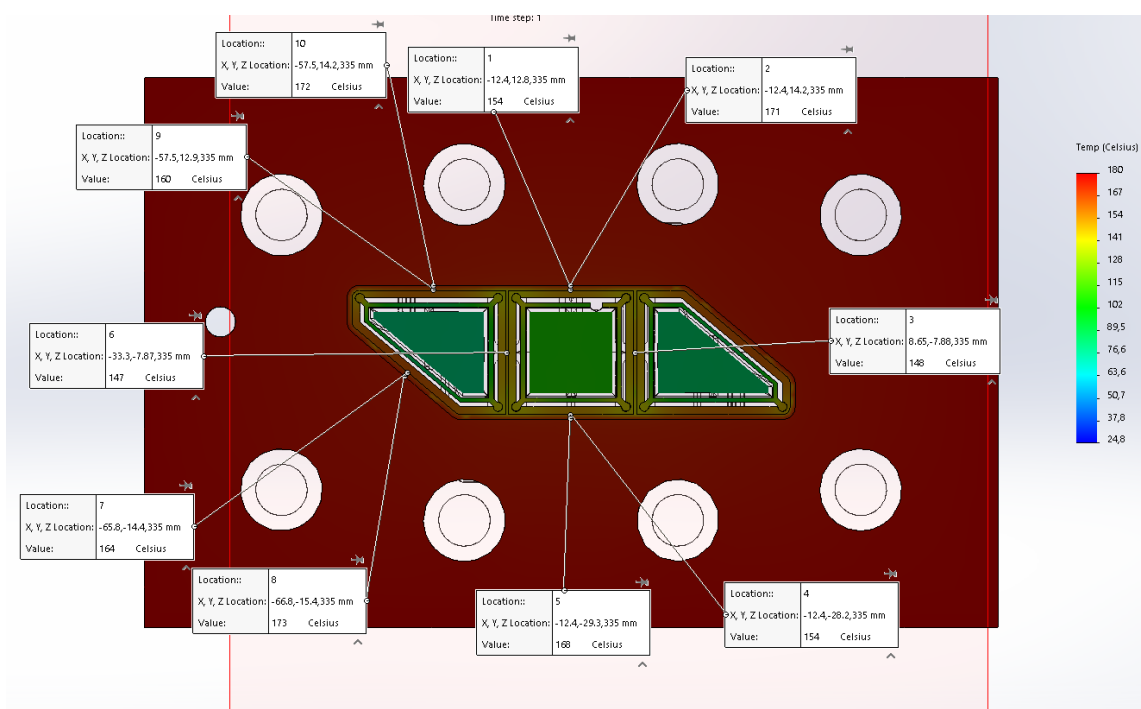


Figura 4-8: Temperatures internes i externes de sortida

Una vegada s'han obtingut resultats de la simulació, s'ha fet una secció a la sortida de la filera i s'han agafat mostres de temperatures internes i externes del perfil extruït, com es pot observar a la Figura 4-8.

La mitjana de temperatures a les parets exteriors a la sortida és de 171°C i la mitjana a les parets interiors és de 154.5°C.

### 4.3 Velocitat de producció

Es segueix el mateix procés que en el model actual, agafant temperatures a diferents seccions per tal de tenir una regressió i poder comparar entre models.

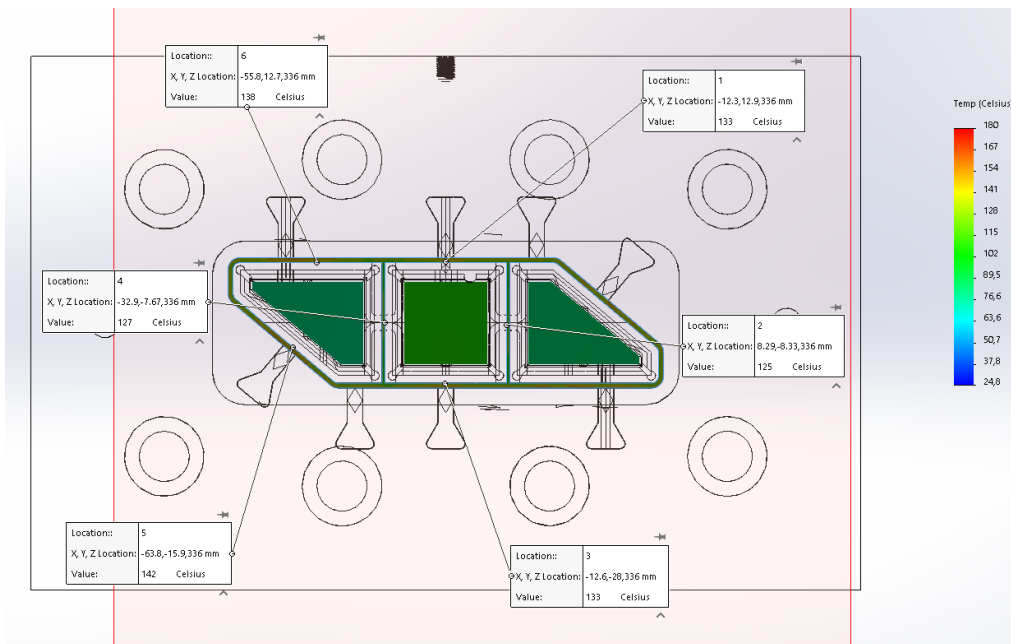


Figura 4-9: Temperatures a 1mm de la sortida

Com es pot observar a la Figura 4-9: Temperatures a 1mm de la sortida, la mitja de temperatures al perfil extruït a 1mm de la sortida és de 133°C. La diferència de temperatures entre aquesta secció i la del sistema d'extrusió actual és de 14,67°C. És una diferència de temperatures notable per la distància de la secció a la sortida de la filera.

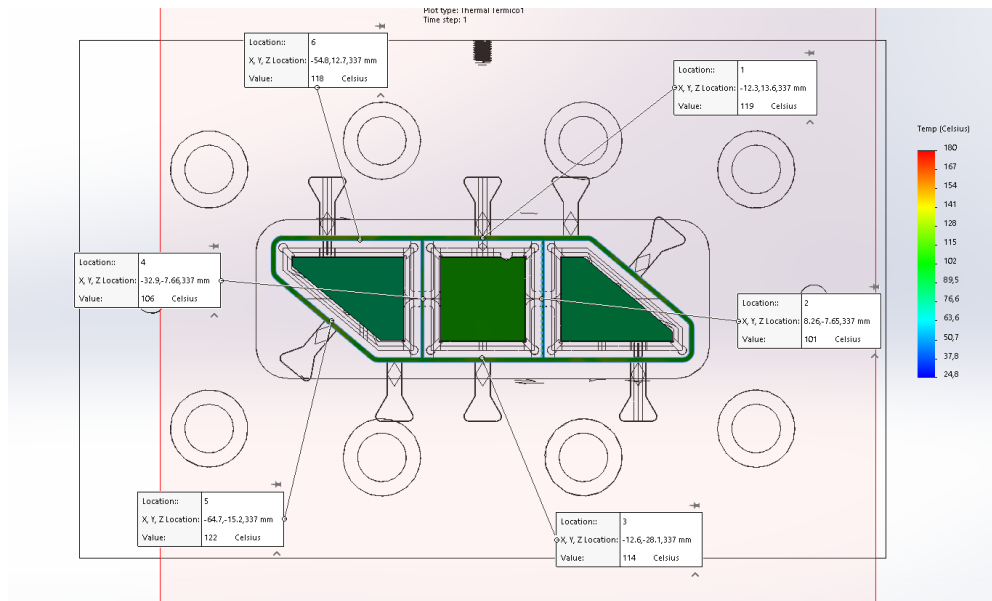


Figura 4-10: Temperatures a 2mm de la sortida

A 2mm de la sortida la temperatura mitja del perfil baixa fins a 113,3°C, tenint una diferència de 36,2°C respecte la sortida i una diferència de 16,34°C respecte l'altre prototip. El gradient de colors comença a baixar i com en l'altre cas veiem que les temperatures a les zones amb curvatura és lleugerament menor.

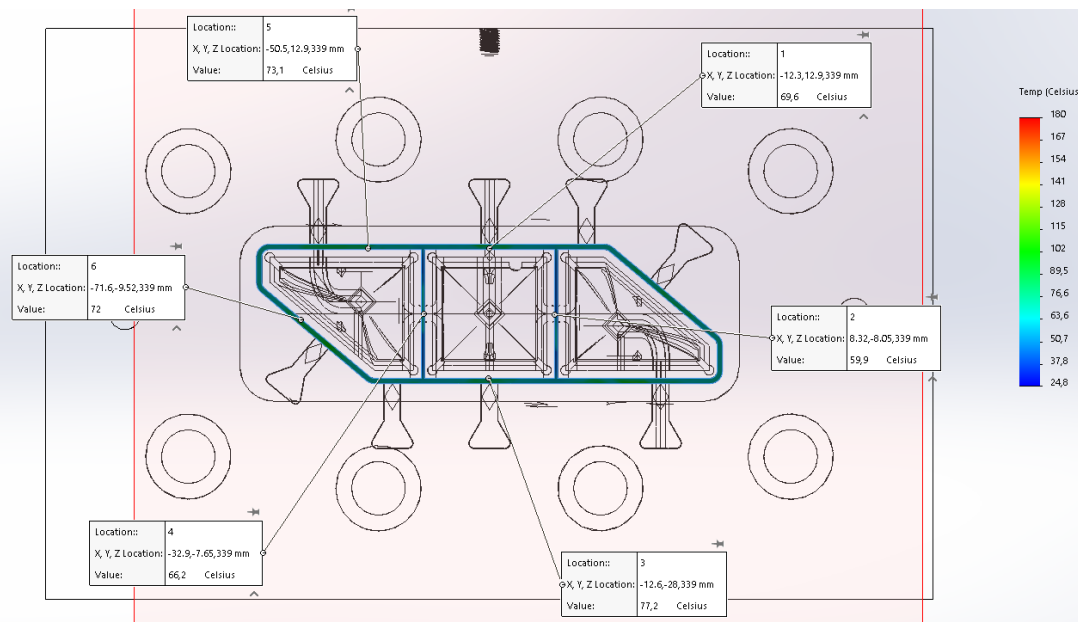


Figura 4-11: Temperatures a 4mm de la sortida

A 4mm de la sortida, la temperatura baixa fins a 69,67°C de mitja, en aquest punt tot el perfil ha arribat a temperatura de transició vítrica (80°C).

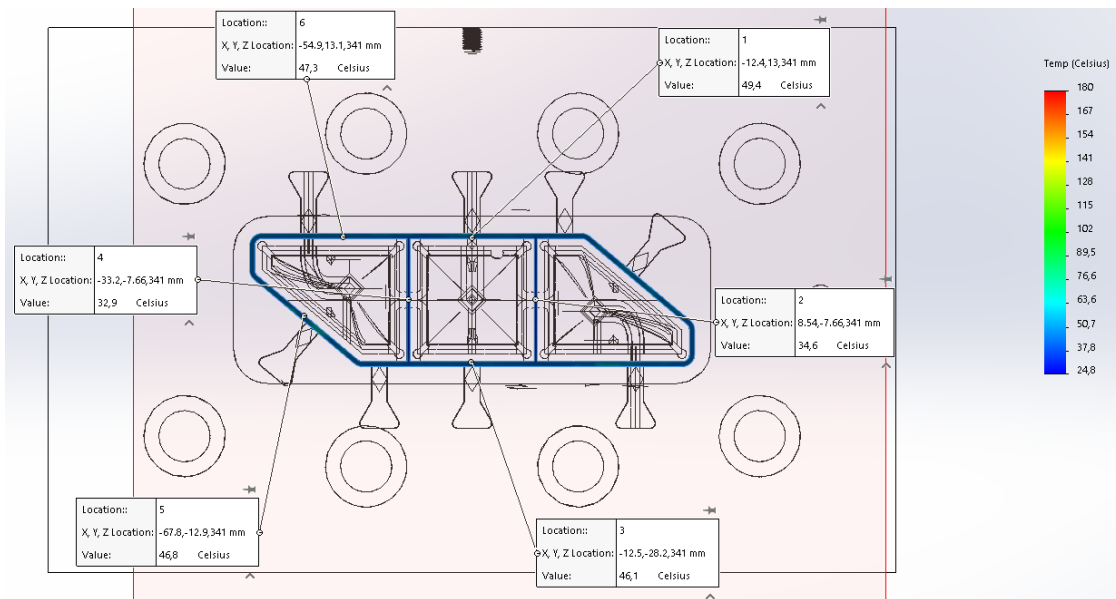


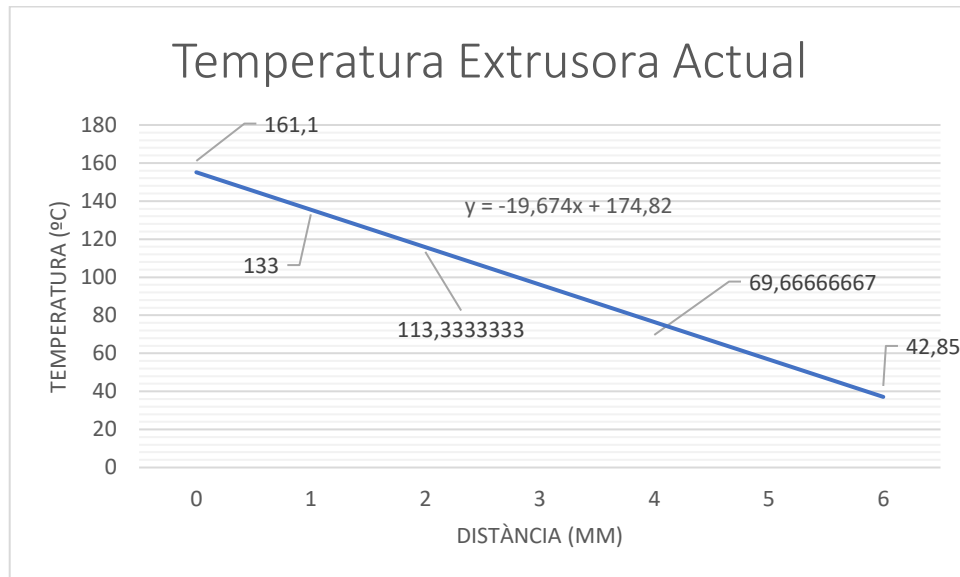
Figura 4-12: Temperatures a 6mm de la sortida

La temperatura mitja a la secció de 6mm és de 42,85°C, la peça ja estaria preparada per manipularse i entrar al sistema de tall.

Taula 4-1: Temperatures Prototip 2

Node	Temperatura (°C)					
	Sortida	1mm	2mm	4mm	6mm	
1	154	133	119	69,6	49,4	
2	171	125	101	59,9	34,6	
3	148	133	114	77,2	46,1	
4	154	127	106	66,2	46,8	
5	168	142	122	72	32,9	
6	147	138	118	73,1	47,3	
7	164					
8	173					
9	160					
10	172					
Mitjana	161,1	133	113,3333	69,66667	42,85	

Per crear la regressió de refredament, es fa una taula amb les temperatures trobades a la simulació i es fa una gràfica temperatura-distància. Es fa una regressió lineal a partir dels punts del gràfic.



Gràfic 4-5: Temperatura-Distància del Prototip 1

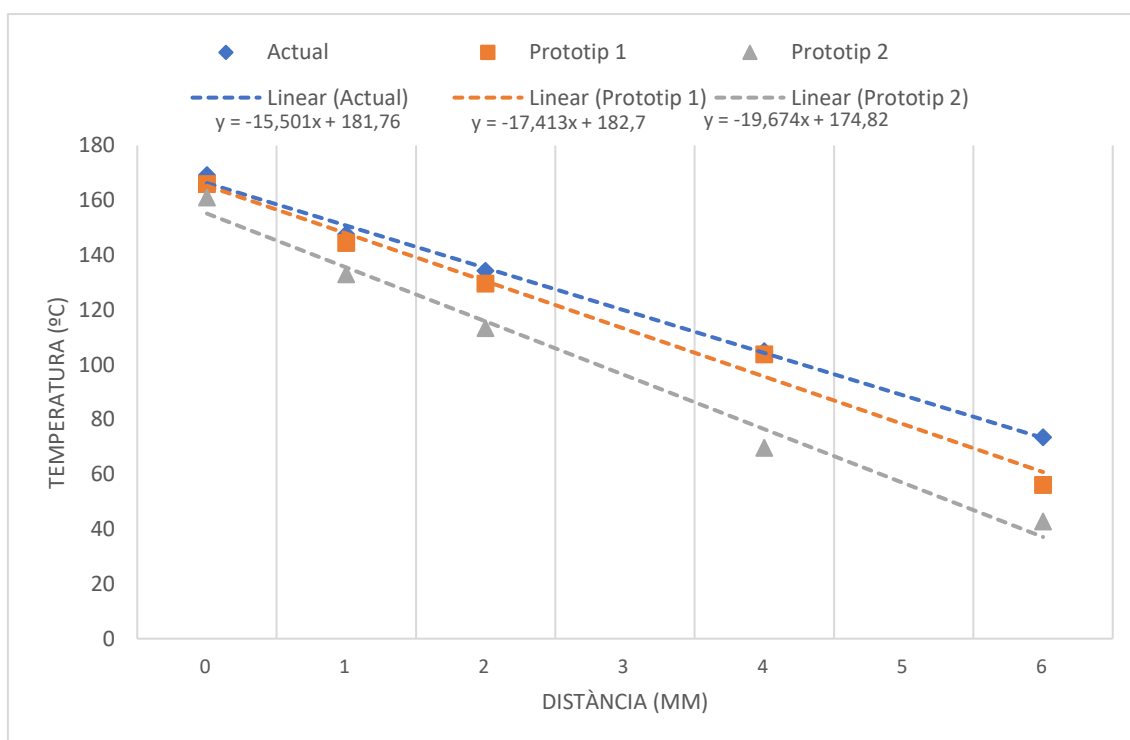
En el Gràfic 4-5 podem observar la regressió lineal creada a partir de les temperatures obtingudes en les seccions de l'anàlisi tèrmic.

## 5 COMPARATIVA PROTOTIP 1-PROTOTIP 2

S'han mesurat les temperatures en tres casos: el torpede actual, el prototip 1 i el prototip 2. S'han agafat les seccions a la sortida, a 1mm a 2mm a 4mm i a 6mm. Amb aquestes dades s'han pogut fer tres regressions que ens mostren els refredaments de cada cas i els podem comparar directament:

Taula 5-1: Resum temperatures

	Temperatura (°C)				
	Sortida	1mm	2mm	4mm	6mm
Torpede actual	169,2	146,77	134,33	105,0167	73,567
Prototip 1	165,9	144,5	129,67	103,85	56,1667
Prototip 2	161,1	133	113,33	69,67	42,85



Gràfic 5-1: Comparació temperatures de refredament entre prototips i el torpede actual

Ara que s'han trobat les regressions per cada prototip i el model actual, es calcula la distància a la que s'arriba a temperatura de transició vítica ( $T_g$ ), que en el cas del PVC és a 80°C.

L'empresa peticionària ens ha dit que la velocitat d'extrusió actual és de 1,2m/min, i el perfil extruït arriba a  $T_g$  quan està a 6,56mm de la sortida.

El prototip 1 arriba a Tg quan està a 5,89mm de la sortida i el prototip 2 arriba a Tg quan està a 4,81mm de la sortida. Això implica que la velocitat d'extrusió en el prototip 1 podrà arribar a 1,334m/min i en el prototip 2 a 1,637m/min.

Per tant, segons les simulacions que s'han dut a terme i les dades obtingudes, el prototip 2 refrigerarà millor el perfil extruït fent que la velocitat d'extrusió augmenti.

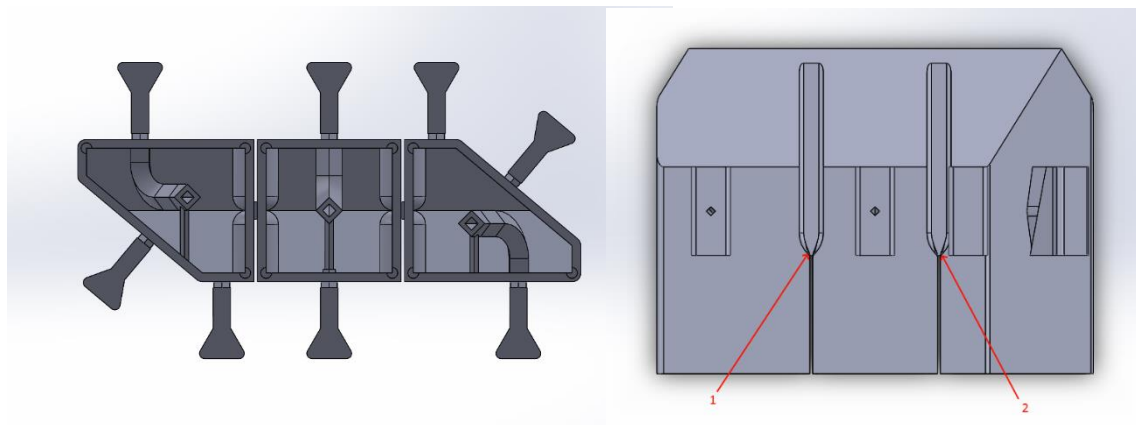
## 6 FABRICACIÓ DEL PROTOTIP ESCOLLIT

### 6.1 Disseny final i característiques del torpede

El prototip amb difusors consta de 3 parts diferents: el torpede, amb el sistema de subjecció i el sistema de canonades per alimentar els difusors, el difusor central, que s'encaixa al noio central del torpede i reparteix l'aire per tota la superfície i finalment hi han els difusors laterals, que fan la mateixa funció que el difusor central.

#### 6.1.1 Torpede

El torpede està dissenyat amb unions entre noios integrades, eliminant la necessitat de subjectar el torpede a través d'unions roscades a la cunya i, per tant, podent buidar l'interior del noios per integrar-hi el sistema de refrigeració.



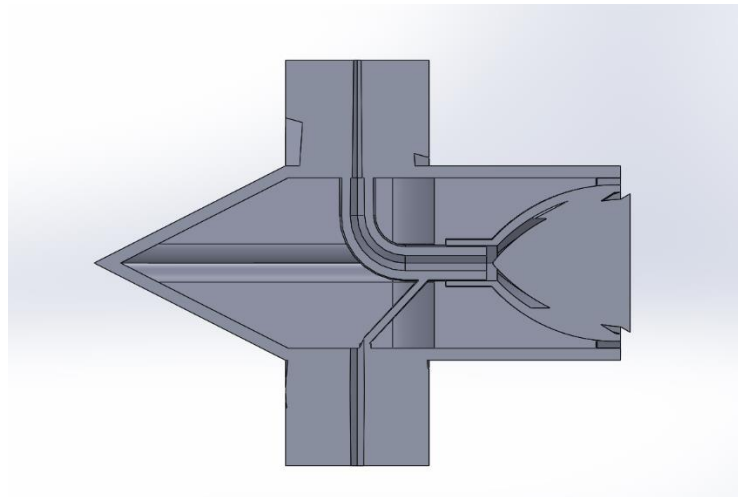
*Figura 6-1: Vista frontal del torpede i unió entre noios*

Com es pot observar en la Figura 6-1: Vista frontal del torpede i unió entre noios, en el punt 1 i 2 es separen els noios, i estan subjectats per la cunya fins els punts de separació indicats.

El sistema de subjecció del torpede és d'ala de mosca, com en la proposta antiga, per tal de poder fabricar la filera intermitja mitjançant processos de fabricació convencionals.

El sistema de refrigeració en el torpede consta de canals que s'uneixen als difusors a través d'una unió mascle-femella. Com es pot observar, només hi ha tres canals, per tant, només hi han tres entrades d'aire al torpede.



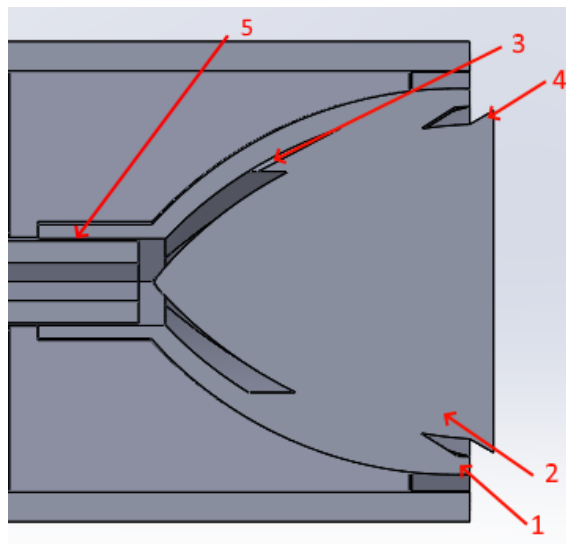


*Figura 6-2: Secció lateral amb l'encaix sistema de refrigeració-difusor*

En la figura Figura 6-2: Secció lateral amb l'encaix sistema de refrigeració-difusor es pot veure com s'encaixa el sistema de refrigeració i el difusor, també es pot observar el sistema de sujecció del canal de refrigeració, un nervi a 45°.

#### 6.1.2 Difusors

Tant el difusor central com els difusors laterals segueixen el mateix principi, el difusor té una sortida d'aire amb la forma del perfil extruït i tenen una inclinació de 30° a la sortida per assegurar que l'aire faci contacte amb les parets del perfil.



