

## TREBALL FINAL DE GRAU

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:**

OPTIMITZACIÓ DEL DISSENY DEL XASSÍS D'UNA MÀQUINA DE  
GESTIÓ DE DINERS EN EFECTIU

**Document:** 1. Memòria i Annexos

**Alumne:** Gerard Canet Descals

**Tutor:** Dr. Jordi Bayer Resplandis

**Departament:** Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

**Àrea:** Enginyeria Química

**Convocatòria:** Setembre 2019

**Índex**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>2</b>
1.1	ANTECEDENTS .....	2
1.1.1	<i>Peticionari.....</i>	2
1.1.2	<i>Entorn.....</i>	2
1.1.3	<i>Necessitats del peticionari.....</i>	2
1.2	OBJECTE DEL PROJECTE.....	3
1.3	ESPECIFICACIONS I ABAST .....	4
1.3.1	<i>Especificacions.....</i>	4
1.3.2	<i>Abast.....</i>	5
<b>2</b>	<b>SISTEMES DE GESTIÓ D'EFECTIU: CK01.....</b>	<b>6</b>
2.1	DESCRIPCIÓ I FUNCIONAMENT .....	6
2.1.1	<i>Característiques generals de la màquina.....</i>	8
2.1.2	<i>Components actius principals.....</i>	8
<b>3</b>	<b>NORMATIVA RELACIONADA AMB L'ANÀLISI DEL CICLE DE VIDA I L'ECO-DISENY.....</b>	<b>14</b>
3.1	ANÀLISI DEL CICLE DE VIDA .....	14
3.2	MÈTODES DISPONIBLES PER ANÀLISI D'ASPECTES I IMPACTES AMBIENTALS .....	15
3.3	JUSTIFICACIÓ DEL MÈTODE ESCOLLIT.....	17
3.4	ECO-INDICADOR 99.....	18
<b>4</b>	<b>MODEL ACTUAL CK01 .....</b>	<b>21</b>
4.1	DESCRIPCIÓ XASSÍS .....	21
4.1.1	<i>Dimensions i pes.....</i>	22
4.1.2	<i>Materials de fabricació.....</i>	22
4.1.3	<i>Procés de fabricació.....</i>	25
4.2	ESTUDI ECO-INDICADOR 99 CK01 .....	26
4.2.1	<i>Estudi Impacte Ambiental.....</i>	26
4.2.2	<i>Conclusions de l'estudi d'Impacte Ambiental.....</i>	28
4.3	ESTUDI ESTRUCTURAL CK01 .....	29

4.3.1	<i>Simplificació de disseny per càlcul amb Element finits</i> .....	29
4.3.2	<i>Càlcul per elements finits: Escenaris</i> .....	33
4.4	CONCLUSIONS DEL MODEL CK01 .....	38
<b>5</b>	<b>MODEL PROPOSAT CK01 EVO</b> .....	<b>40</b>
5.1	REDISSENY DEL XASSÍS .....	40
5.1.1	<i>Dimensions</i> .....	41
5.1.2	<i>Materials de fabricació</i> .....	42
5.1.3	<i>Procés de fabricació</i> .....	42
<b>6</b>	<b>ESTUDI ECO-INDICADOR 99 CK01 EVO</b> .....	<b>43</b>
6.1	ESTUDI IMPACTE AMBIENTAL CK01 EVO PROPOSTA 1 .....	43
6.1.1	<i>Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 1</i> .....	45
6.2	ESTUDI IMPACTE AMBIENTAL CK01 EVO PROPOSTA 2 .....	46
6.2.1	<i>Conclusions comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 2</i> .....	49
6.3	ESTUDI IMPACTE AMBIENTAL CK01 EVO PROPOSTA 3 .....	50
6.3.1	<i>Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 3</i> .....	53
6.4	ESTUDI IMPACTE AMBIENTAL CK01 EVO PROPOSTA 4 .....	54
6.4.1	<i>Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 4</i> .....	57
6.5	IMPACTE AMBIENTAL CK01 EVO PROPOSTA 5 .....	58
6.5.1	<i>Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 5</i> .....	61
6.6	COMPARATIVA GLOBAL CK01 - PROPOSTES .....	62
6.6.1	<i>Gràfic comparatiu CK01-Propostes CK01 EVO</i> .....	64
6.6.2	<i>Gràfic comparatiu propostes material no reciclat</i> .....	64