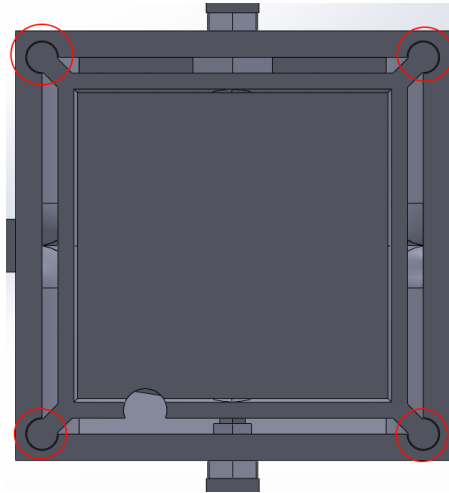
*Figura 6-3: Parts del difusor*

A la Figura 6-3: Parts del difusor es poden observar les parts del difusor:

1. Paret exterior del difusor

2. Paret interior del difusor
3. Nervis del difusor
4. Inclinació a 30º per desviar el flux d'aire
5. Unió mascle-femella entre el canal de refrigeració i el difusor.

Els difusors estan fixats al torpede a través d'encaixos circulars com els mostrats a la següent figura:



*Figura 6-4: Encaix dels difusors amb el torpede*

## 6.2 Sistema de subjecció

### 6.2.1 Sistema actual: potes d'aranya directament mecanitzades a la filera intermitja

El sistema de noios actualment es subjecta a la filera intermitja a través d'unions roscades. La filera intermitja té les potes d'aranya i la cunya per fer fluir el plàstic directament mecanitzades.



*Figura 6-5: Filera intermitja amb potes d'aranya i cunya directament mecanitzada*

En la Figura 6-5 podem veure el sistema que s'utilitza actualment en aquest perfil. Les potes d'aranya estan directament mecanitzades a la filera intermitja, assegurant la tolerància entre els dos components.

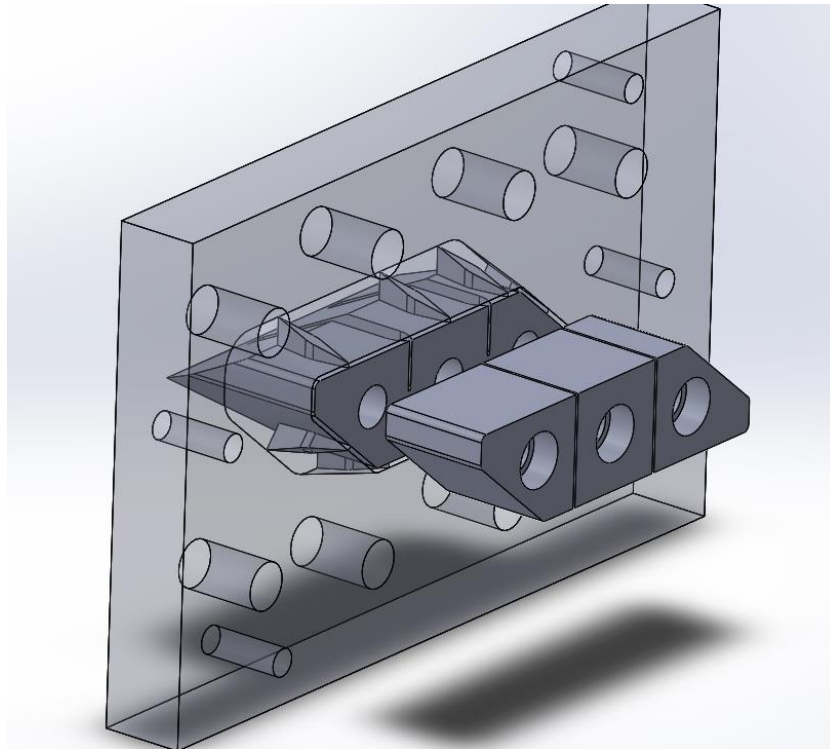


Figura 6-6: Vista de conjunt del sistema de subjecció

Aquest sistema de subjecció assegura les toleràncies entre filera i torpede, aconseguint un perfil fàcil de calibrar a la sortida de l'extrusora. No obstant, no és aplicable al sistema que es vol dissenyar, ja que s'hauria d'imprimir la filera juntament amb el prototip en impressió 3D.

Per tant, es desestima aquesta opció i es dissenya un nou sistema, que s'haurà de provar fent un estudi estàtic. A més, s'han de fer plànols d'aquesta nova filera assegurant que les unions tinguin les toleràncies necessàries per tal de produir un perfil amb un acabat correcte.

#### 6.2.2 Sistema de subjecció proposat: unions d'ala de mosca entre la filera i el torpede

El sistema de subjecció proposat consisteix en ales de mosca per sobre les potes d'aranya. És un sistema que ja s'utilitza en altres perfils a l'empresa peticionària, i ens permetrà fer la filera amb processos de fabricació convencionals, reduint considerablement el cost del prototip fabricat en tecnologies additives.

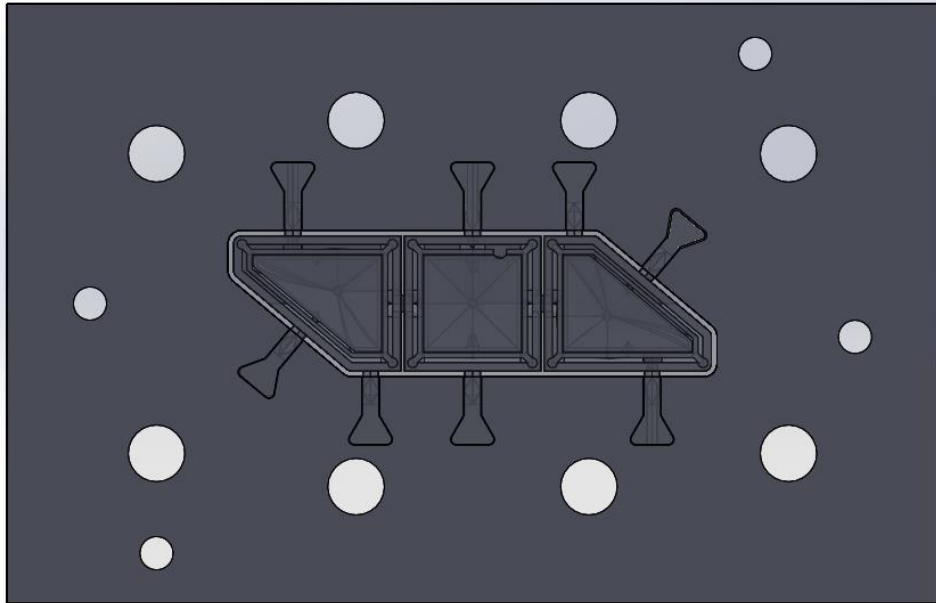


Figura 6-7: Sistema d'ales de mosca

### 6.3 Estudi estàtic del nou sistema de subjecció

S'executa un estudi estàtic per assegurar el correcte funcionament de la unió i el prototip, ja que hi haurà canalitzacions d'aire que passen per l'ala de mosca i el prototip al tenir un sistema de refrigeració serà buit per dins.

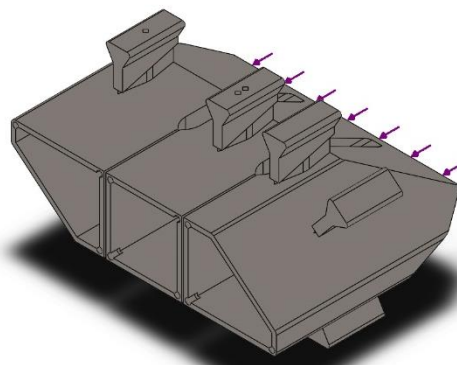


Figura 6-8: Model per l'estudiar amb força aplicada

S'aplica al model una força de 3000N, la màxima resultant en el procés d'extrusió, a l'extrem de la cunya i es fixa a cada ala de mosca com es mostra a la següent figura:

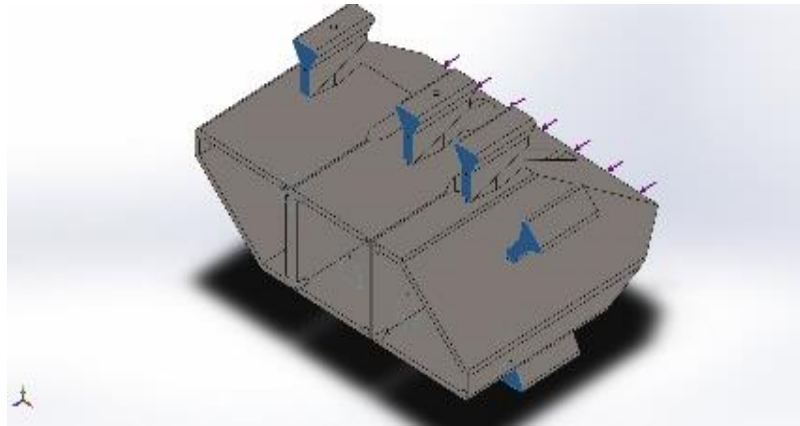


Figura 6-9: Fixacions del model

### 6.3.1 Resultats de l'estudi

En les figures següents es poden veure els resultats de l'estudi per comprovar si el sistema d'ala de mosca és viable.

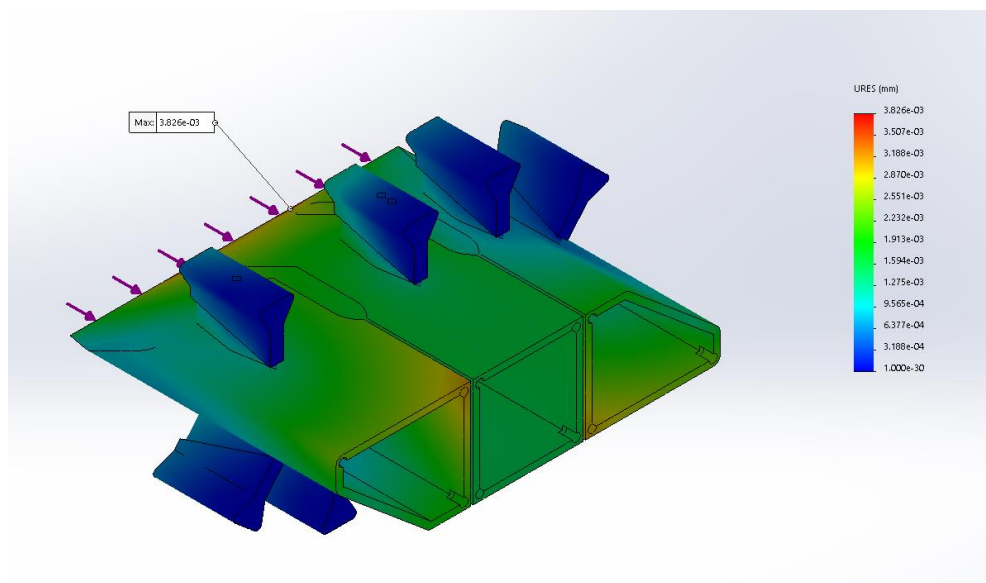


Figura 6-10: Desplaçaments

En la Figura 6-10 es poden observar els desplaçaments resultants de la força aplicada. El desplaçament màxim és de 0,00382mm a la zona més desfavorable. Per tant, els desplaçaments no tindran efecte en el procés d'extrusió.

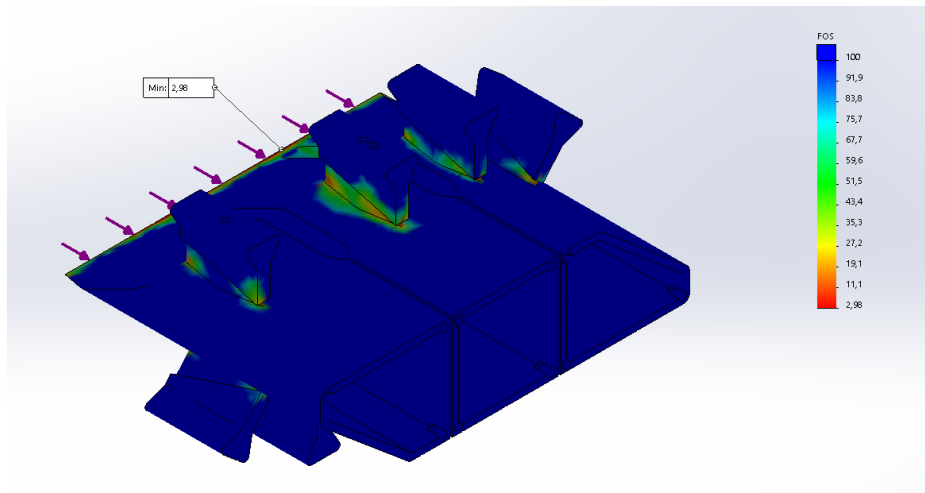


Figura 6-11: Factor de seguretat

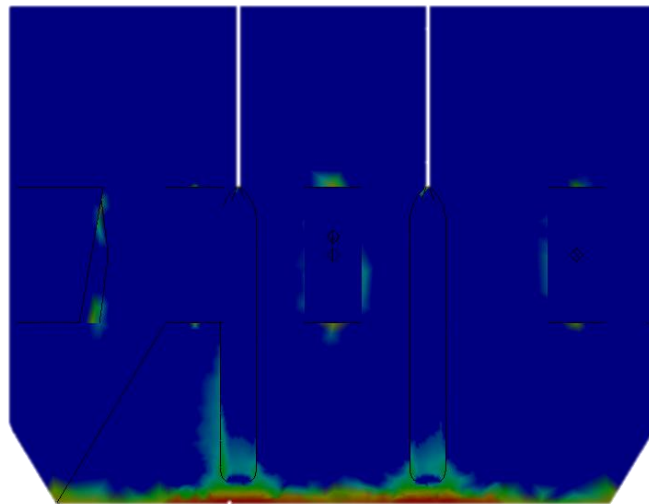
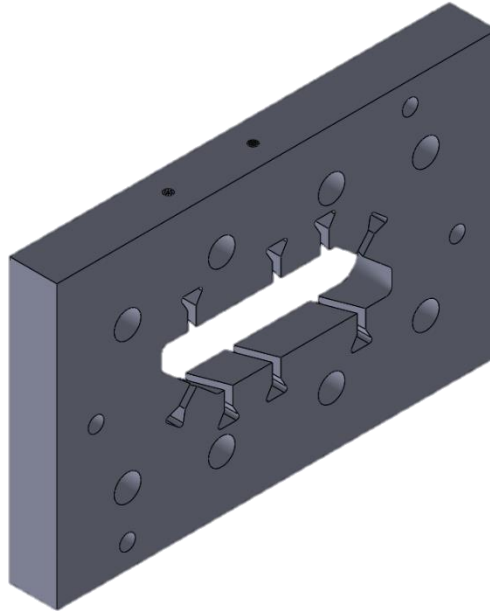


Figura 6-12: Zona més desfavorable

L'estudi ens mostra que el sistema de subjecció aguantarà la força de 3000N amb un factor de seguretat de 3 en la zona més desfavorable. Considerem el factor de seguretat suficientment alt i, per tant, s'arriba a la conclusió que el sistema aguanta la força aplicada i que el sistema de subjecció funciona correctament sota aquestes condicions.

### 6.3.2 Filera adaptada al sistema de subjecció.

S'ha adaptat la filera intermitja i s'han modelat els encaixos corresponents per cada ala de mosca.



*Figura 6-13: Isomètrica de la filera adaptada*

També s'han afegit els forats d'admissió d'aire a la filera i s'hi ha roscat un M5, per tal de poder allotjar ràcords pneumàtics.

La fabricació de la filera es farà amb processos d'arrancada de ferritja i s'ha especificat al plec de condicions les característiques que ha de tenir per tal d'assegurar el bon funcionament amb el prototip.



## 6.4 Adaptació del prototip a tecnologies additives

El prototip s'ha dissenyat per fer-se amb tecnologies de fabricació additiva, això significa que s'ha d'optimitzar la peça per tal que es pugui fabricar amb el mínim número de suports possibles de tal manera que la peça s'aguanti per si sola sense necessitat d'aquests. Amb aquestes accions es redueix el temps la impressió, la quantitat de material requerit i el cost de la fabricació.

S'han adaptat varies parts del torpede per tal de poder-lo fabricar en tecnologies additives i evitar possibles problemes en el procés d'impressió:

- Totes les canonades impreses en 3D tenen una secció quadrada i no circular, això evita que es facin suports a l'interior de les canonades per on ha de passar l'aire, ja que les seccions quadrades es poden sustentar millor.
- Els suports son quadrats girats 45º i amb una inclinació de 45º. Una inclinació de 45º és suficient per evitar possibles problemes en la impressió generant voladissos.

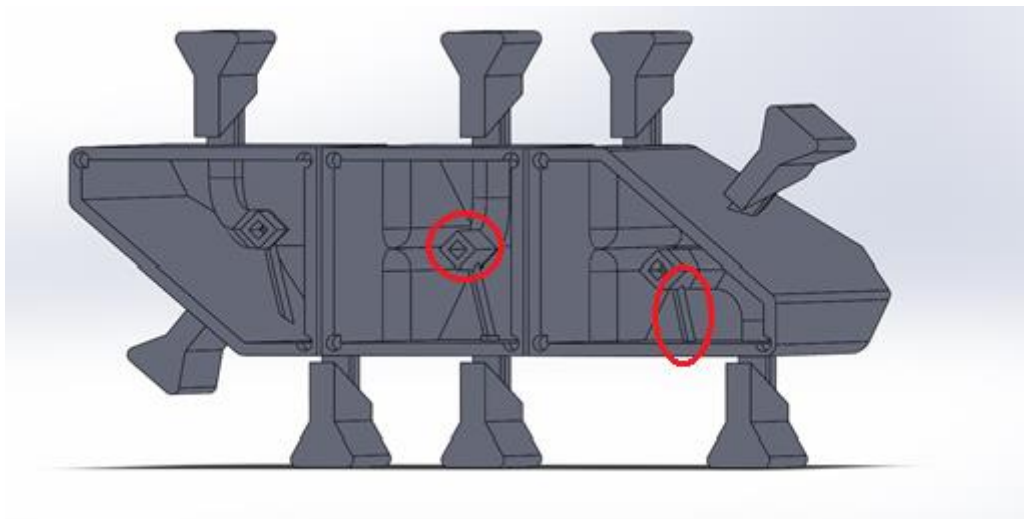


Figura 6-14: Torpede amb seccions quadrades

La forma donada als difusors permet la seva impressió sense cap suport per ajudar a recolzar-los.

A més d'adaptar el torpede per el procés de SLM (selective laser melting), s'han de tenir en compte una sèrie d'aspectes relacionats amb l'ús que es farà de la peça i les toleràncies i acabat que haurà de tenir.

A la sortida de l'extrusora, les toleràncies han de ser les correctes. Per tal d'assegurar les toleràncies, s'afegeix un sobre gruix de 1mm a les ales de mosca i a les parets exteriors del torpede. D'aquesta manera s'assegura que hi ha material suficient per fer el fresatge i el rectificat de les cares que ho requereixen.

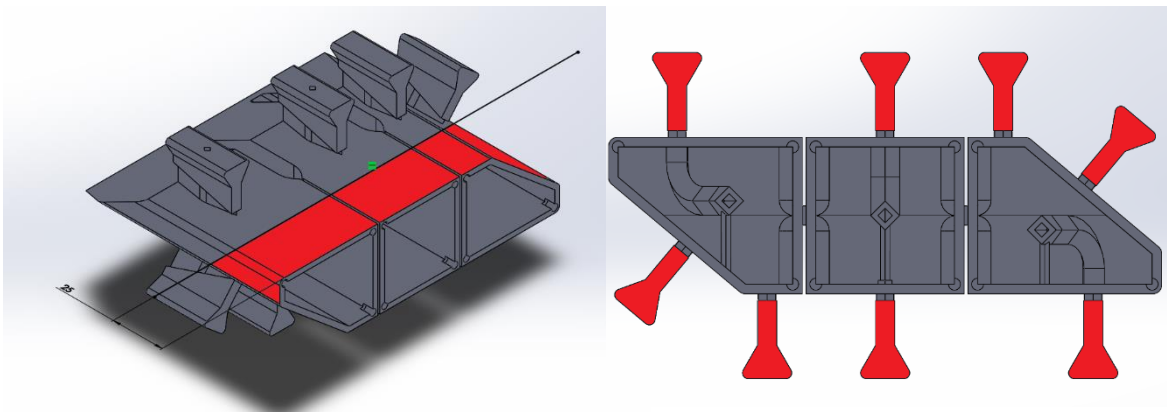


Figura 6-15: Parts del torpede a mecanitzar

L'acabat en tot el torpede ha de ser N5 (segons UNE 82-315/86) , el problema es que aquesta peça no es pot polir amb processos convencionals, ja que les parets internes del perfil fan 1mm, i són profundes. L'única manera de polir la peça i donar-li l'acabat desitjat és fer-la passar per un procés d'electròlisi seca.

Els difusors també es fabricaràn en un procés SLM, i es farà un polit mitjançant el nou procés d'electròlisi seca DryLyte, donant a tota la superfície dels difusors un acabat N5 sense afectar les toleràncies.

## 6.5 Integració de sensòrica en el prototip

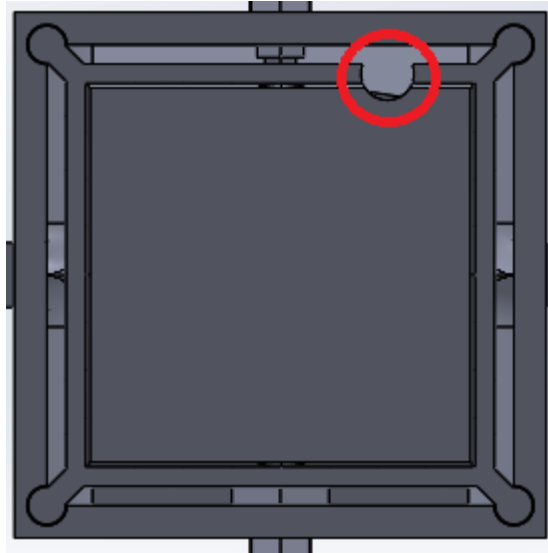
Un dels objectius del projecte és deixar el prototip preparat per fer una prova pilot, això implica integrar-hi un sensor per monitoritzar la temperatura durant tota la prova i fer varies iteracions en la velocitat d'extrusió per veure com afecta a la temperatura de les parets internes.

El sensor escollit és un termoparell XCIB de tipus K2 i d'unió exposada, amb aïllament de fibra ceràmica. Té un rang de temperatures de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $1200^{\circ}\text{C}$ , fent-lo ideal per aplicacions d'alta temperatura i d'ús prolongat.



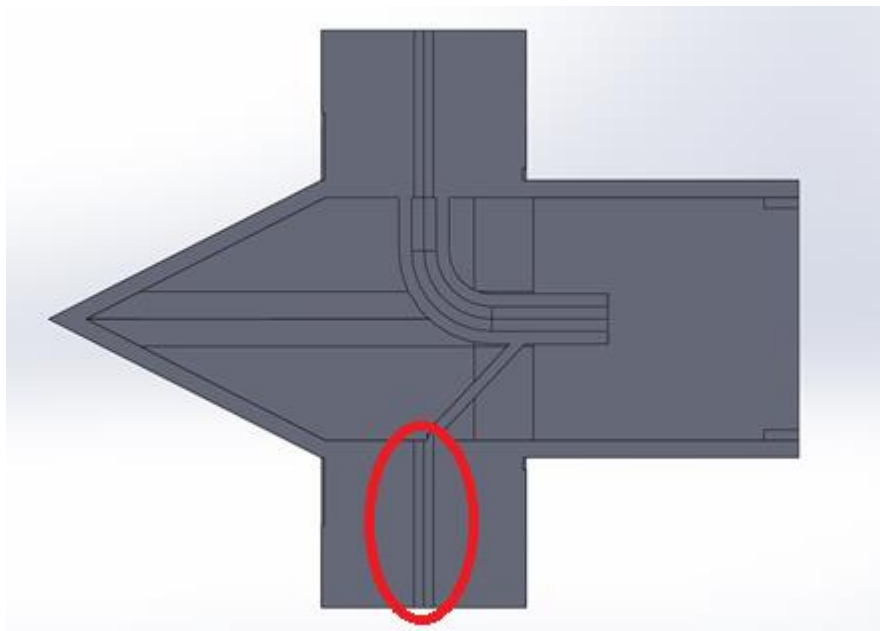
Figura 6-16: Sensors XCIB K

El sensor estarà posicionat a 2mm de la sortida del perfil i es subjectarà a través d'un retall en el difusor, com es pot observar a la Figura 6-17: Retall en el difusor central per allotjar el sensor.



*Figura 6-17: Retall en el difusor central per allotjar el sensor*

El sensor només pot sortir per les ales de mosca, ja que a la sortida el perfil està tancat i la línia d'extrusió és de 50m, fent inviable la sortida del sensor. A part de la sortida del perfil, l'únic lloc on hi ha contacte entre el torpede i un element sòlid és a les ales de mosca, sent l'única sortida viable pel sensor. Això ha limitat molt el número de sensors que es poden utilitzar per aquest projecte.



*Figura 6-18: Sortida del sensor*

## **6.6 Sistema pneumàtic**

Pel sistema pneumàtic s'han utilitzat ràcords amb colze a 90º amb adaptadors de rosca M5 i uns tubs de tefló per aïllar l'interior de la filera i fer que l'aire arriba a la sortida amb menys temperatura.

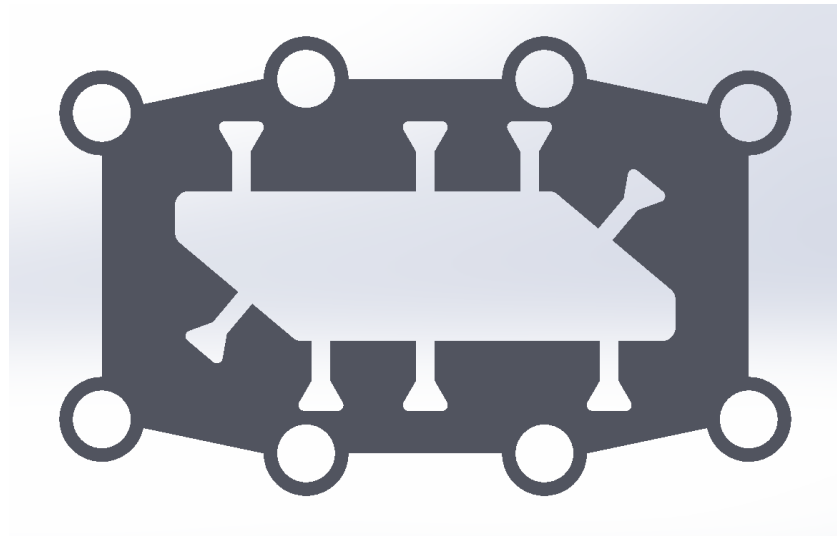


*Figura 6-19: Ràcord emprat en el sistema pneumàtic*

## 7 IMPRESSIÓ I PROVA D'ENCAIX D'UN PROTOTIP EN ABS

Després de fer el disseny i tenir el prototip preparat per fabricar, s'ha imprès un model en ABS per fer una prova d'encaix a l'empresa peticionària, CAYFI S.L.

A més del torpede i els difusors, s'ha imprès la filera intermitja amb els encaixos d'ala de mosca per a poder fer la prova d'encaix, i s'ha optimitzat la filera per tal de reduir el temps i el material d'impressió, així com reduir el número de suports per aconseguir un millor acabat.



*Figura 7-1: Filera modificada*

Una vegada adaptada la filera, s'exporten tots els arxius en format STL per a poder imprimir-los en la impressora UP BOX+ i utilitzant el software UP Studio v2.1, que també comprova la integritat del nostre fitxer STL i comprova que no tingui errors en el mallat.

El llit de la impressora 3D UPBOX+ només té capacitat per allotjar la filera, per tant s'imprimirà el prototip en ABS en 2 estacades.

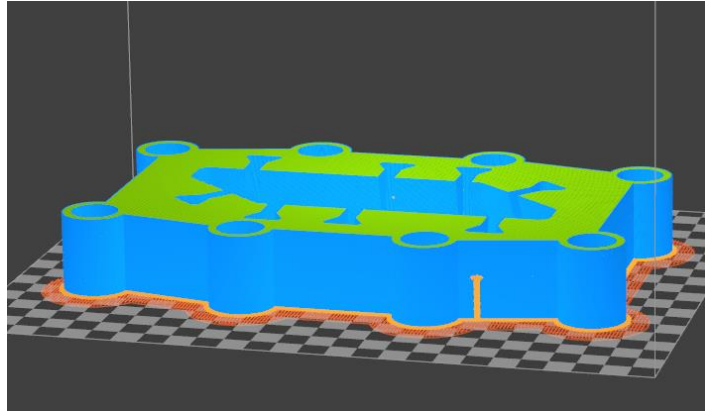


Figura 7-2: Divisió per capes del model de la filera adaptada (Slicing)

A la Figura 7-2 es pot observar el slicing de la filera adaptada i els suports que tindrà. Degut a la seva geometria, només es faran suports per fer l'acabat dels forats d'admissió d'aire.

El procés d'impressió durarà 8 hores i la quantitat de material utilitzada serà de 129gr.

En la segona estacada es posen a imprimir els tres difusors i el torpede. L'orientació de les peces és molt important en aquest cas, ja que per generar el mínim número de suports possibles s'ha d'orientar de la manera adequada.

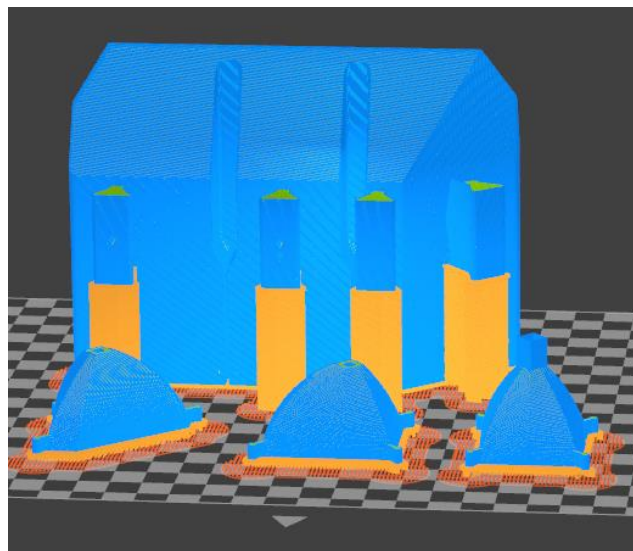
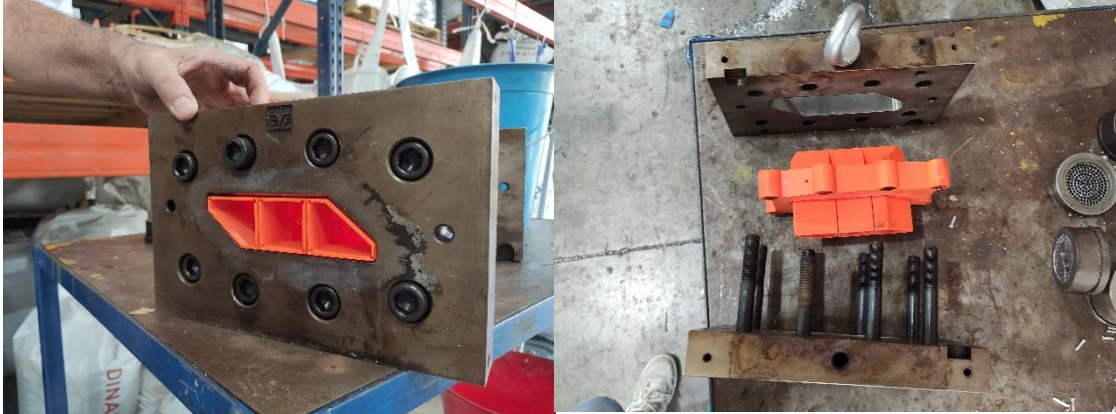


Figura 7-3: Slicing dels difusors i el torpede

Com es pot observar a la Figura 7-3 els difusors només necessiten suports per la cunya que dirigeix l'aire cap a les parets. El torpede fa només suports externs, per aguantar les ales de mosca durant la impressió.

## 7.1 Prova d'encaix a l'empresa peticionària

Una vegada imprès el conjunt, s'ha anat a l'empresa peticionària per a comprovar l'encaix que fa el prototip adaptat a les fileres que utilitzen.



*Figura 7-4: Encaix del conjunt imprès i les fileres*

En la Figura 7-4 es pot veure com el torpede i la filera adaptada encaixen perfectament amb les fileres que utilitzen a l'empresa. S'han realitzat diverses proves de galgat i algunes de les mides de la filera amb el torpede no encaixen del tot, això és degut principalment a que la tolerància dimensional d'una peça impresa en 3D no és òptima per l'aplicació que se li vol donar.

No obstant, en el disseny final del prototip s'han fet una sèrie de sobre gruixos a les parts més crítiques (ales de mosca i part més propera del torpede a la sortida) per tal de poder mecanitzar la peça fins a una tolerància òptima per l'aplicació que se li vol donar.



*Figura 7-5: Vista frontal i posterior de la prova d'encaix*



## **8 RESUM DEL PRESSUPOST**

El preu de fabricació del prototip, sense contar l'IVA, és de 9882,78€ **NOU MIL VUIT-CENTS VUITANTA-DOS EUROS AMB SETANTA-VUIT CÈNTIMS.**

## **9 CONCLUSIONS**

S'han dut a terme de nou els anàlisis tèrmics dels dissenys anteriors i s'ha dissenyat un nou model intentant millorar la proposta antiga. Com a resultat dels anàlisi tèrmics, s'ha pogut demostrar que la nova proposta té més avantatges respecte l'anterior, ja que ofereix una millor velocitat d'extrusió, deixa espai per implementar sensòrica i utilitza menys entrades d'aire.

S'ha implementat un sensor al prototip de manera satisfactòria i s'ha adaptat la filera intermitja per tal que pugui allotjar el prototip amb un nou sistema de subjecció, el qual ha permès que només s'hagi d'imprimir el prototip en tecnologies additives, i fent que la filera es fabriqui amb tecnologies convencionals.

Dels estudis tèrmics realitzats es desprèn que la velocitat d'extrusió de la proposta dissenyada i prototipada pot arribar a 1,637 m/min, el que suposa una millora d'un 36,4% respecte la actual (1,2 m/min).

El cost es podrà veure amortitzat en 53 dies laborables segons les dades obtingues, contant que el preu del perfil és de 2€/m i contant un benefici per metre d'aproximadament 0,6€/m, tenint en compte que s'ha de restar el preu del material, manteniment de la filera, i mà d'obra.

Donada la necessitat que les cares en contacte amb el material fos siguin en acabat mirall, s'ha cercat i avaluat millor procés per aquest acabat, essent el nou procés DryLyte, un procés d'electròlisi seca, la millor alternativa, ja que les cares internes del noio no es poden mecanitzar mitjançant processos convencionals.

El següent pas és fabricar directament el torpede en impressió 3D metàl·lica, mecanitzat i polit, per posteriorment fer una prova pilot en filera real.

## **10 RELACIÓ DE DOCUMENTS**

DOCUMENT 1: MEMÒRIA

ANNEX A: MANUFACTURACIÓ ADDITIVA

ANNEX B: ESTUDIS TÈRMICS

ANNEX C: ESTUDIS ESTÀTICS

DOCUMENT 2: PLÀNOLS

DOCUMENT 3: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4: ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5: PRESSUPOST

## 11 ANNEX A: MANUFACTURACIÓ ADDITIVA

La manufacturació additiva engloba el conjunt de processos que realitzen una peça directament des d'un arxiu CAD exportat a STL afegint material successivament en capes.

Actualment el mètode de fabricació additiva més utilitzat és el modelat per deposició de material fos (fused deposition modeling, FDM).

Aquesta tecnologia permet agilitzar molt el disseny de productes, ja que permet fabricar prototips en un espai curt de temps i a un preu molt reduït, tinguent així la possibilitat de fer varies iteracions d'un model dissenyat per veure quina s'adapta millor a les especificacions i paràmetres del projecte.

Això comporta una sèrie d'aventatges i ha transformat la manera de dissenyar productes i màquines, ja que el prototipatge és ràpid i de baix cost. Fins fa relativament poc, els prototips es realitzaven en les etapes finals del disseny, per veure com s'adaptava l'element dissenyat al conjunt i realitzar estudis i proves, però amb l'implementació de la manufacturació additiva a la indústria i en l'enginyeria s'ha canviat molt l'ús que es fan dels prototips en les fases del disseny de producte.

Al procés de fer prototips de manera iterativa per provar un model se'n diu rapid prototyping. El rapid prototyping consisteix en fer varies iteracions d'un model per veure quin s'adapta millor a les necessitats que es tenen. El rapid prototyping permet arribar a una solució de manera més ràpida i més efectiva, ja que en poc temps es té la seguretat que el model és funcional i es pot utilitzar.

## **A.1 Modelat per deposició de material fos (FDM)**

El procés de fabricació additiu FDM consisteix en l'addició d'un material termoplàstic per capes per a construir un model. El material termoplàstic és extruït a través d'un capçal extrusor, que escalfa el material i l'extrueix sobre un llit nivellat.

El capçal extrusor es pot moure pels dos eixos paral·lels al llit, i el llit es pot moure verticalment. Per tant, en el procés d'impressió el capçal va extruïnt capes de material fos sobre el llit i es va conformant la peça a mida que l'extrusor imprimeix capa sobre capa.

Les capes en aquest procés depenen del diàmetre de l'extrusor, normalment els extrusors tenen diàmetres d'entre 0.2 i 0.6mm. Depenent del diàmetre de l'extrusor, s'obtenen capes més fines i millor acabades, però la dificultat del calibrat també augmenta.

Una part molt crítica de la tecnologia FDM és el calibrat de l'impressora. Si l'impressora no està ben calibrada, els models impresos no tindran un bon acabat. Els paràmetres de calibració de l'impressora són els següents:

- Distància del llit a l'extrusor
- Nivellament del llit
- Temperatura d'extrusió
- Temperatura del llit

En cas que aquest paràmetres no estiguin correctament calibrats, la peça impresa es desenganxarà del llit, o directament no s'imprimirà.

## A.2 Fusió làser selectiva (SLM)

El procés de fabricació additiu SLM consisteix la fusió selectiva de pols metàl·lica a través d'un làser d'alta potència.

El sistema de funcionament de la fusió làser és el següent:

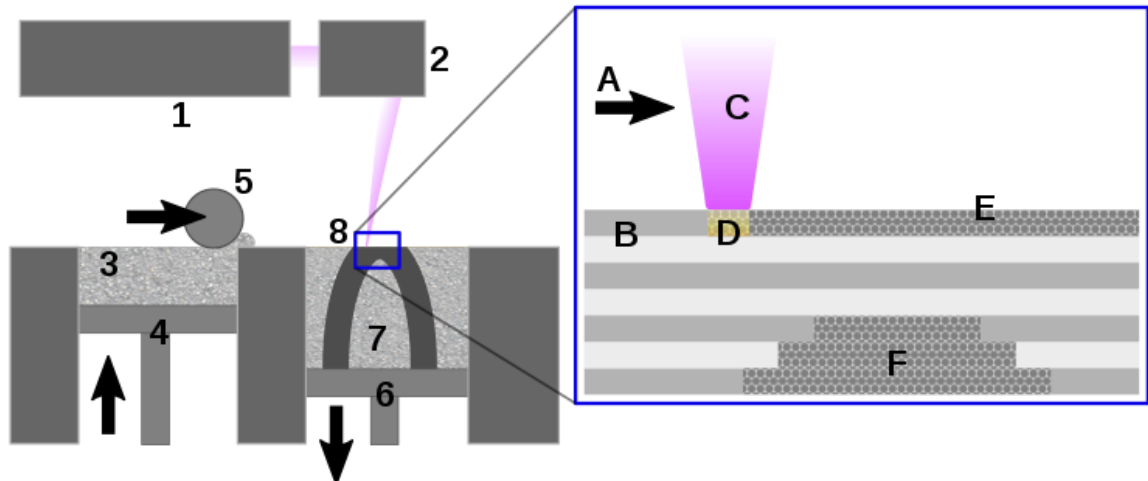


Figura A.2-1: Esquema de funcionament del SLM

El rodent (5) diposita una capa de metall en pols sobre la placa d'impressió (6), que calenta el material a temperatures pròximes al punt de fusió. El làser (1-2), que fa la funció de capçal extrusor en el procés de FDM, fon el material en les zones designades, creant una capa.

Una vegada s'ha fet la primera capa, el rodent torna a passar per la placa d'impressió, dipositant material, i la placa d'impressió baixa.

A diferència del procés FDM, en la fusió selectiva el material en pols que no s'ha sinteritzat a cada capa es queda entre capes, fent de suport per la peça, i reduïnt considerablement el número de suports a utilitzar.

La fusió selectiva sol treballar amb gruixos de capa de 20  $\mu\text{m}$ , donant un acabat superior al FDM.

### A.3 Sistema d'electròlisi seca DryLyte

DryLyte és una nova tecnologia que consisteix en aplicar el principi de l'electròlisi fent que el medi conductor sigui un sòlid.

DryLyte aconsegueix un acabat polit mirall, conservant totes les formes i sense fer arrodoniments on hi havien cantells vius. El procés d'electròlisi només poleix els pics de rugositat, aconseguint un acabat uniforme que augmenta la resistència a la corrosió i manté les toleràncies inicials.

Com que el procés no implica cap medi líquid, no hi ha la possibilitat que quedin traces de hidrògen i altre elements utilitzats en l'electròlisi convencional.

Aquest procés està pensat especialment per polir peces que no es poden polir amb processos convencionals; peces que tinguin formes complexes, angles a 90° que s'hagin de mantenir sense arrodonir, i peces en les quals s'hagi d'assegurar la tolerància, per tant, és ideal per peces sinteritzades amb processos additius.



*Figura A.3-1: Polit DryLyte*

En la Figura A.3-1 podem veure l'acabat final d'una peça sinteritzada amb SLM amb la tecnologia DryLyte.

## ANNEX B. CATÀLEGS DE COMPRA

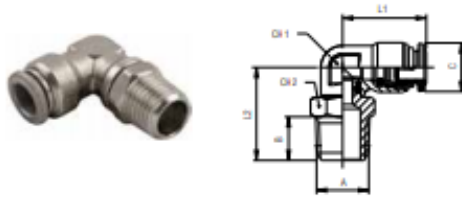
### B.1 Ràcords



#### STAINLESS STEEL AISI 316 L PUSH-IN FITTINGS

##### ORIENTING ELBOW MALE ADAPTOR (TAPER)

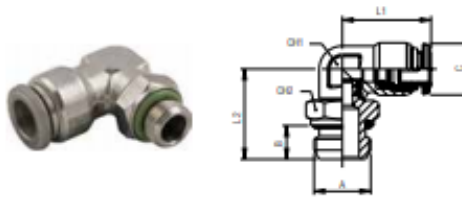
**RACCORDO A L ORIENTABILE MASCHIO CONICO**  
 WINKELVERSCHRÄUBUNG KONISCH (DREHBAR)  
 EQUERRE MÂLE ORIENTABLE, CONIQUE  
 RACOR A L ORIENTABLE MACHO CÓNICO  
 CONEXÃO EM "L" ORIENTÁVEL COM ROSCA MACHO CÔNICA



Code	Tube	A	B	C	L1	L2	CH1	CH2	Pack.
176-2168	6	1/4	11	12.5	21	26	11	14	10
176-2169	8	1/4	11	14.5	22.5	28.5	12	14	10

##### ORIENTING ELBOW MALE ADAPTOR (PARALLEL)

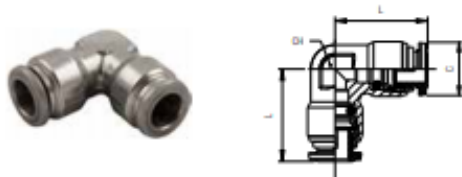
**RACCORDO A L ORIENTABILE MASCHIO CILINDRICO**  
 WINKELVERSCHRÄUBUNG ZYLINDRISCH (DREHBAR)  
 EQUERRE ORIENTABLE MÂLE, CYLINDRIQUE  
 RACOR A L ORIENTABLE MACHO CILÍNDRICO CON TÓRICA  
 CONEXÃO MACHO EM L ORIENTÁVEL COM ROSCA PARALELA



Code	Tube	A	B	C	L1	L2	CH1	CH2	Pack.
176-2170	4	M5	4	10	18	18.5	9	8	10

##### ELBOW CONNECTOR

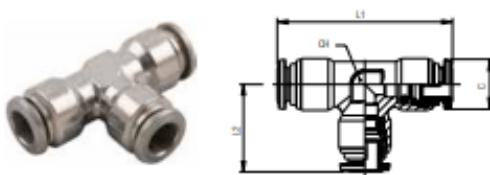
**RACCORDO A L INTERMEDIO**  
 WINKELVERSCHRÄUBUNG  
 RACCORD EQUERRE  
 RACOR A L INTERMEDIO  
 CONEXÃO EM "L" TUBO-TUBO



Code	Tube	C	L	CH	Pack.
176-2171	4	10	18	9	10
176-2172	6	12.5	21	11	10
176-2173	8	14.5	22.5	12	10

##### TEE CONNECTOR

**RACCORDO A T INTERMEDIO**  
 T-ANSCHLUSS  
 RACCORD TE  
 RACOR A T INTERMEDIO  
 CONEXÃO EM "T" TUBO-TUBO

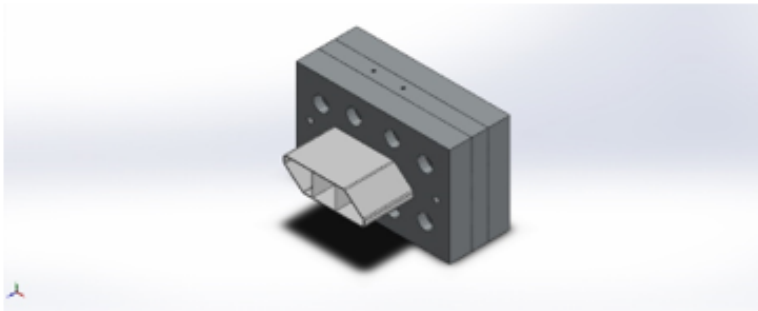


Code	Tube	C	L1	L2	CH	Pack.
176-2174	4	10	36	18	9	10
176-2176	6	12.5	42	21	11	10
176-2177	8	14.5	45	22.5	12	10



## ANNEX C. ESTUDIS TÈRMICS

### C.1 Estudi tèrmic torpede actual



#### Description

No Data

## Simulation of EnsamblatgeAnàlisiTèr mic

Date: martes, 27 de agosto de 2019

Designer: Solidworks

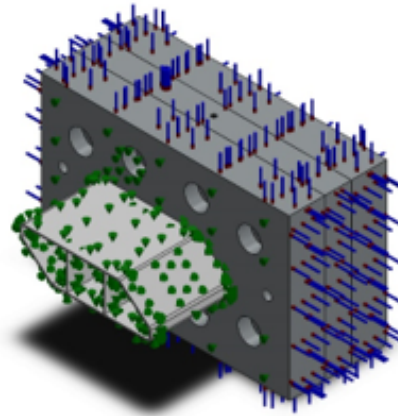
Study name: Thermal 1

Analysis type: Thermal(Steady state)

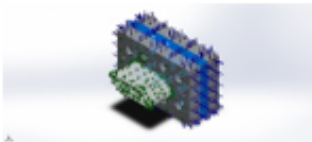
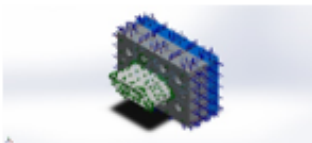
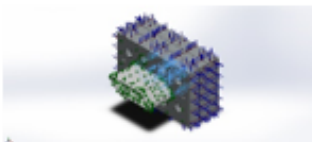
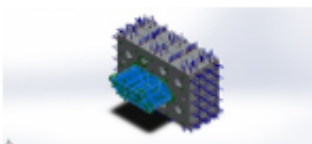
### Table of Contents

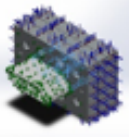
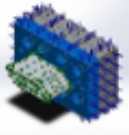
Description.....	1
Assumptions .....	2
Model Information .....	2
Study Properties .....	3
Units .....	3
Material Properties .....	4
Thermal Loads.....	5
Contact Information.....	6
Mesh information .....	17
Sensor Details .....	17
Study Results .....	18
Conclusion .....	18

## Model Information



Model name: EnsamblatgeAnalisiTermic  
Current Configuration: Predeterminado

Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cortar-Extruir3 	Solid Body	Mass:9.43247 kg Volume:0.00120929 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:92.4382 N	H:\TFG\Torpede actual\Filera intermitja amb encaixos.SLDPRT Aug 22 13:46:26 2019
Cortar-Recubrir3 	Solid Body	Mass:12.3677 kg Volume:0.00158616 m <sup>3</sup> Density:7797.26 kg/m <sup>3</sup> Weight:121.204 N	H:\TFG\Torpede actual\Filera3.SLDPRT Aug 22 13:46:24 2019
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:1.23166 kg Volume:0.000157905 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:12.0702 N	H:\TFG\Torpede actual\Proto1.SLDPRT Aug 27 18:10:36 2019
Cortar-Extruir3 	Solid Body	Mass:0.0768462 kg Volume:5.91125e-05 m <sup>3</sup> Density:1300 kg/m <sup>3</sup> Weight:0.753093 N	H:\TFG\Torpede actual\Tub PVC fos EXTERN.SLDPRT Aug 27 18:48:02 2019

<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:0.472867 kg Volume:0.000363705 m<sup>3</sup> Density:1300.14 kg/m<sup>3</sup> Weight:4.63409 N</p>	<p>H:\TFG\Torpede actual\Tub PVC fos.SLDPRT Aug 27 18:48:04 2019</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:13.105 kg Volume:0.00168013 m<sup>3</sup> Density:7800 kg/m<sup>3</sup> Weight:128.429 N</p>	<p>H:\TFG\Torpede actual\filera1.SLDPRT Aug 22 13:46:24 2019</p>

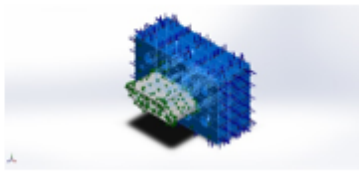
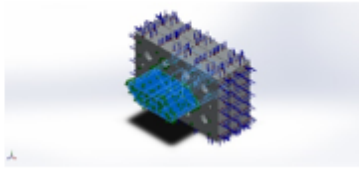
### Study Properties

Study name	Thermal 1
Analysis type	Thermal(Steady state)
Mesh type	Solid Mesh
Solver type	FEPlus
Solution type	Steady state
Contact resistance defined?	No
Result folder	SOLIDWORKS document (H:\TFG\Torpede actual)

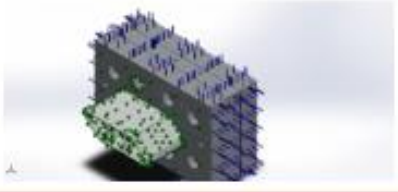
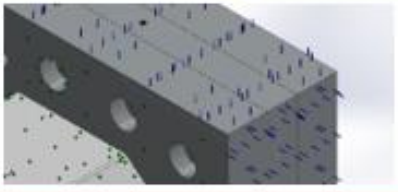
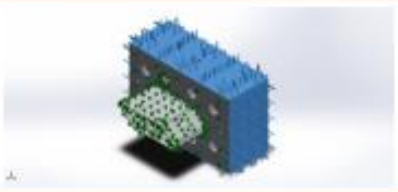
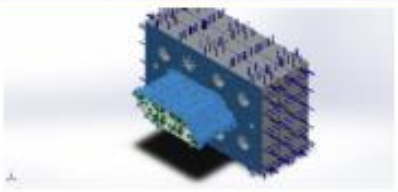
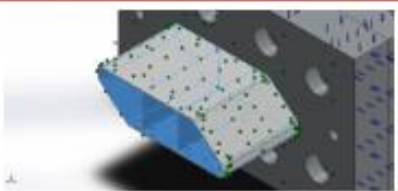
### Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m <sup>2</sup>

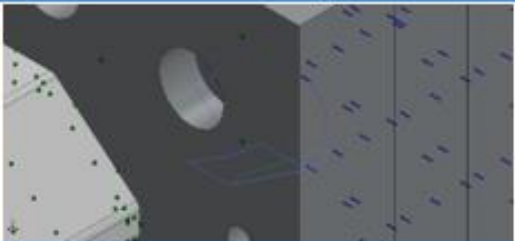
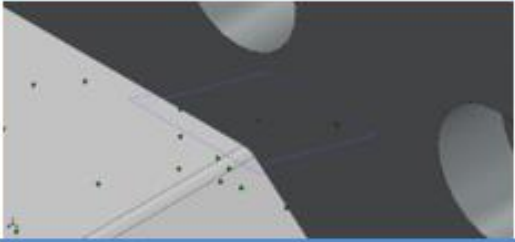
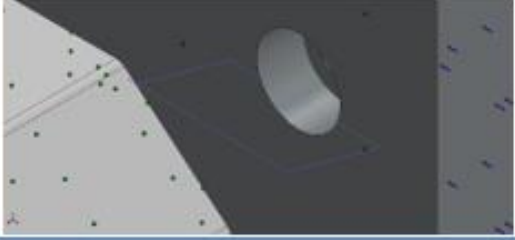

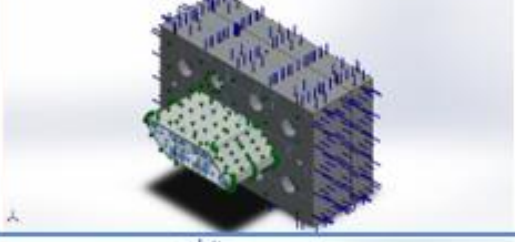
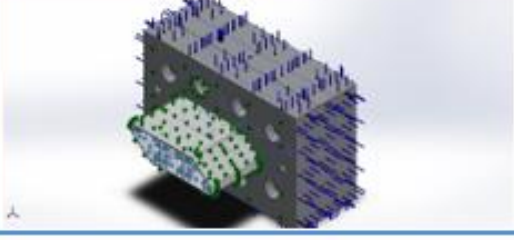
### Material Properties

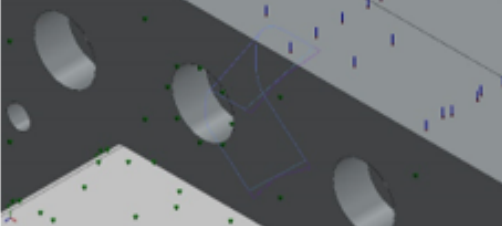
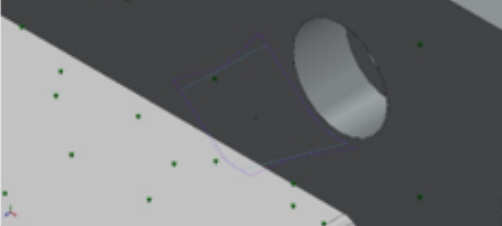
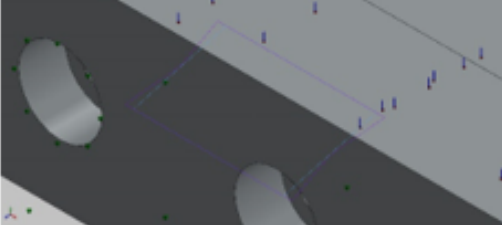
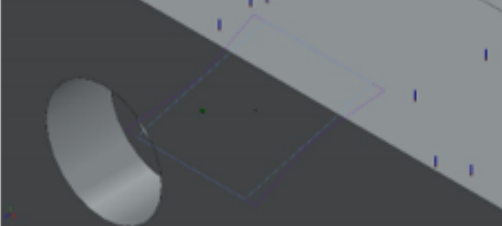
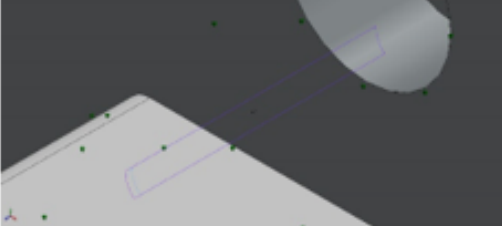
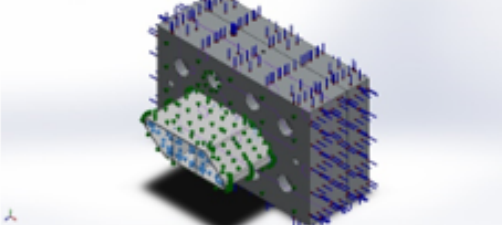
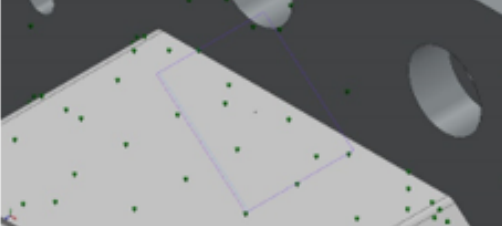
Model Reference	Properties	Components
	<p><b>Name:</b> Chrome Stainless Steel  <b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic  <b>Default failure criterion:</b> Max von Mises Stress  <b>Thermal conductivity:</b> 18 W/(m.K)  <b>Specific heat:</b> 460 J/(kg.K)  <b>Mass density:</b> 7800 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>SolidBody.1(Cortar-Extruir3)(Filera intermitia amb encaixos-1),  SolidBody.1(Cortar-Recubrir3)(Filera3-1),  SolidBody.1(Boss-Extrude1)(Proto1-1),  SolidBody.1(Cortar-Extruir1)(filera1-1)</p>
Curve Data:N/A		
	<p><b>Name:</b> PVC Rigid  <b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic  <b>Default failure criterion:</b> Unknown  <b>Thermal conductivity:</b> 0.147 W/(m.K)  <b>Specific heat:</b> 1355 J/(kg.K)  <b>Mass density:</b> 1300 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>SolidBody.1(Cortar-Extruir3)(Tub PVC fos EXTERN-1),  SolidBody.1(Cortar-Extruir2)(Tub PVC fos-1)</p>
Curve Data:N/A		

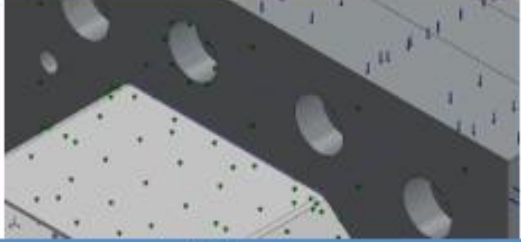
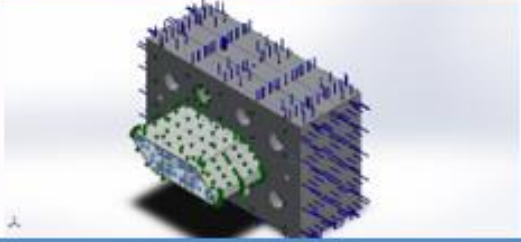
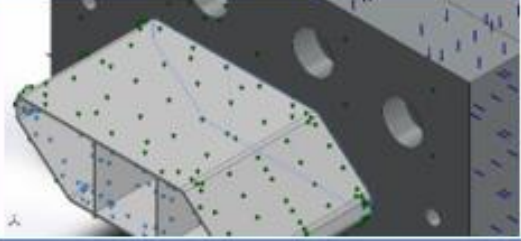


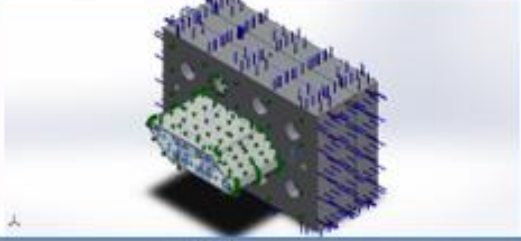
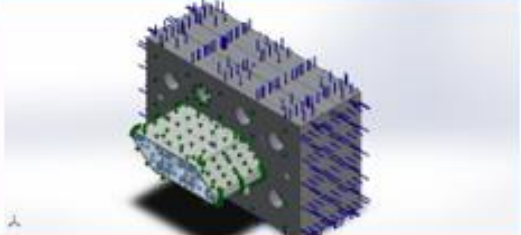
## Thermal Loads

Load name	Load Image	Load Details
Temperature-1		<p>Entities: 1 face(s)                      Temperature: 190 Celsius</p>
Temperature-2		<p>Entities: 1 face(s)                      Temperature: 190 Celsius</p>
Temperature-3		<p>Entities: 12 face(s)                      Temperature: 180 Celsius</p>
Convection-1		<p>Entities: 13 face(s)                      Convection Coefficient: 10 W/(m<sup>2</sup>.K)                      Time variation: Off                      Temperature variation: Off                      Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin                      Time variation: Off</p>
Convection-2		<p>Entities: 23 face(s)                      Convection Coefficient: 5 W/(m<sup>2</sup>.K)                      Time variation: Off                      Temperature variation: Off                      Bulk Ambient Temperature: 310 Kelvin                      Time variation: Off</p>

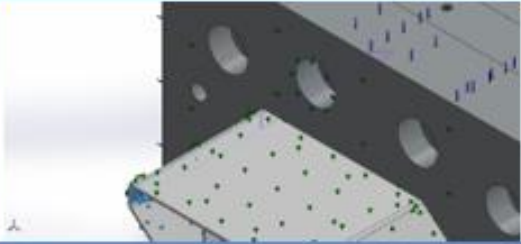
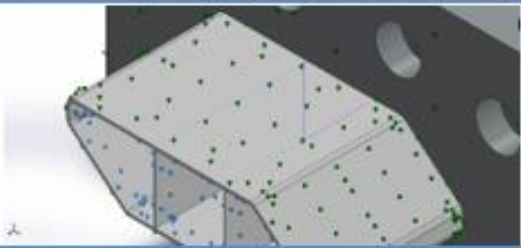
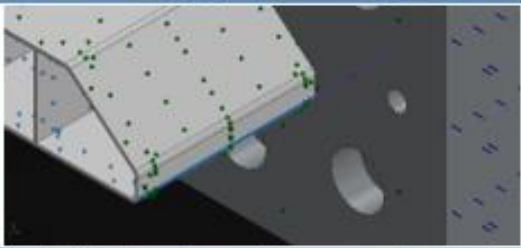
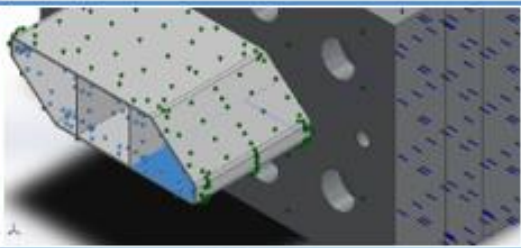
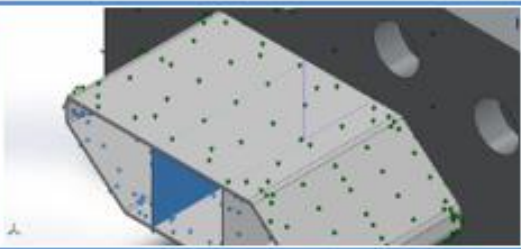
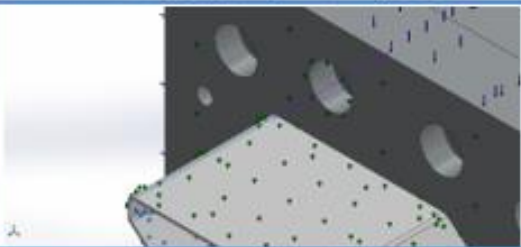
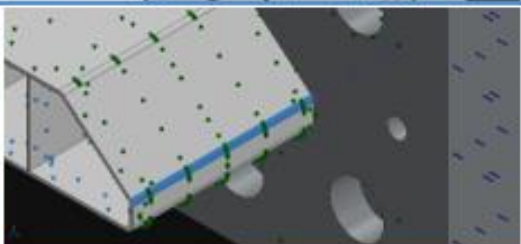
### Contact Information

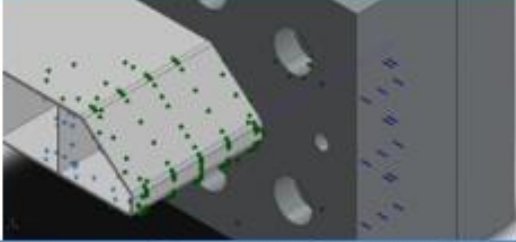
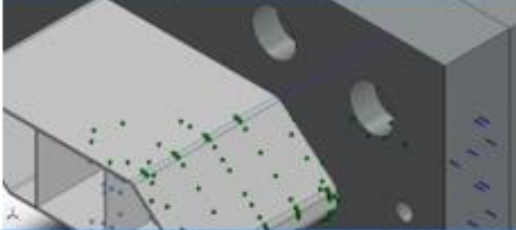
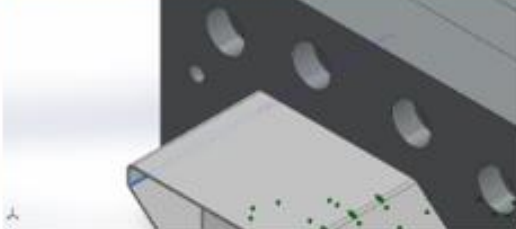
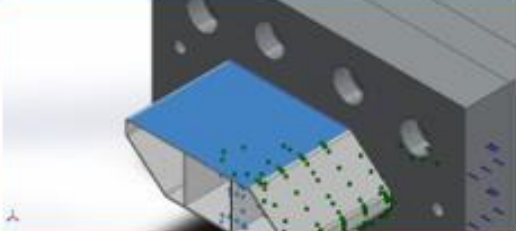

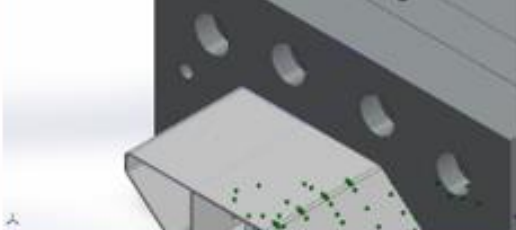
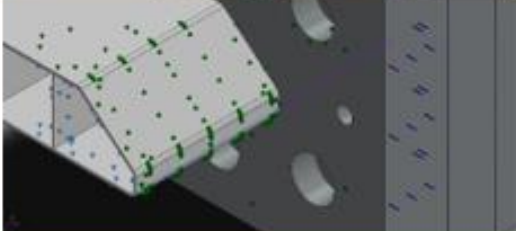
Contact	Contact Image	Contact Properties
Contact Set-1		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-2		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-3		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-4		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-5		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-6		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)

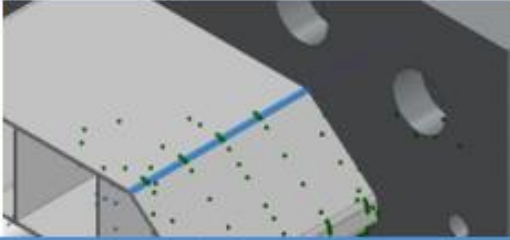
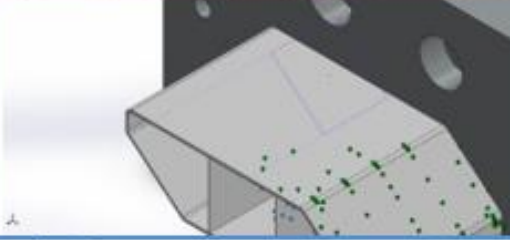
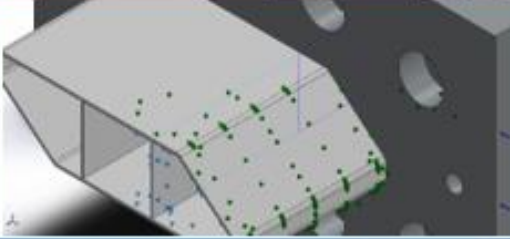
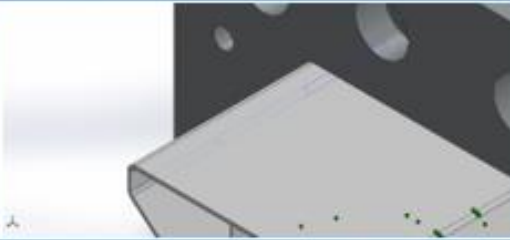
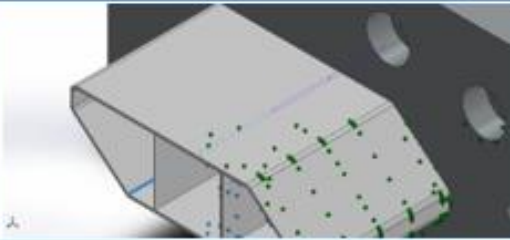
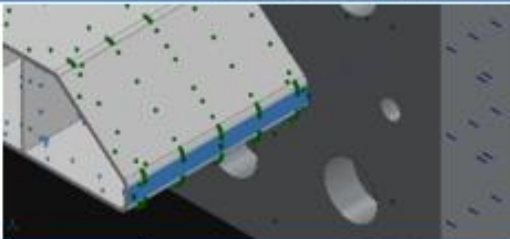
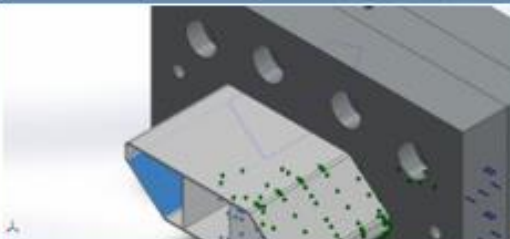
<p>Contact Set-7</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-8</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-9</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-10</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-11</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-12</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-13</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

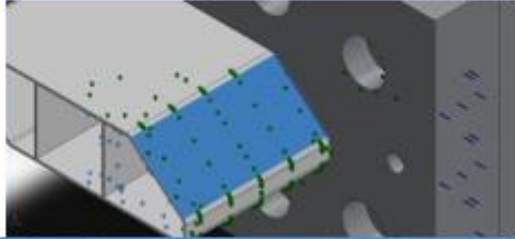
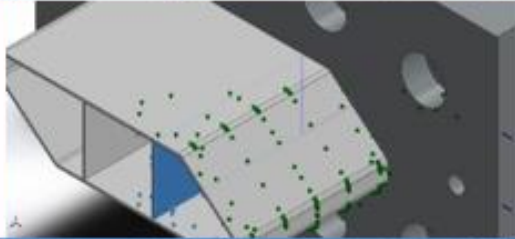
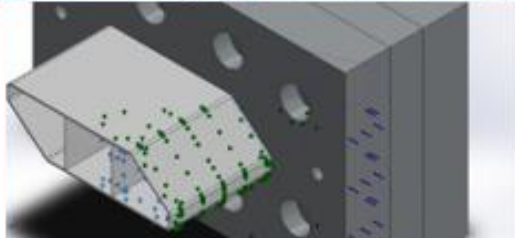
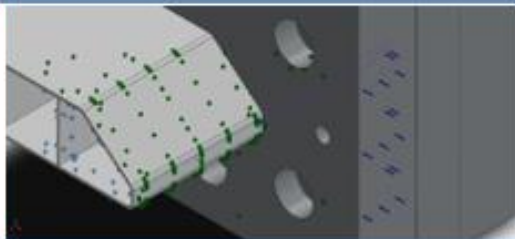
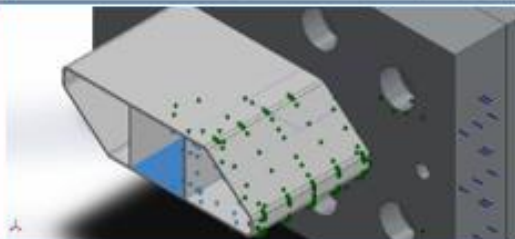
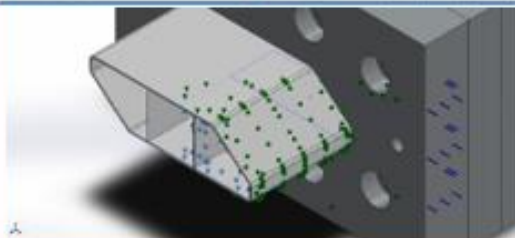

<p>Contact Set-14</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-15</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-16</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-17</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-18</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-19</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-20</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

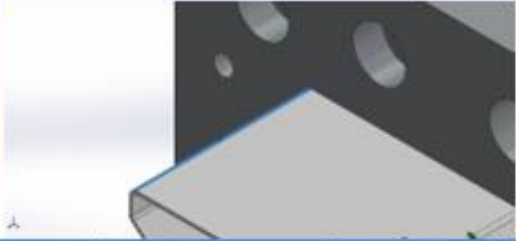
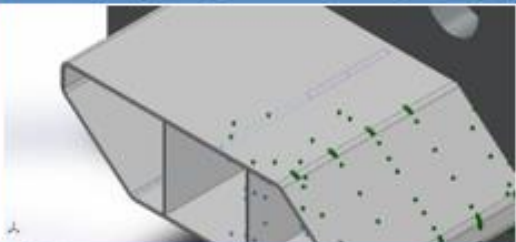


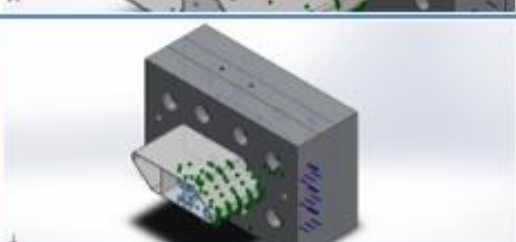
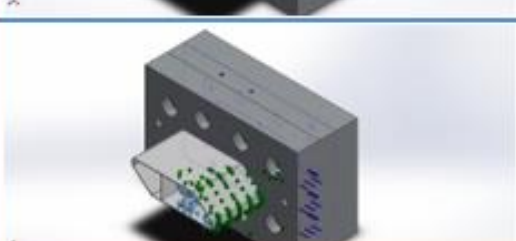
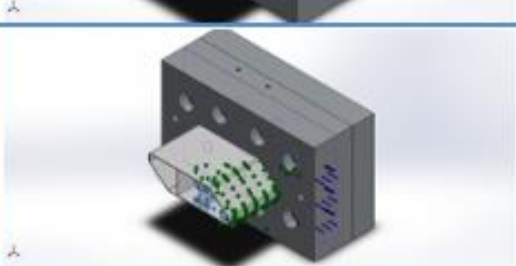


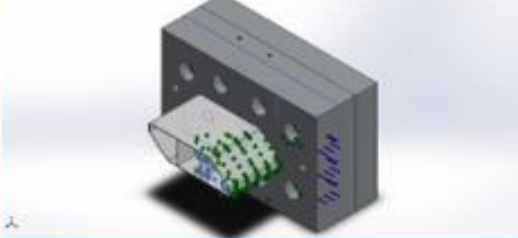
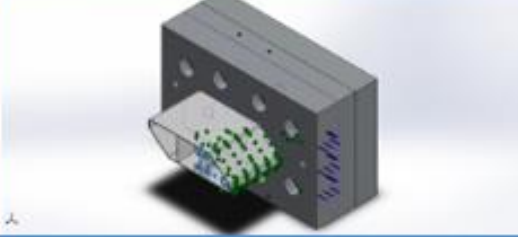
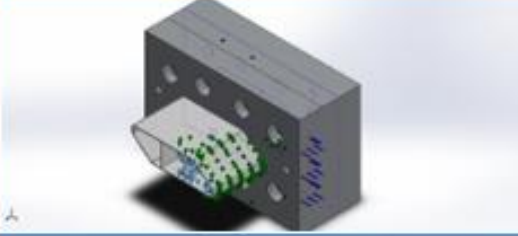
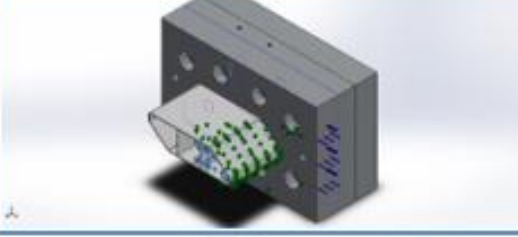
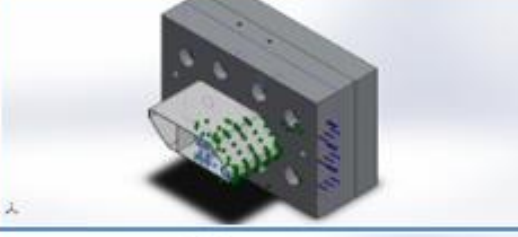
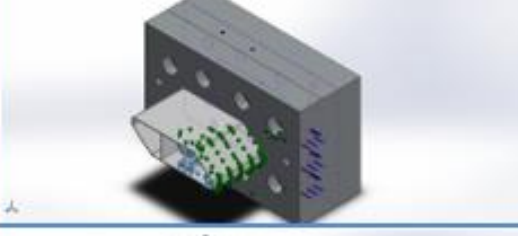
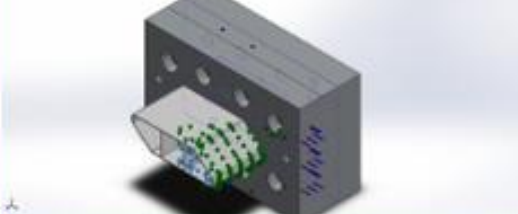
Contact Set-21		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-22		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-23		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-24		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-25		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-26		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-27		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

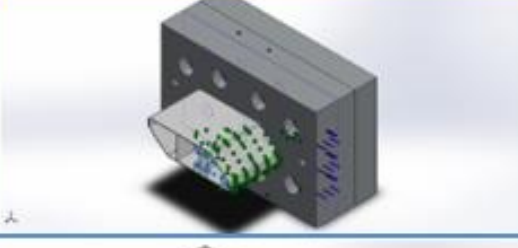
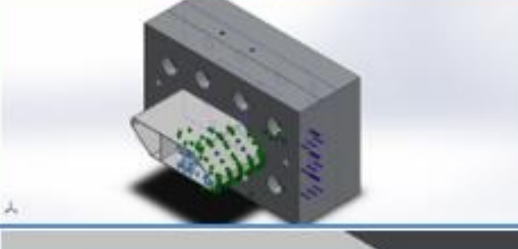

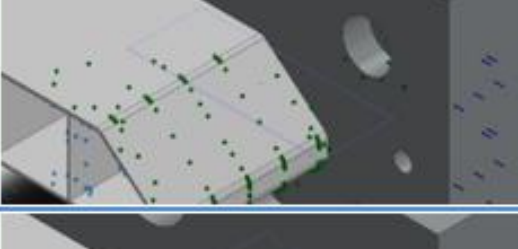
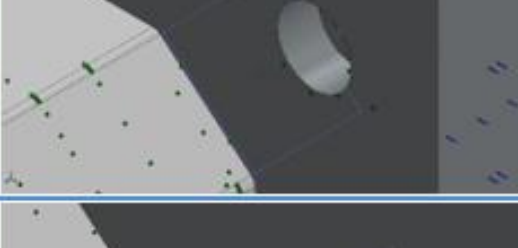


<p>Contact Set-28</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-29</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-30</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-31</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-32</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-33</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-34</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

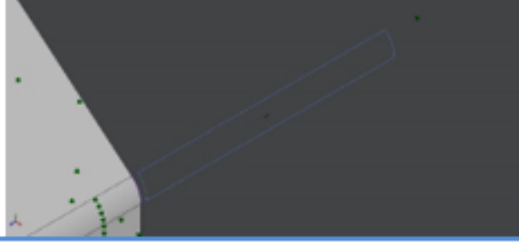
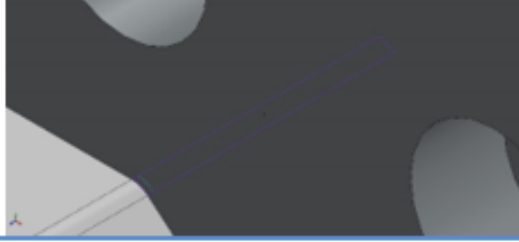
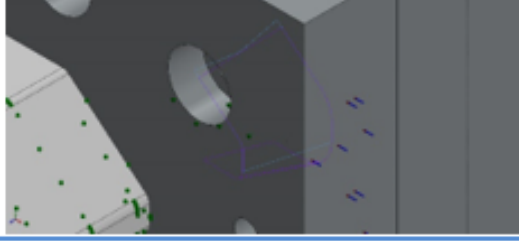
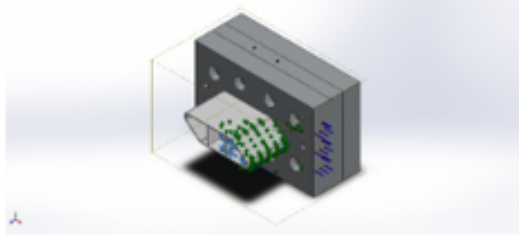
<p>Contact Set-35</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-36</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-37</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-38</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-39</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-40</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-41</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-42</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-43</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-44</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-45</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-46</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-47</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-48</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-49</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-50</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-51</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-52</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-53</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-54</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-55</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-56</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-57</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-58</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-59</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-60</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-61</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-62</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-63</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-64</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-65</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-66</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-67</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-68</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-69</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-70</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-71</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-72</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Global Contact</p>		<p><b>Type:</b> Bonded  <b>Components:</b> 1 component(s)  <b>Options:</b> Compatible mesh</p>

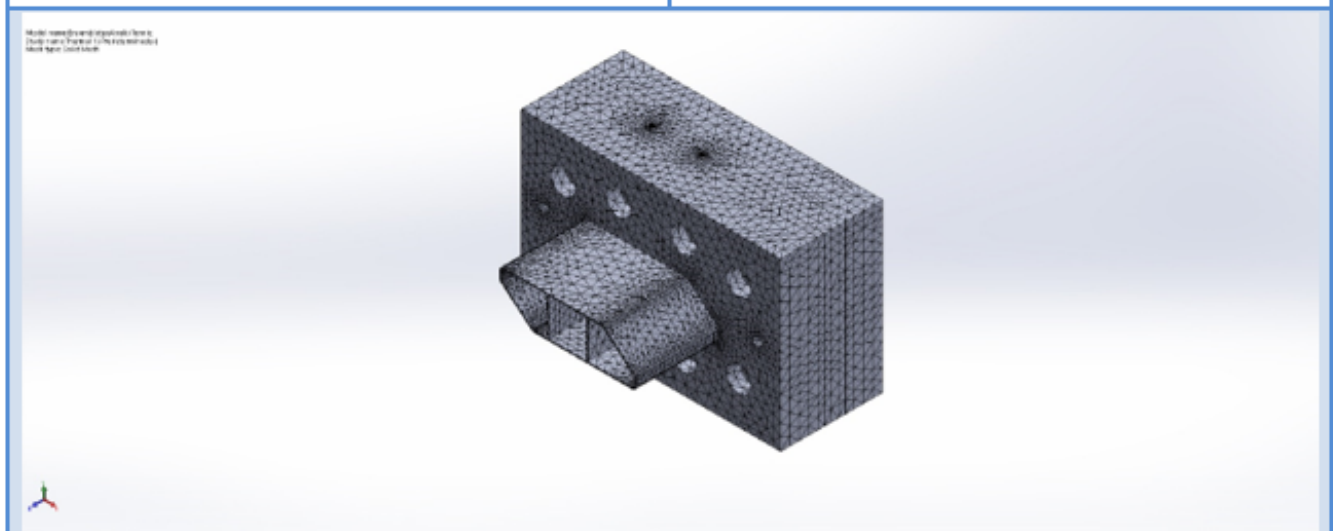


### Mesh information

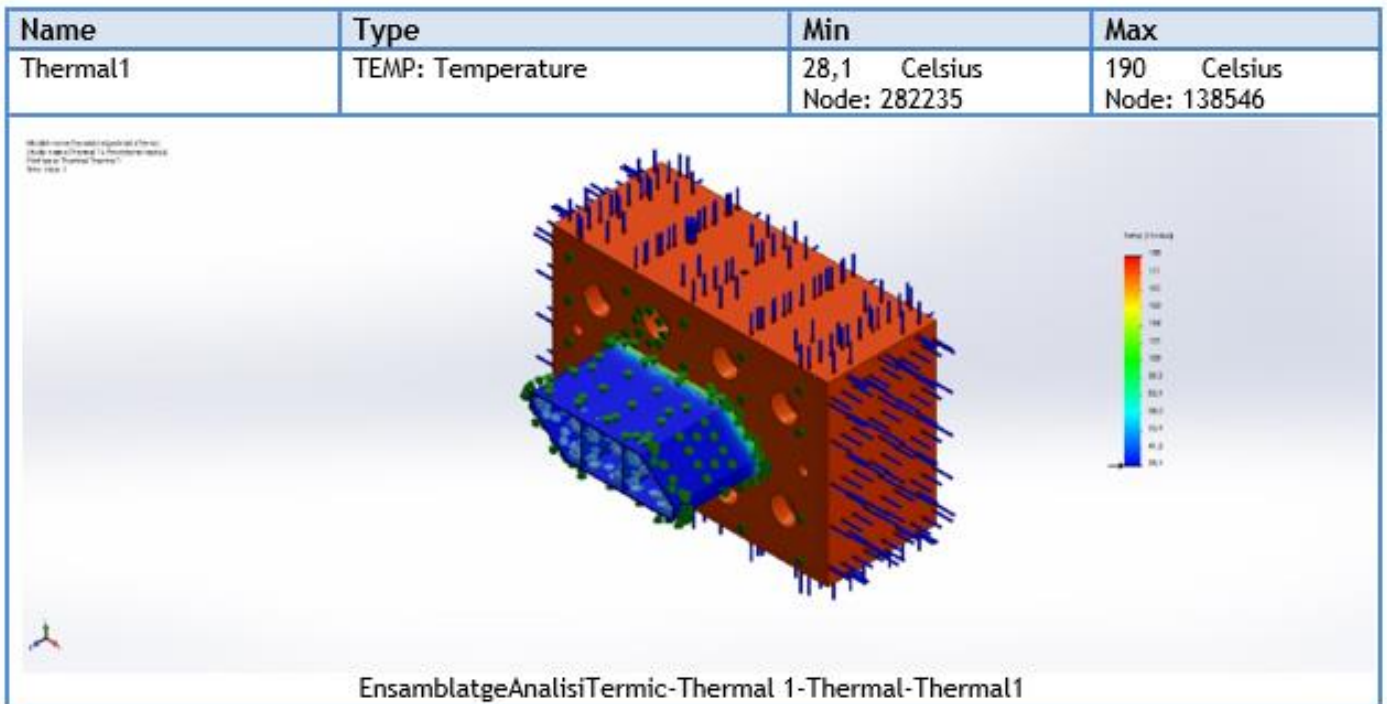
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	10.4105 mm
Minimum element size	2.08211 mm
Mesh Quality Plot	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

### Mesh information - Details

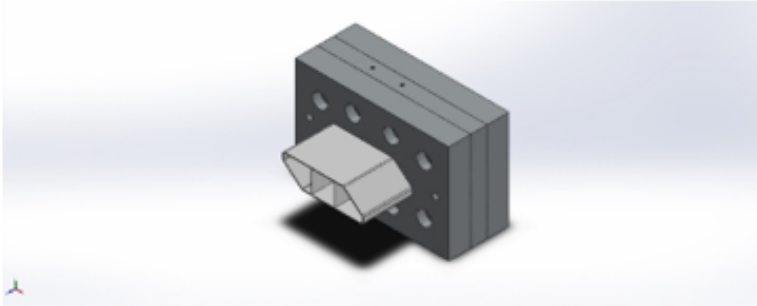
Total Nodes	437793
Total Elements	286132
Maximum Aspect Ratio	60.725
% of elements with Aspect Ratio < 3	92.5
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.649
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:01:53
Computer name:	PHANATEK



## Study Results



## C.2 Estudi tèrmic torpede prototip 1



**Description**  
No Data

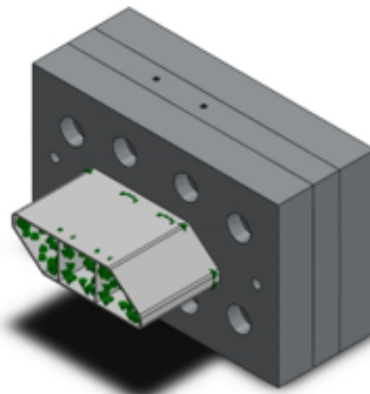
### Simulation of EnsamblatgeAnàlisiTèr mic

Date: martes, 27 de agosto de 2019  
Designer: Solidworks  
Study name: Thermal 1  
Analysis type: Thermal(Steady state)

#### Table of Contents

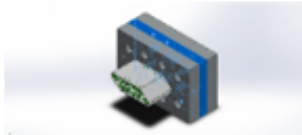
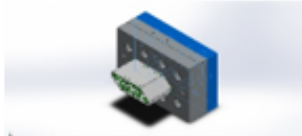
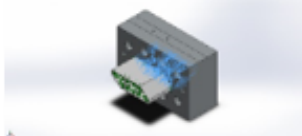
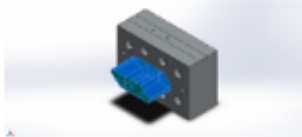
Description.....	1
Assumptions .....	2
Model Information .....	2
Study Properties .....	3
Units .....	3
Material Properties .....	4
Thermal Loads.....	5
Contact Information.....	6
Mesh information .....	17
Sensor Details .....	17
Study Results .....	18
Conclusion .....	18


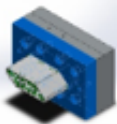
## Model Information



Model name: EnsamblatgeAnàlisiTermic  
Current Configuration: Predeterminado

### Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cortar-Extruir3 	Solid Body	Mass:9.43247 kg Volume:0.00120929 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:92.4382 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\U NI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\Filera intermitja amb encaixos.SLDPR T Aug 22 13:46:26 2019
Cortar-Recubrir3 	Solid Body	Mass:12.3677 kg Volume:0.00158616 m <sup>3</sup> Density:7797.26 kg/m <sup>3</sup> Weight:121.204 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\U NI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\Filera3.SLDPR T Aug 22 13:46:24 2019
Cortar-Barrer33 	Solid Body	Mass:1.25804 kg Volume:0.000161288 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:12.3288 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\U NI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\Proto1.SLDPR T Aug 22 13:46:22 2019
Cortar-Extruir3 	Solid Body	Mass:0.0768462 kg Volume:5.91125e-05 m <sup>3</sup> Density:1300 kg/m <sup>3</sup> Weight:0.753093 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\U NI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\Tub PVC fos EXTERN.SLDPR T Aug 22 13:46:24 2019

<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:0.472816 kg Volume:0.000363705 m<sup>3</sup> Density:1300 kg/m<sup>3</sup> Weight:4.6336 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\Tub PVC fos.SLDPRT Aug 22 13:46:24 2019</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:13.105 kg Volume:0.00168013 m<sup>3</sup> Density:7800 kg/m<sup>3</sup> Weight:128.429 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic\filera1.SLDPRT Aug 22 13:46:24 2019</p>

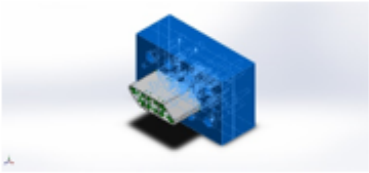
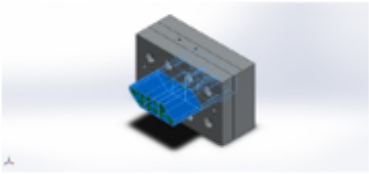
### Study Properties

Study name	Tèrmico 1
Analysis type	Thermal(Steady state)
Mesh type	Solid Mesh
Solver type	FEEPlus
Solution type	Steady state
Contact resistance defined?	No
Result folder	SOLIDWORKS document (E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto1\Anàlisi tèrmic)

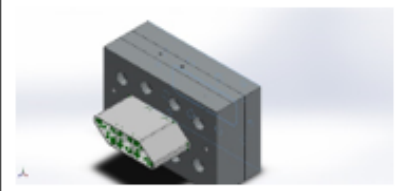
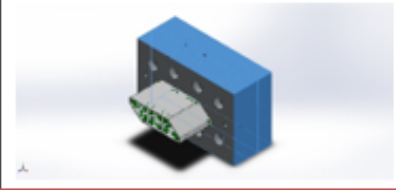
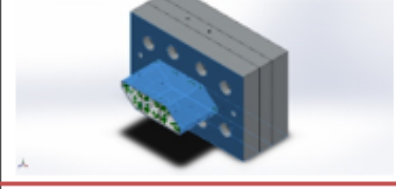

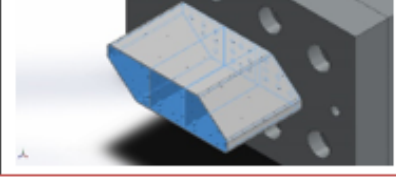
### Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m <sup>2</sup>

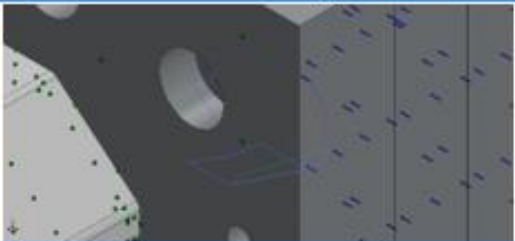
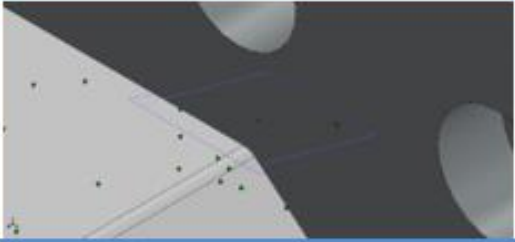
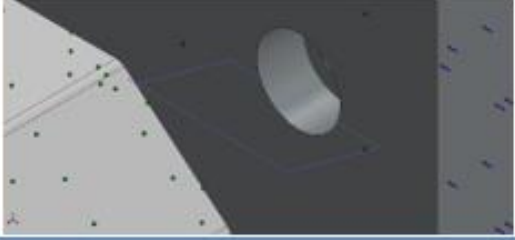

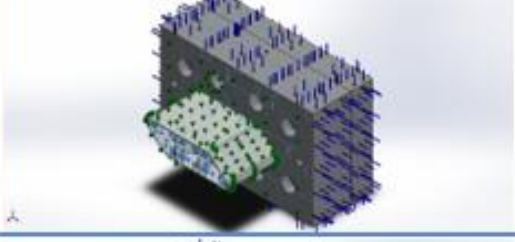
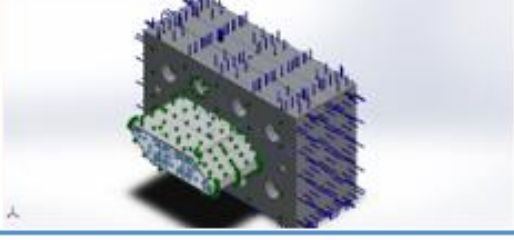
### Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p><b>Name:</b> Acero inoxidable al cromo</p> <p><b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic</p> <p><b>Default failure criterion:</b> Max von Mises Stress</p> <p><b>Thermal conductivity:</b> 18 W/(m.K)</p> <p><b>Specific heat:</b> 460 J/(kg.K)</p> <p><b>Mass density:</b> 7800 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Filera intermitia amb encaixos-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Recubrir3)(Filera3-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Barrer3)(Proto1-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(filera1-1)</p>
Curve Data:N/A		
	<p><b>Name:</b> PVC Rígid</p> <p><b>Model type:</b> Linear Elastic Isotropic</p> <p><b>Default failure criterion:</b> Unknown</p> <p><b>Thermal conductivity:</b> 0.147 W/(m.K)</p> <p><b>Specific heat:</b> 1355 J/(kg.K)</p> <p><b>Mass density:</b> 1300 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Tub PVC fos EXTERN-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Tub PVC fos-1)</p>
Curve Data:N/A		

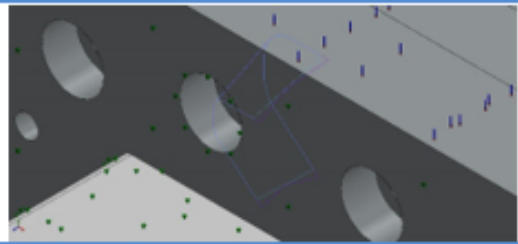
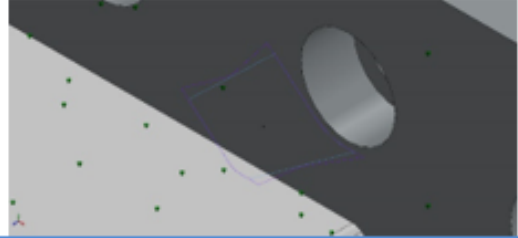
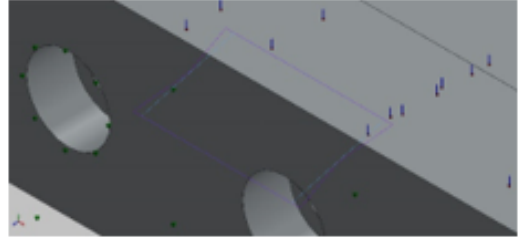
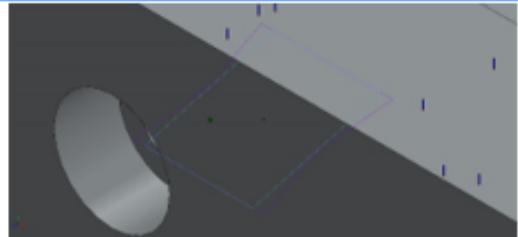
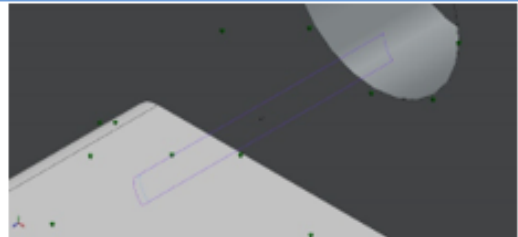
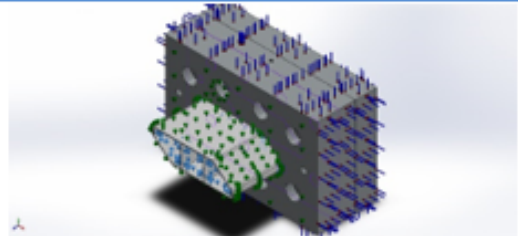
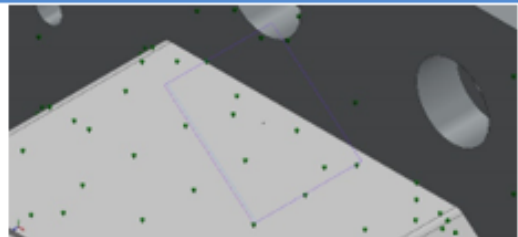
## Thermal Loads

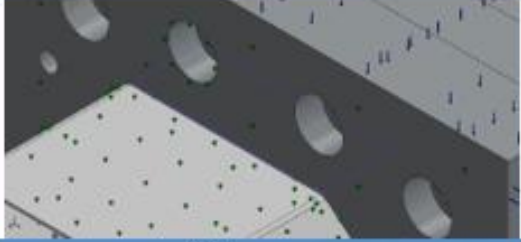
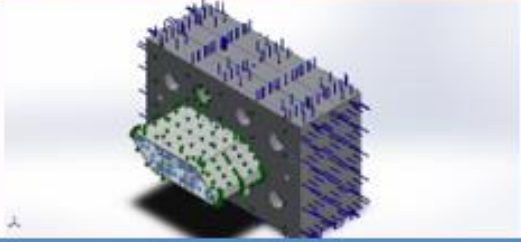
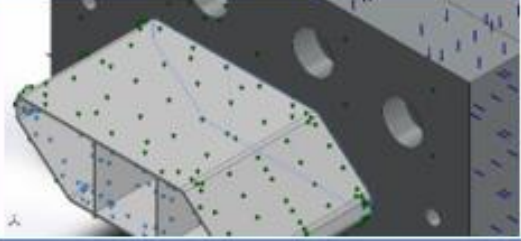


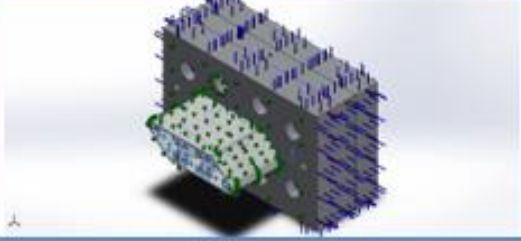
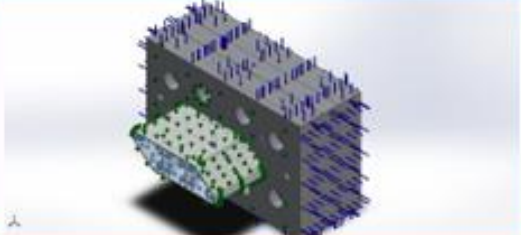
Load name	Load Image	Load Details
Temperatura-1		<p>Entities: 2 face(s)                      Temperature: 190 Celsius</p>
Temperatura-2		<p>Entities: 12 face(s)                      Temperature: 180 Celsius</p>
Convección-1		<p>Entities: 16 face(s)                      Convection Coefficient: 10 W/(m<sup>2</sup>.K)                      Time variation: Off                      Temperature variation: Off                      Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin                      Time variation: Off</p>
Convección-2		<p>Entities: 23 face(s)                      Convection Coefficient: 30 W/(m<sup>2</sup>.K)                      Time variation: Off                      Temperature variation: Off                      Bulk Ambient Temperature: 320 Kelvin                      Time variation: Off</p>
Convection-4		<p>Entities: 43 face(s)                      Convection Coefficient: 35 W/(m<sup>2</sup>.K)                      Time variation: Off                      Temperature variation: Off                      Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin                      Time variation: Off</p>

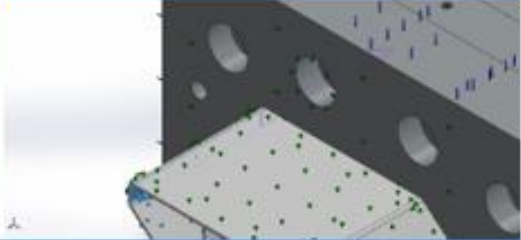
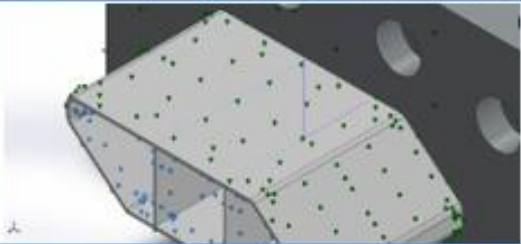
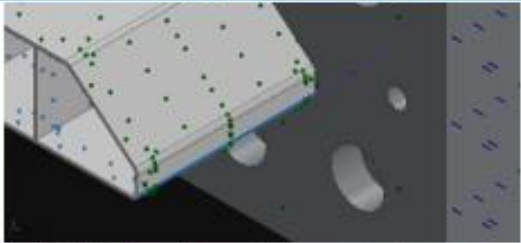
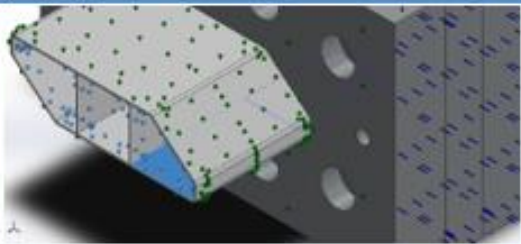
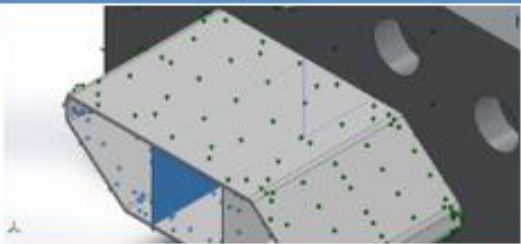
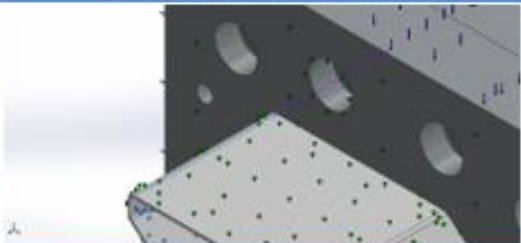
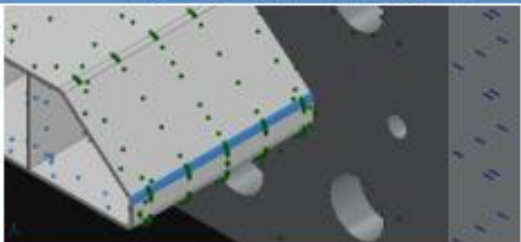
### Contact Information

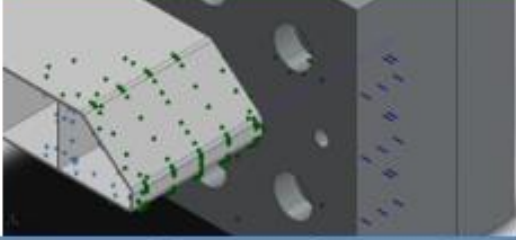
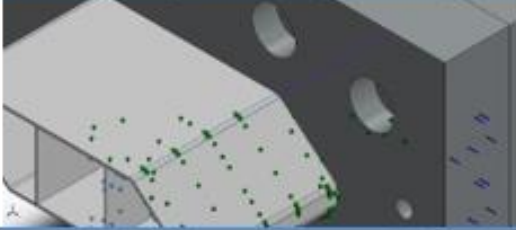
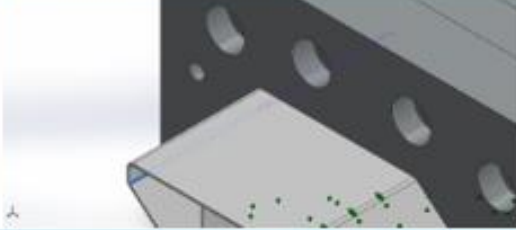
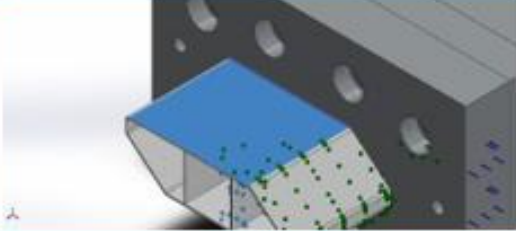

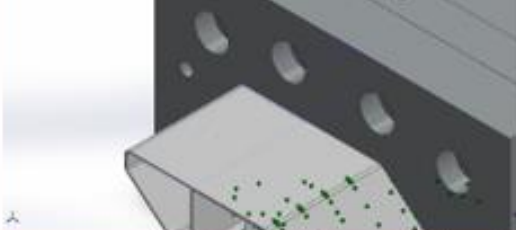
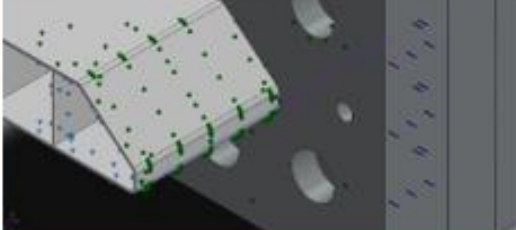
Contact	Contact Image	Contact Properties
Contact Set-1		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)
Contact Set-2		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)
Contact Set-3		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)
Contact Set-4		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)
Contact Set-5		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)
Contact Set-6		Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)

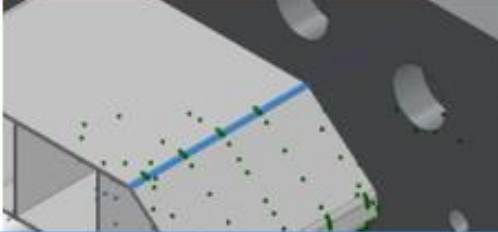
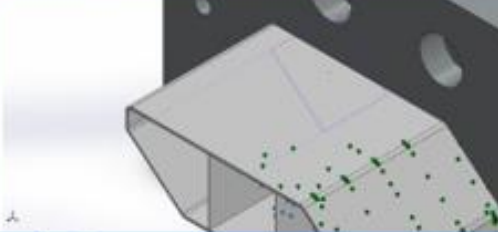
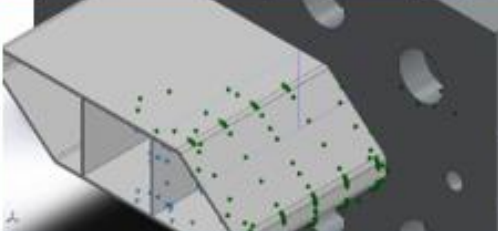
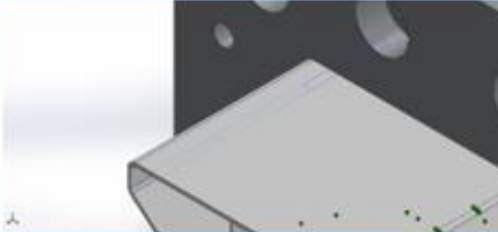
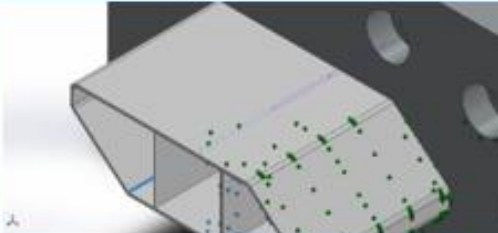
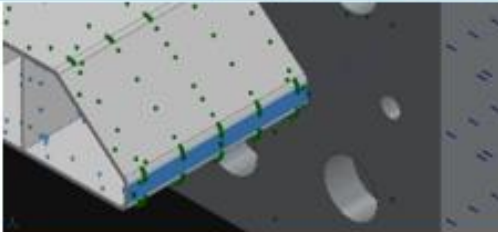
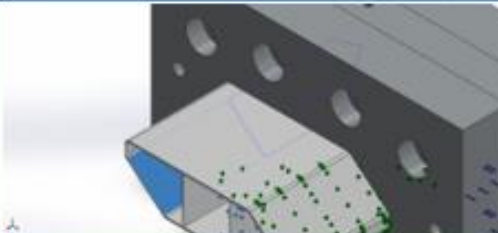


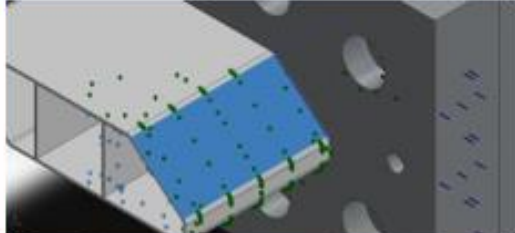
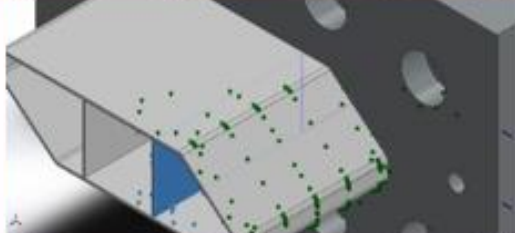
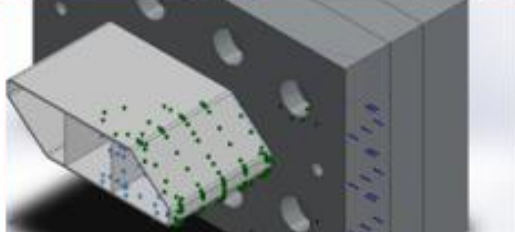
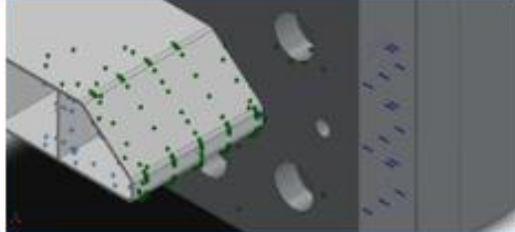
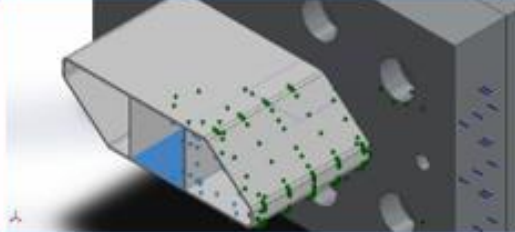
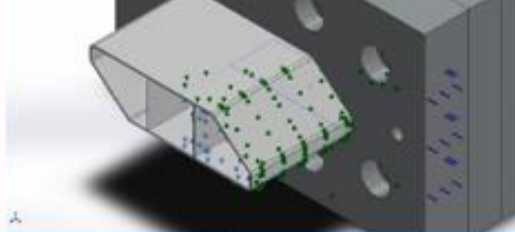
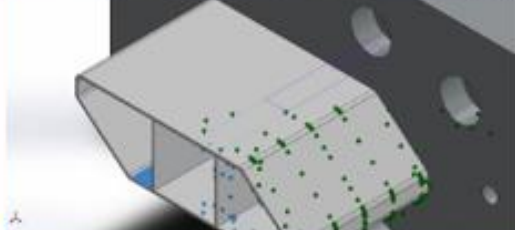
<p>Contact Set-7</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-8</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-9</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-10</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-11</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-12</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-13</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

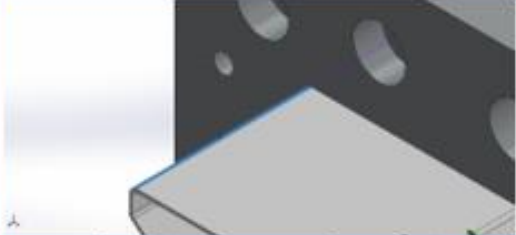
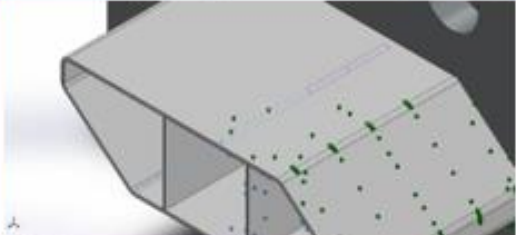
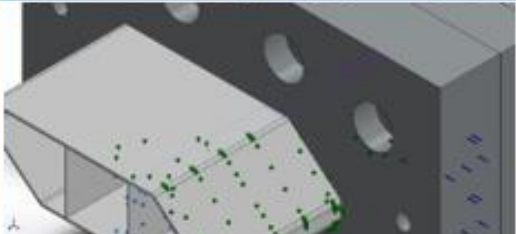
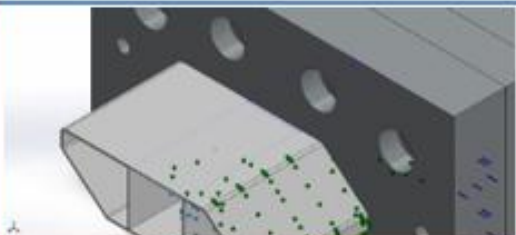
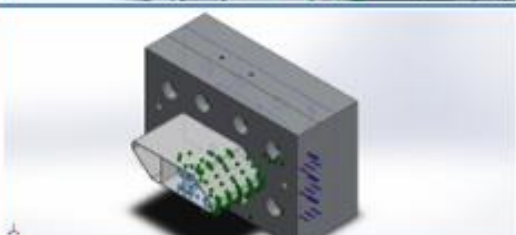
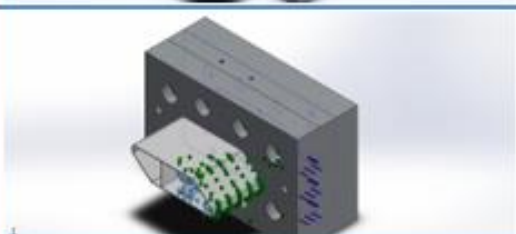
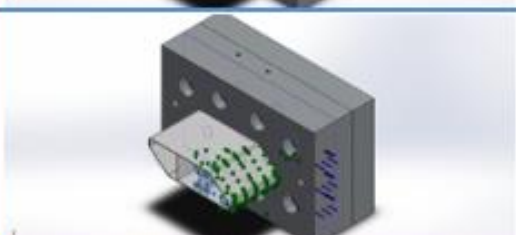
<p>Contact Set-14</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-15</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-16</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-17</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-18</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-19</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-20</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

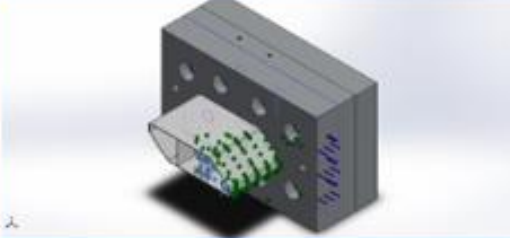
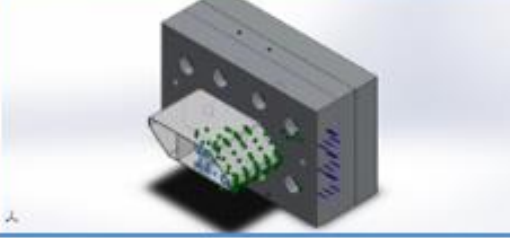
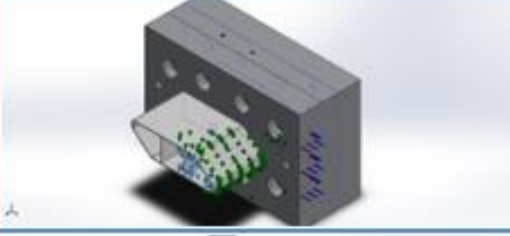
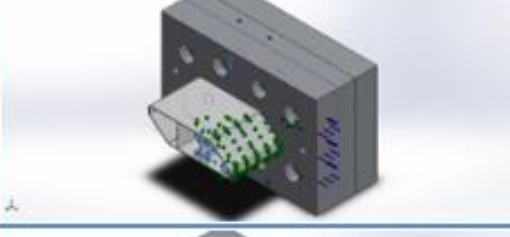
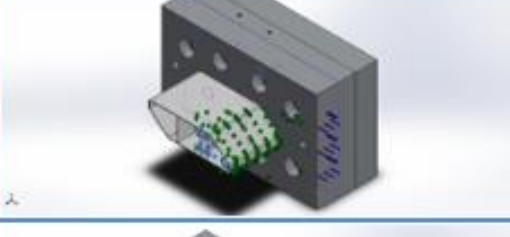
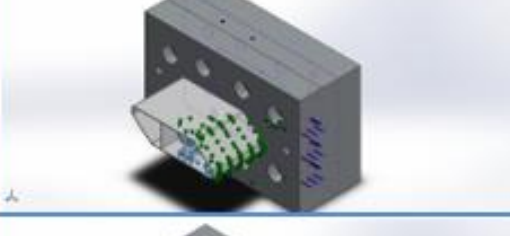
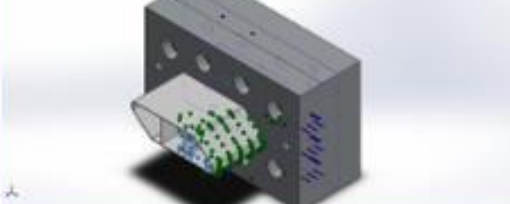
Contact Set-21		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-22		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-23		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-24		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-25		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-26		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-27		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

Contact Set-28		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-29		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-30		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-31		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-32		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-33		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
Contact Set-34		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

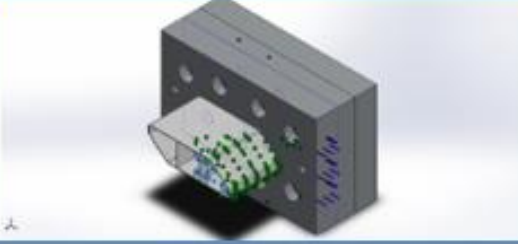
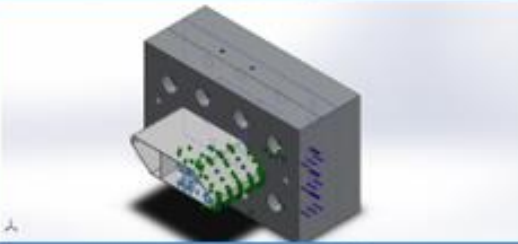

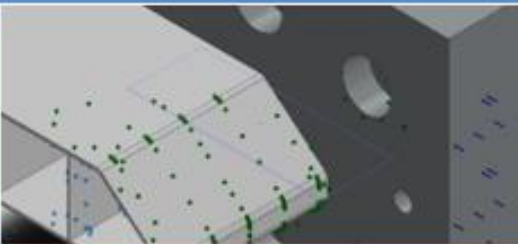
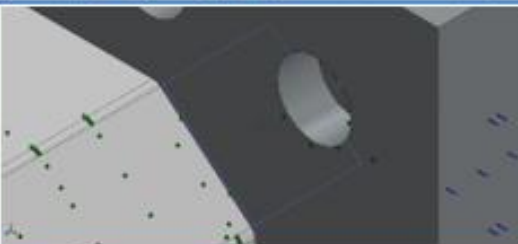


<p>Contact Set-35</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-36</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-37</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-38</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-39</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-40</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-41</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

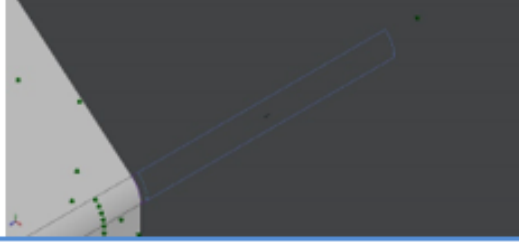
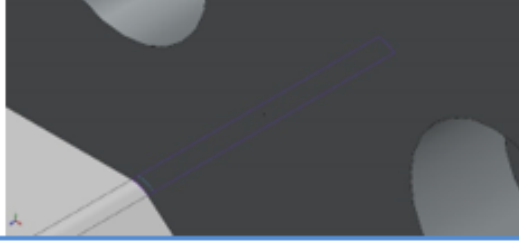
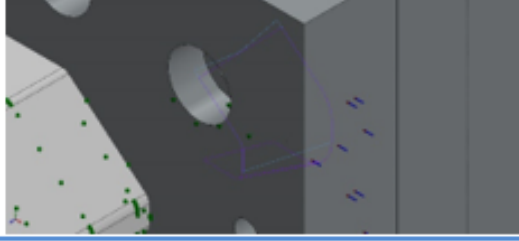
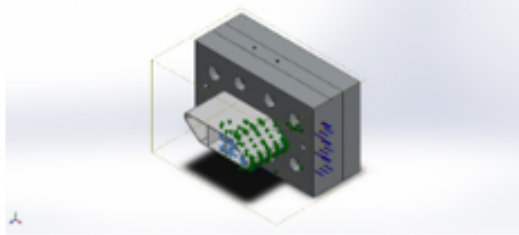
<p>Contact Set-42</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-43</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-44</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-45</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-46</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-47</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-48</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-49</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-50</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-51</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-52</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-53</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-54</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-55</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-56</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-57</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-58</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-59</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-60</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-61</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-62</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>



<p>Contact Set-63</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-64</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-65</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-66</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-67</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-68</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-69</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

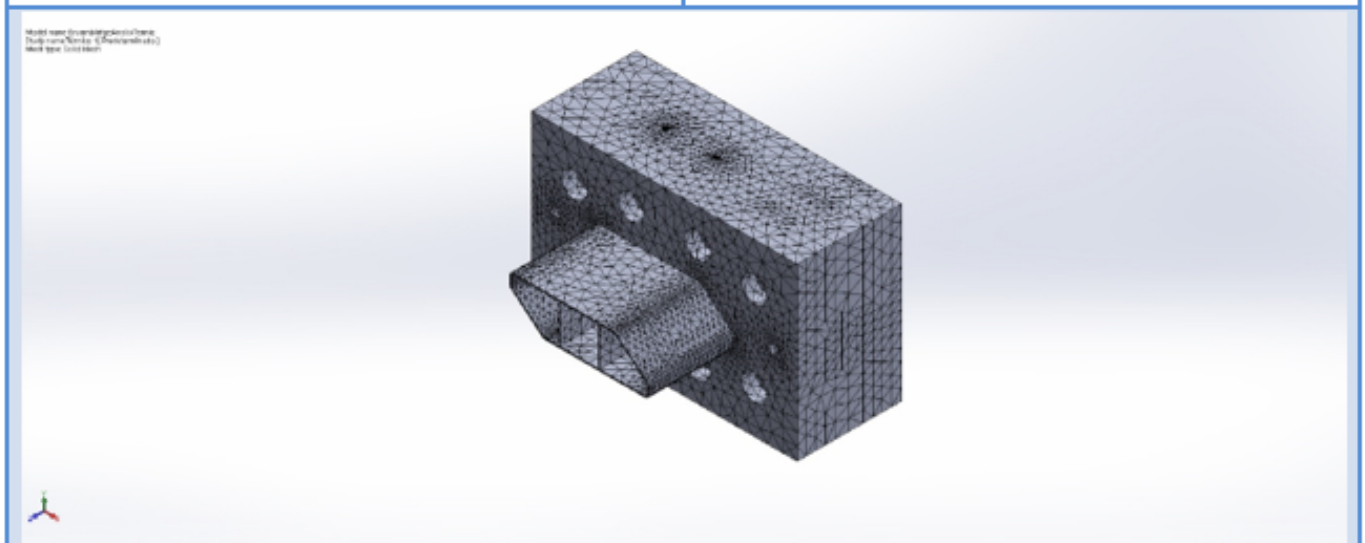
<p>Contact Set-70</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-71</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-72</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Global Contact</p>		<p><b>Type:</b> Bonded  <b>Components:</b> 1 component(s)  <b>Options:</b> Compatible mesh</p>

### Mesh information

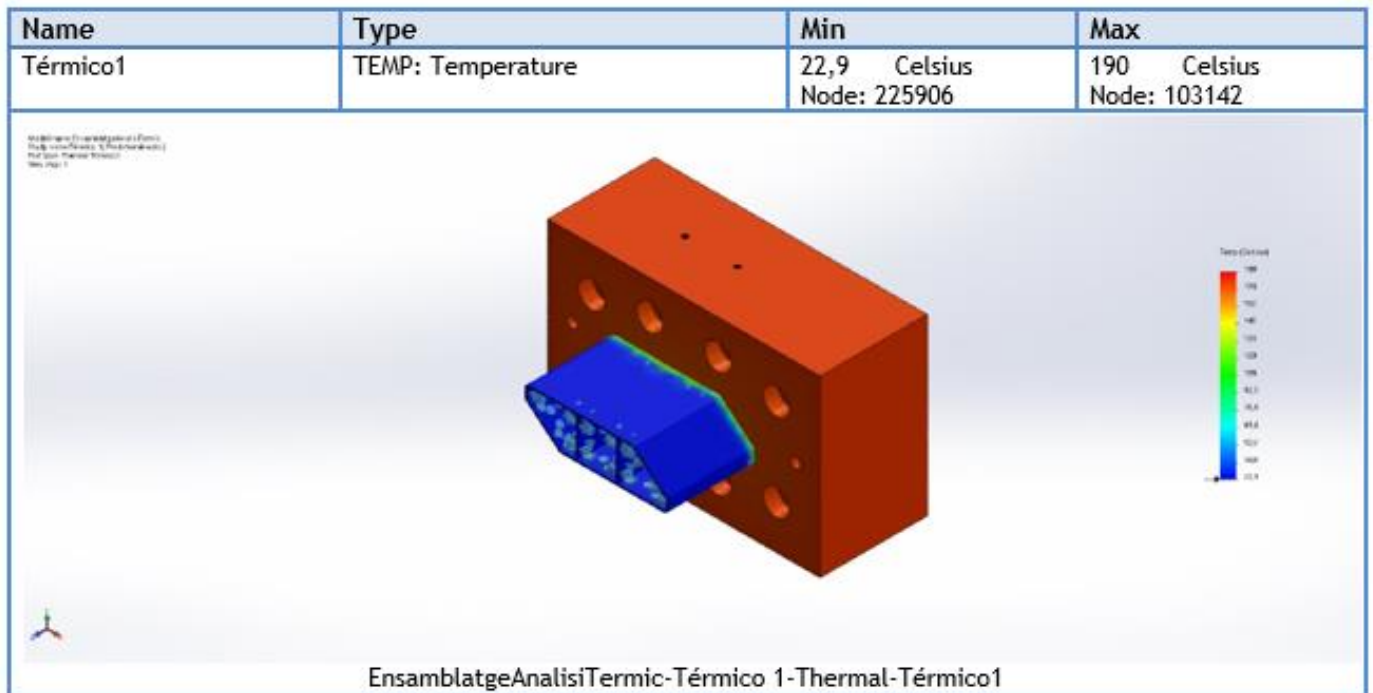
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	14.0524 mm
Minimum element size	2.81048 mm
Mesh Quality Plot	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

### Mesh information - Details

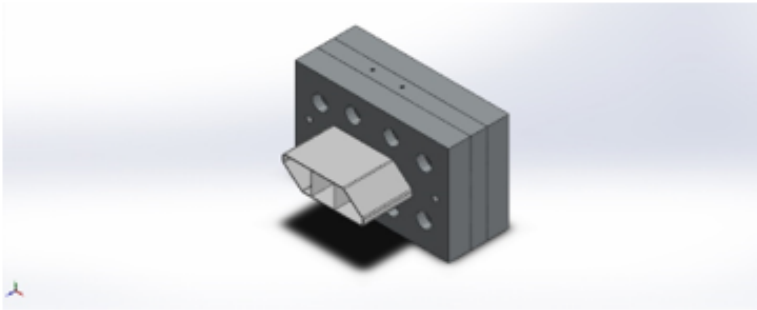
Total Nodes	344657
Total Elements	223294
Maximum Aspect Ratio	498.57
% of elements with Aspect Ratio < 3	88.7
% of elements with Aspect Ratio > 10	1.24
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:33
Computer name:	PHANATEK



## Study Results



### C.3 Estudi tèrmic torpede prototip 2



#### Description

No Data

## Simulation of EnsamblatgeAnàlisiTèr mic

Date: martes, 27 de agosto de 2019

Designer: Solidworks

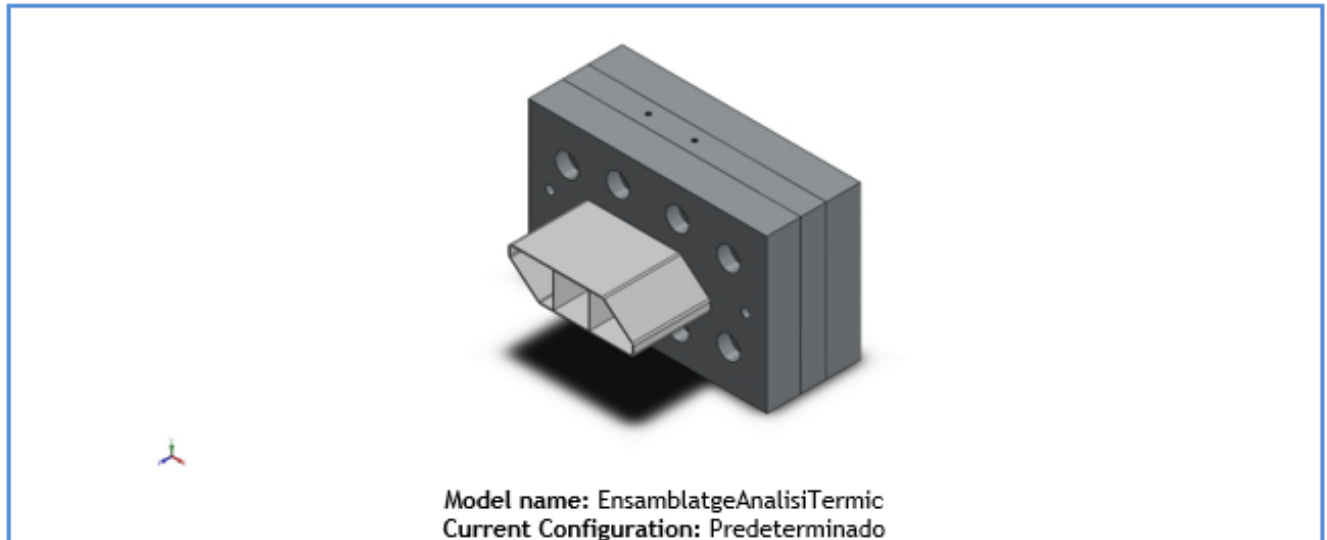
Study name: Thermal 1

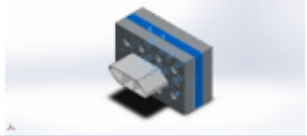



Analysis type: Thermal(Steady state)






### Table of Contents

Description.....	1
Assumptions .....	2
Model Information .....	2
Study Properties .....	3
Units .....	3
Material Properties .....	4
Thermal Loads.....	5
Contact Information.....	6
Mesh information .....	17
Sensor Details .....	17
Study Results .....	18
Conclusion .....	18

## Model Information



Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cortar-Extruir3 	Solid Body	Mass:9.43247 kg Volume:0.00120929 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:92.4382 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\Filera intermitja amb encaixos.SLDPRT Aug 22 11:14:12 2019
Cortar-Recubrir3 	Solid Body	Mass:12.3677 kg Volume:0.00158616 m <sup>3</sup> Density:7797.26 kg/m <sup>3</sup> Weight:121.204 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\Filera3.SLDPRT Aug 22 11:14:04 2019
Cortar-Extruir17 	Solid Body	Mass:1.16329 kg Volume:0.00014914 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:11.4003 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\TorpedeV2.SLDPRT T Aug 22 11:14:08 2019
Saliente-Extruir31 	Solid Body	Mass:0.128534 kg Volume:1.64788e-05 m <sup>3</sup> Density:7800 kg/m <sup>3</sup> Weight:1.25964 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\TorpedeV2Centre.SLDPRT Aug 22 11:14:06 2019

 <p>Cortar-Extruir19</p>	Solid Body	<p>Mass:0.118216 kg  Volume:1.51559e-05 m<sup>3</sup>  Density:7799.99 kg/m<sup>3</sup>  Weight:1.15851 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\TorpedeV2EntradesLaterals.SLDPR  Aug 22 11:14:04 2019</p>
 <p>Cortar-Extruir19</p>	Solid Body	<p>Mass:0.118216 kg  Volume:1.51559e-05 m<sup>3</sup>  Density:7799.99 kg/m<sup>3</sup>  Weight:1.15851 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\TorpedeV2EntradesLaterals.SLDPR  Aug 22 11:14:04 2019</p>
 <p>Cortar-Extruir3</p>	Solid Body	<p>Mass:0.0768462 kg  Volume:5.91125e-05 m<sup>3</sup>  Density:1300 kg/m<sup>3</sup>  Weight:0.753093 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\Tub PVC fos EXTERN.SLDPR  Aug 22 13:21:08 2019</p>
 <p>Cortar-Extruir2</p>	Solid Body	<p>Mass:0.472816 kg  Volume:0.000363705 m<sup>3</sup>  Density:1300 kg/m<sup>3</sup>  Weight:4.6336 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\Tub PVC fos.SLDPR  Aug 22 13:21:10 2019</p>
 <p>Cortar-Extruir1</p>	Solid Body	<p>Mass:13.105 kg  Volume:0.00168013 m<sup>3</sup>  Density:7800 kg/m<sup>3</sup>  Weight:128.429 N</p>	<p>E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic\filera1.SLDPR  Aug 22 11:14:04 2019</p>

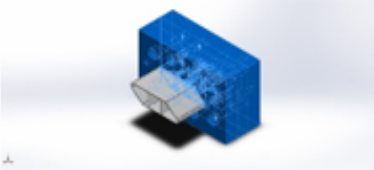
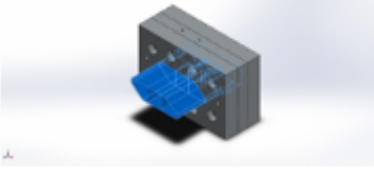
## Study Properties

Study name	<u>Tèrmico 1</u>
Analysis type	<u>Thermal(Steady state)</u>
Mesh type	Solid Mesh
Solver type	<u>FEPlus</u>
Solution type	Steady state
Contact resistance defined?	No
Result folder	SOLIDWORKS document (E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Proto2\Anàlisi tèrmic)

## Units

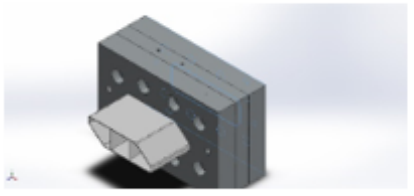
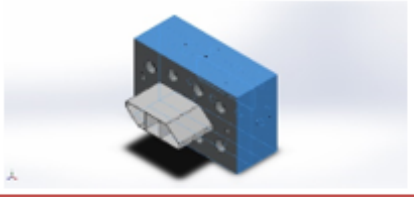
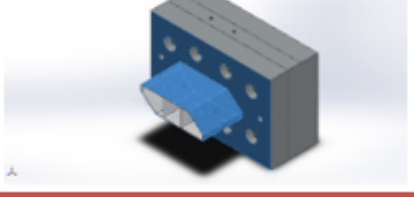

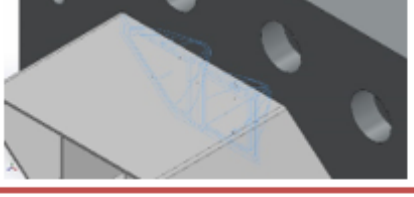

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m <sup>2</sup>

## Material Properties

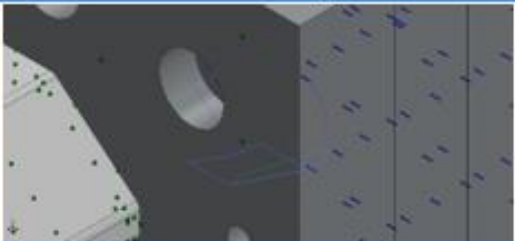
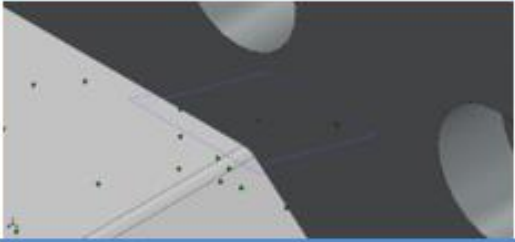
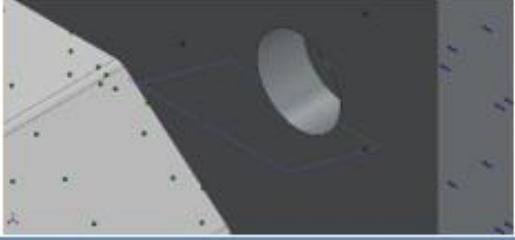

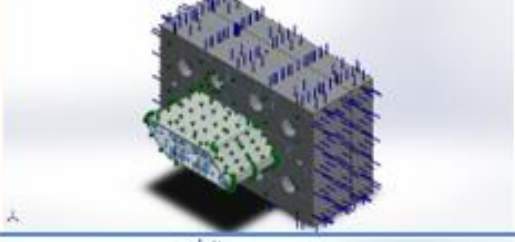
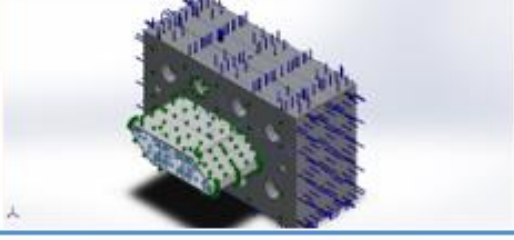
Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: <u>Acero inoxidable al cromo</u></p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Thermal conductivity: 18 W/(m.K)</p> <p>Specific heat: 460 J/(kg.K)</p> <p>Mass density: 7800 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Filera intermitia amb encaixos-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Recubrir3)(Filera3-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir17)(TorpedeV2-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir31)(TorpedeV2Centre-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir19)(TorpedeV2EntradesLaterals-3),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir19)(TorpedeV2EntradesLaterals-4),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(filera1-1)</p>
Curve Data:N/A		
	<p>Name: <u>PVC Rígid</u></p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Unknown</p> <p>Thermal conductivity: 0.147 W/(m.K)</p> <p>Specific heat: 1355 J/(kg.K)</p> <p>Mass density: 1300 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Tub PVC fos EXTERN-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Tub PVC fos-1)</p>
Curve Data:N/A		

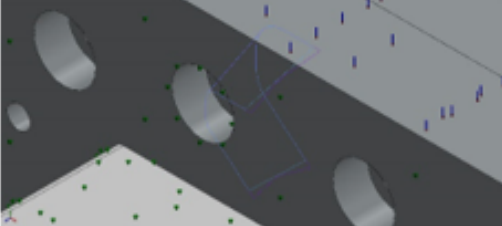
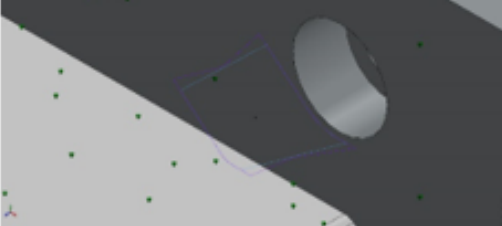
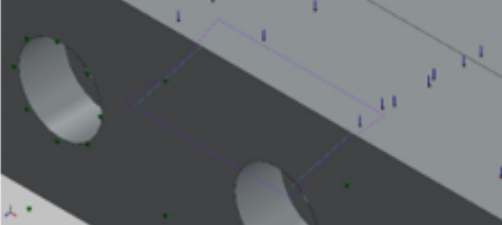
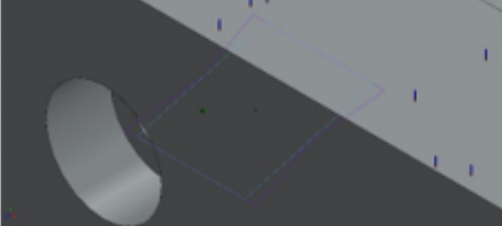
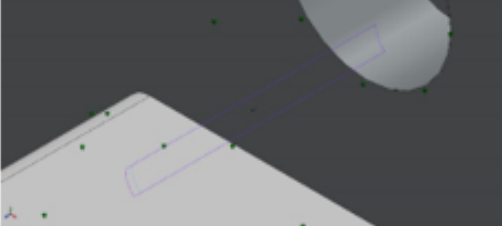
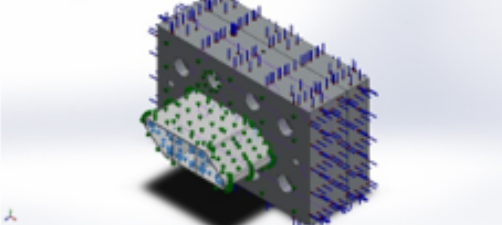
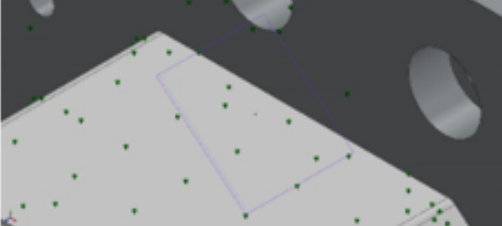


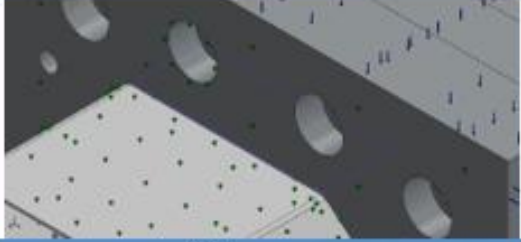
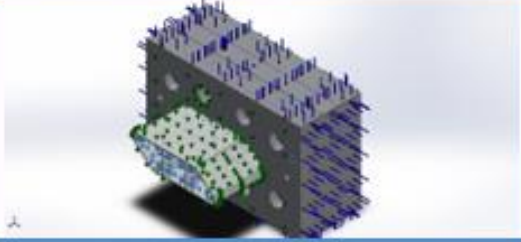
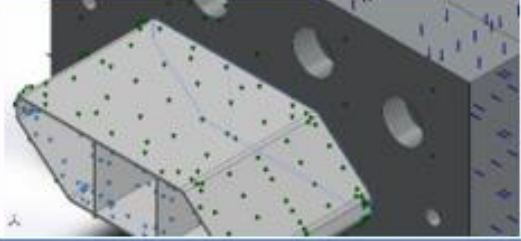


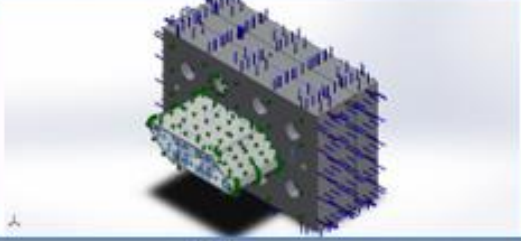
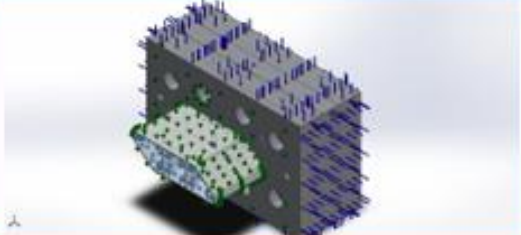
## Thermal Loads

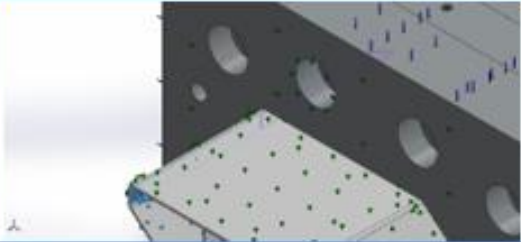
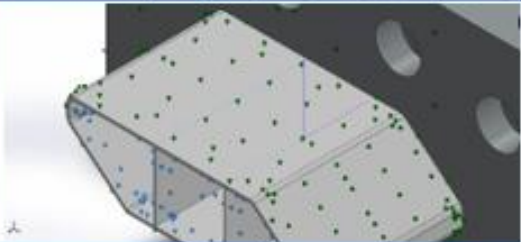
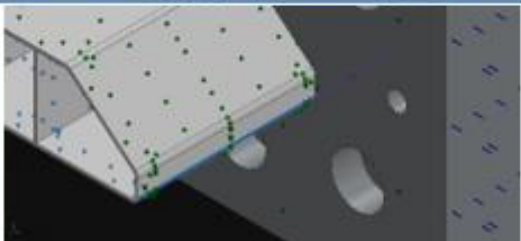
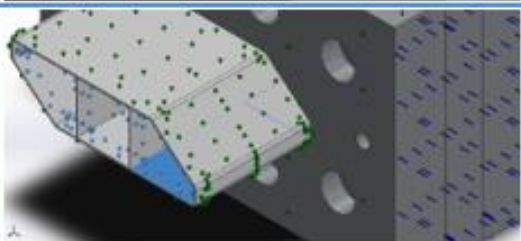

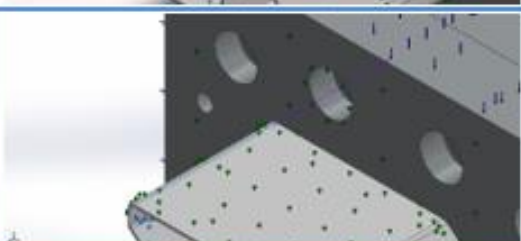
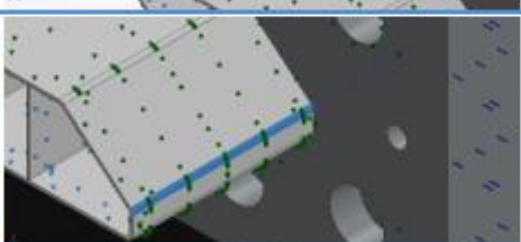
Load name	Load Image	Load Details
Temperatura-2		Entities: 2 face(s) Temperature: 190 Celsius
Temperatura-3		Entities: 14 face(s) Temperature: 180 Celsius
Convección-4		Entities: 13 face(s) Convection Coefficient: 5 W/(m <sup>2</sup> .K) Time variation: Off Temperature variation: Off Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin Time variation: Off
Convección-5		Entities: 20 face(s) Convection Coefficient: 38 W/(m <sup>2</sup> .K) Time variation: Off Temperature variation: Off Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin Time variation: Off
Convección-7		Entities: 24 face(s) Convection Coefficient: 20 W/(m <sup>2</sup> .K) Time variation: Off Temperature variation: Off Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin Time variation: Off
Convección-8		Entities: 15 face(s) Convection Coefficient: 20 W/(m <sup>2</sup> .K) Time variation: Off Temperature variation: Off Bulk Ambient Temperature: 298 Kelvin Time variation: Off

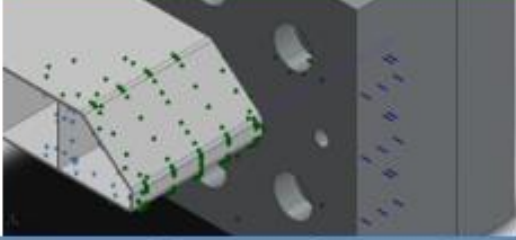
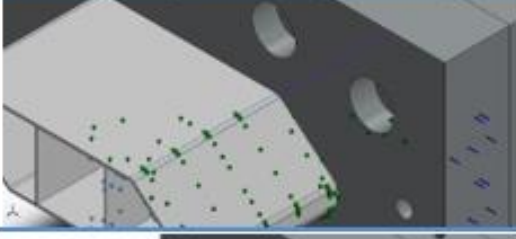
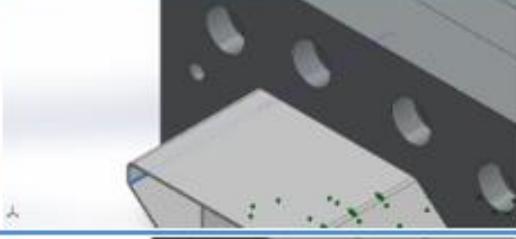
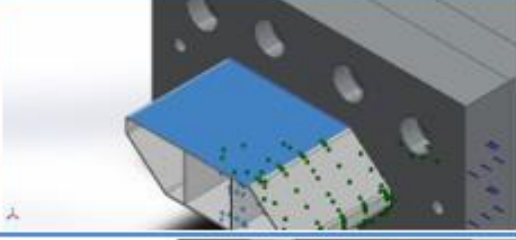
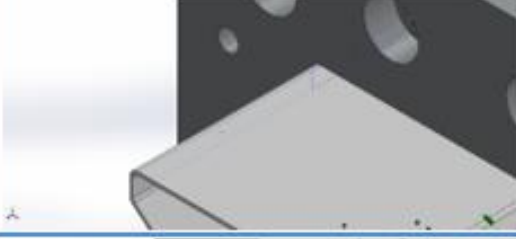
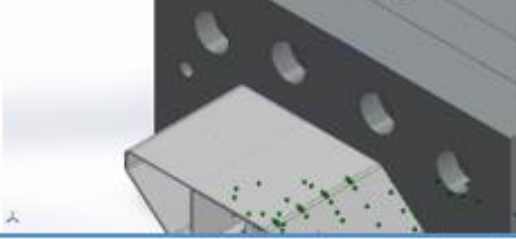
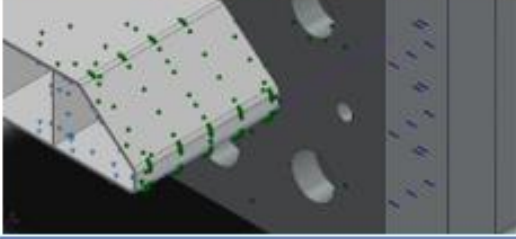
### Contact Information

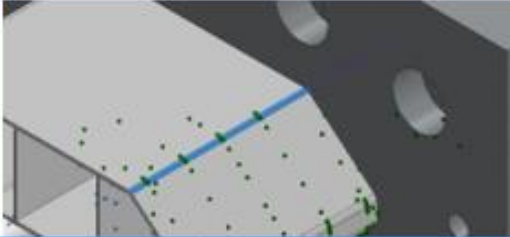
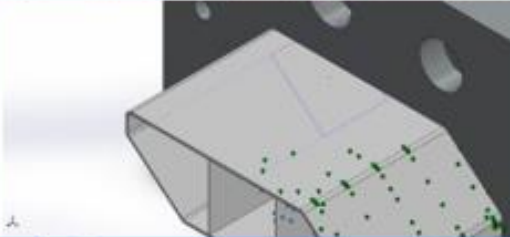
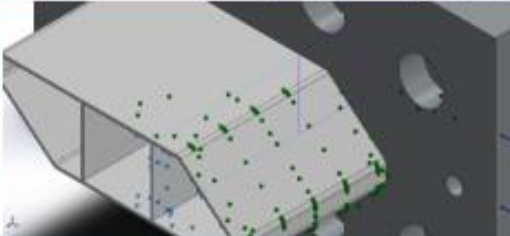
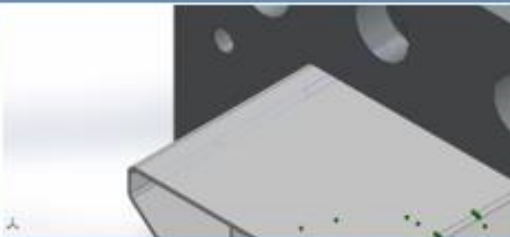
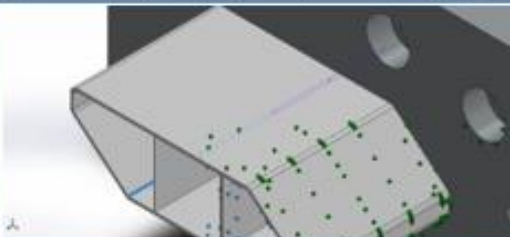
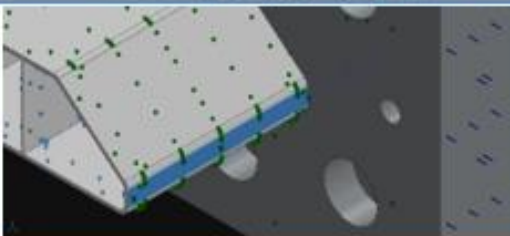
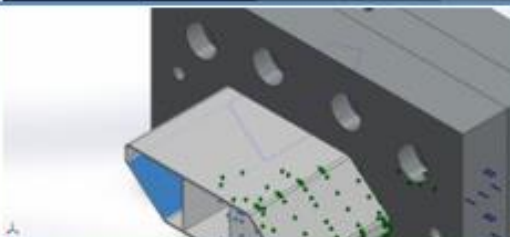
Contact	Contact Image	Contact Properties
Contact Set-1		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-2		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-3		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-4		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-5		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)
Contact Set-6		<b>Type:</b> Bonded contact pair <b>Entites:</b> 2 face(s)

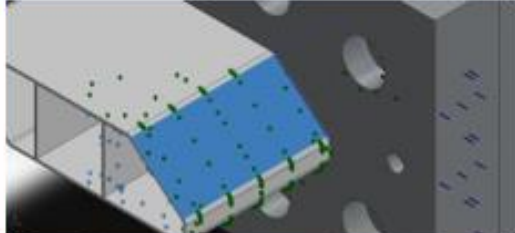
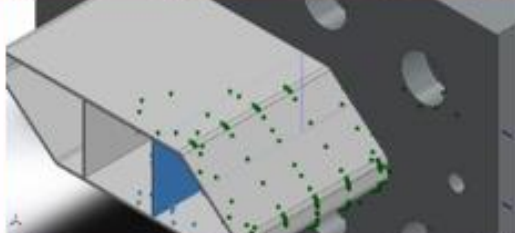
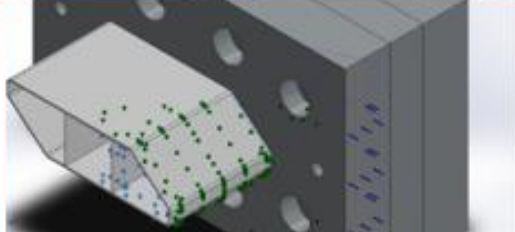
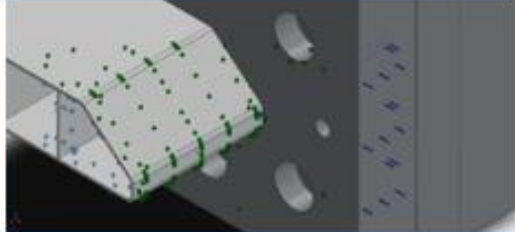
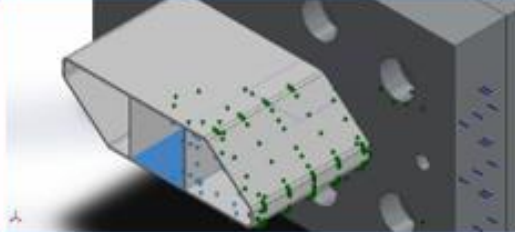
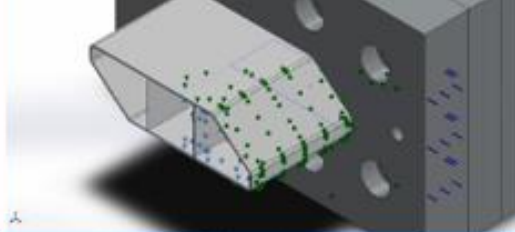
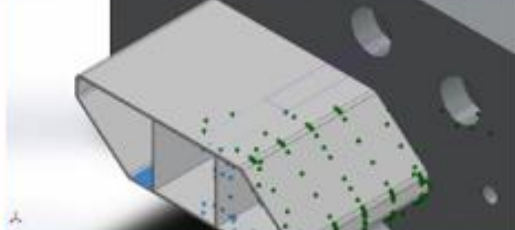
<p>Contact Set-7</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-8</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-9</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-10</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-11</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-12</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-13</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-14</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-15</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-16</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-17</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-18</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-19</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-20</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

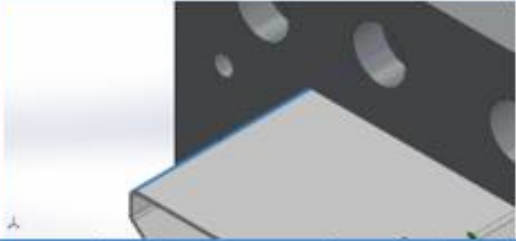
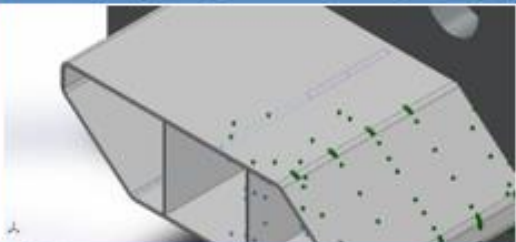


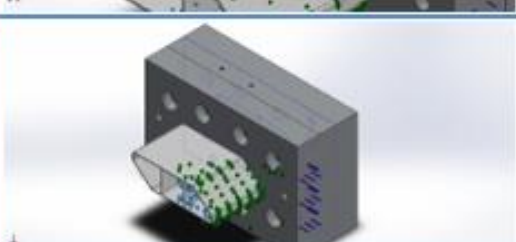
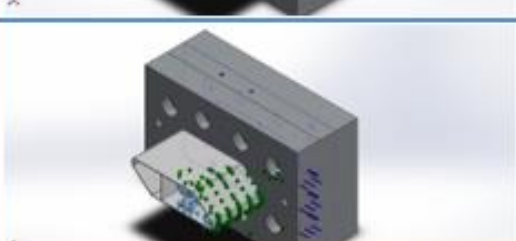
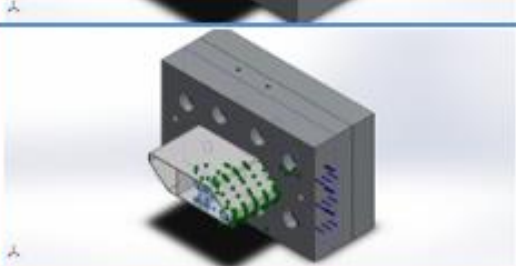
<p>Contact Set-21</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-22</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-23</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-24</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-25</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-26</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-27</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

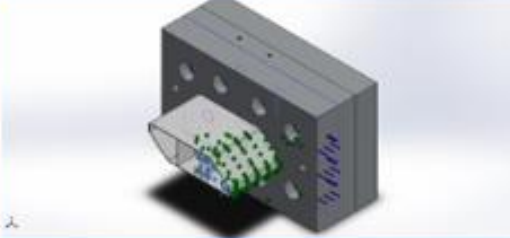
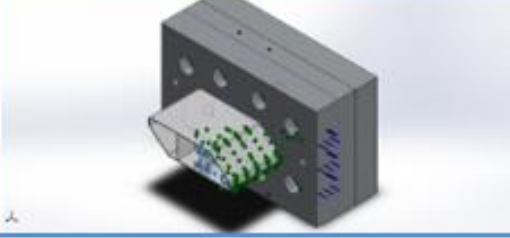
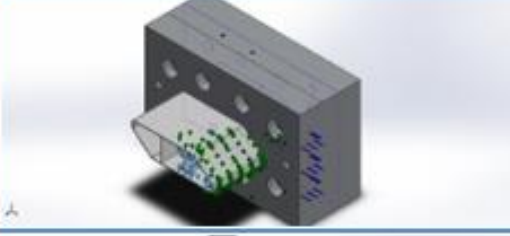
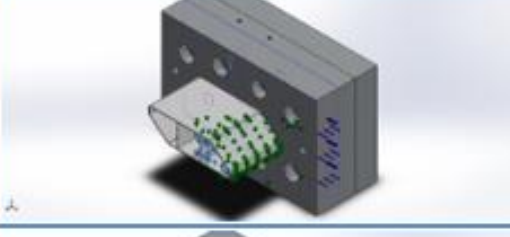
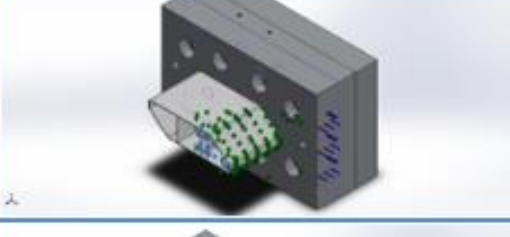
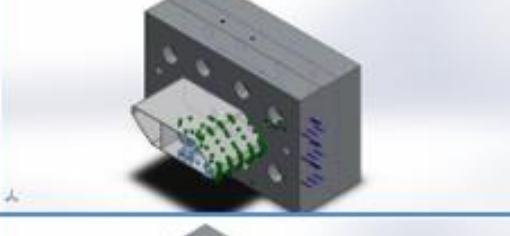
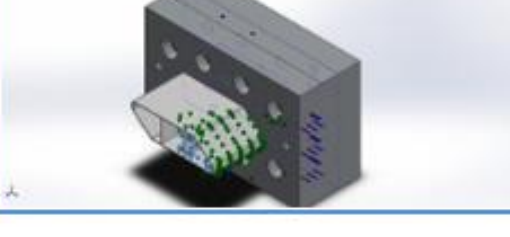
<p>Contact Set-28</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-29</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-30</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-31</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-32</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-33</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-34</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

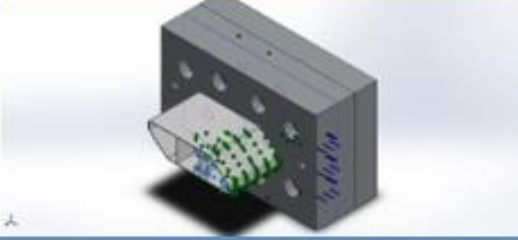
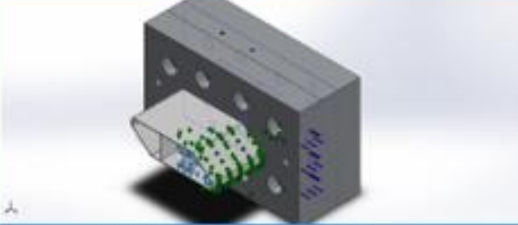


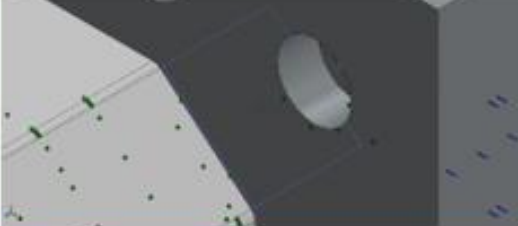


<p>Contact Set-35</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-36</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-37</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-38</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-39</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-40</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-41</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

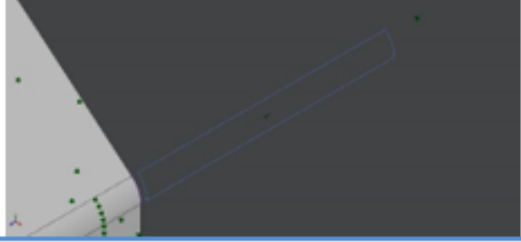
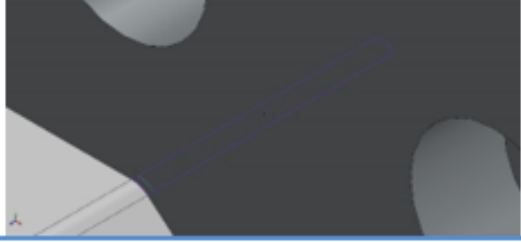
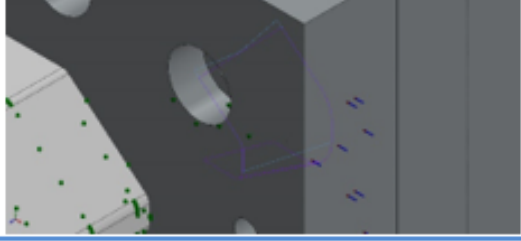
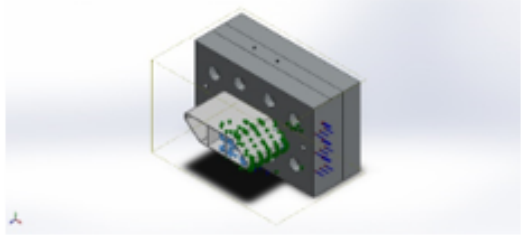
<p>Contact Set-42</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-43</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-44</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-45</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-46</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-47</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-48</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>



<p>Contact Set-49</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-50</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-51</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-52</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-53</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-54</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-55</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-56</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-57</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-58</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-59</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-60</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-61</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-62</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

<p>Contact Set-63</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-64</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-65</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-66</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-67</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-68</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-69</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>

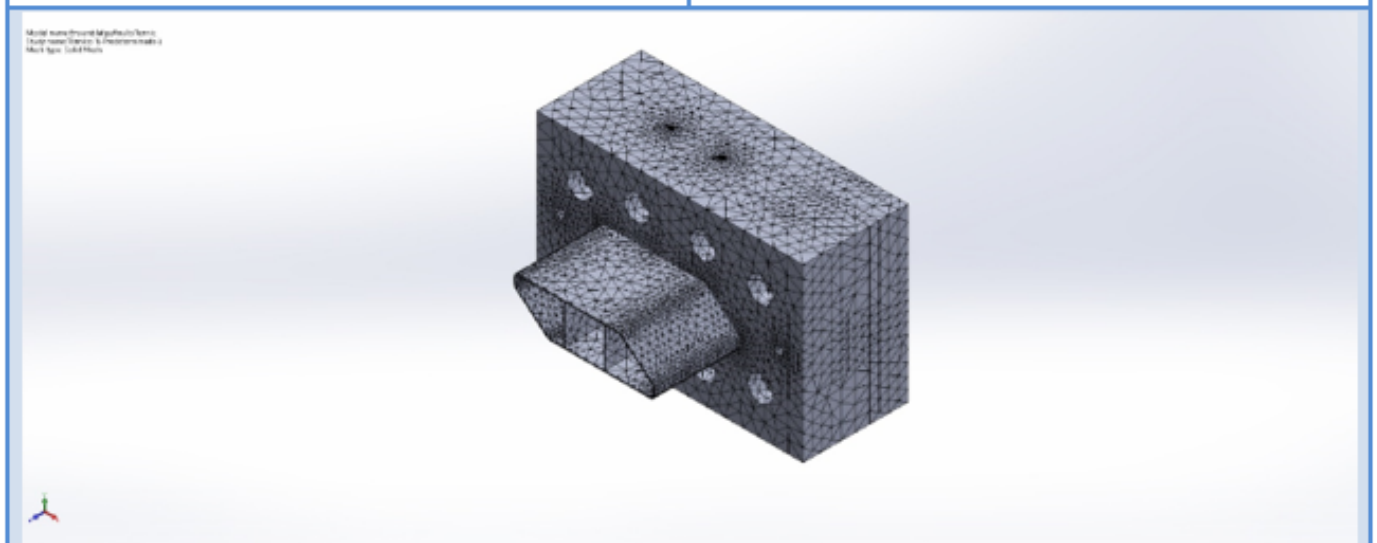
<p>Contact Set-70</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-71</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Contact Set-72</p>		<p><b>Type:</b> Bonded contact pair  <b>Entites:</b> 2 face(s)</p>
<p>Global Contact</p>		<p><b>Type:</b> Bonded  <b>Components:</b> 1 component(s)  <b>Options:</b> Compatible mesh</p>

### Mesh information

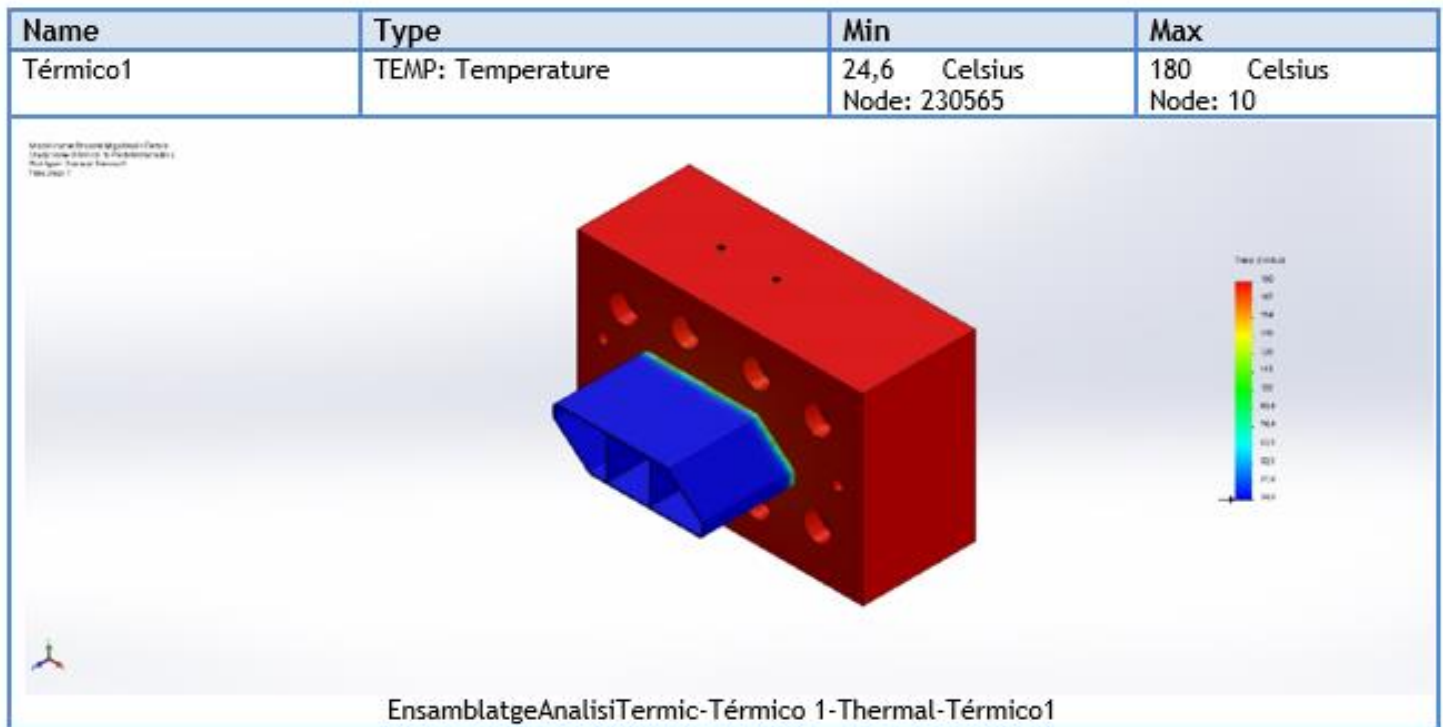
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	14.378 mm
Minimum element size	2.8756 mm
Mesh Quality Plot	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

### Mesh information - Details

Total Nodes	357831
Total Elements	231610
Maximum Aspect Ratio	101.89
% of elements with Aspect Ratio < 3	89.6
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.989
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:34
Computer name:	PHANATEK

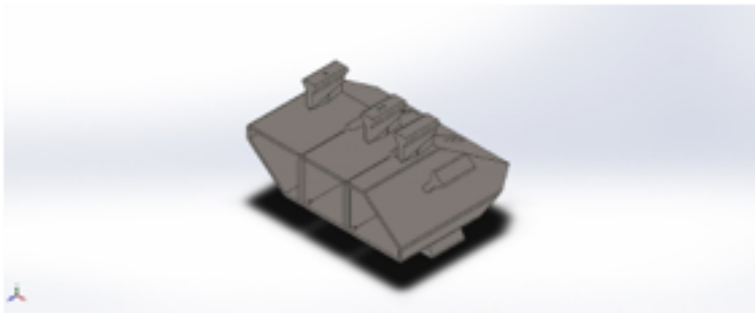


## Study Results



## ANNEX D. ESTUDIS ESTÀTICS

### D.1 Estudi estàtic del sistema d'ala de mosca



### Simulation of TorpedeV2

Date: ~~miércoles~~, 28 de agosto de 2019  
Designer: Solidworks  
Study name: Static 1  
Analysis type: Static

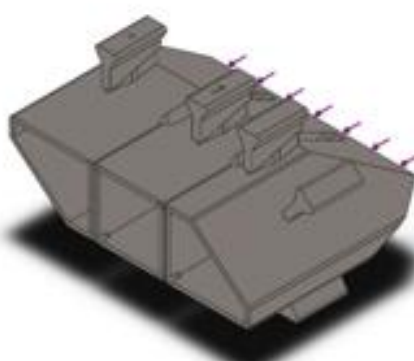

#### Table of Contents

Description .....	1
Assumptions .....	2
Model Information .....	2
Study Properties .....	3
Units .....	3
Material Properties .....	4
Loads and Fixtures .....	4
Connector Definitions .....	5
Contact Information .....	5
Mesh information .....	6
Sensor Details .....	6
Resultant Forces .....	7
Beams .....	7
Study Results .....	8
Conclusion .....	9

#### Description

No Data

## Model Information

 <p>Model name: TorpedeV2 Current Configuration: Predeterminado</p>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude4 	Solid Body	Mass: 1.14921 kg Volume: 0.000149248 m <sup>3</sup> Density: 7700 kg/m <sup>3</sup> Weight: 11.2623 N	E:\Pau\Escritorio\Palter\U N\TFG\Anàlisi estàtic\TorpedeV2.SLDPR T Aug 26 22:04:44 2019



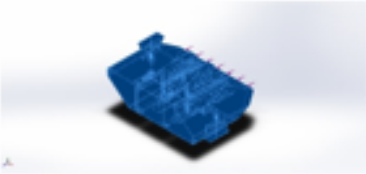
## Study Properties

Study name	Static 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Intel Network Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (E:\Pau\Escritorio\Palter\UNI\TFG\Anàlisi estàtic)

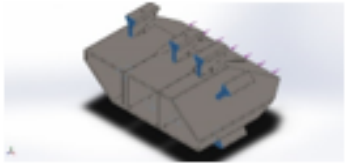
## Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m <sup>2</sup>

### Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: Alloy Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 6.20422e+08 N/m <sup>2</sup> Tensile strength: 7.23826e+08 N/m <sup>2</sup> Elastic modulus: 2.1e+11 N/m <sup>2</sup> Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7700 kg/m <sup>3</sup> Shear modulus: 7.9e+10 N/m <sup>2</sup> Thermal expansion coefficient: 1.3e-05 /Kelvin	SolidBody.1 (Boss-Extrude4)(TorpedeV2)
Curve Data: N/A		

### Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 8 face(s) Type: Fixed Geometry		
<b>Resultant Forces</b>				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.00361349	-0.00839817	-3000	3000
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 edge(s) Reference: Face< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -3000 N

### Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	6.71033 mm
Minimum element size	1.34207 mm
Mesh Quality Plot	High

### Mesh information - Details

Total Nodes	138294
Total Elements	78504
Maximum Aspect Ratio	202.01
% of elements with Aspect Ratio < 3	89.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.825
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:30
Computer name:	PHANATEK



### Resultant Forces

#### Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.00361349	-0.00839817	-3000	3000

#### Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

### Study Results

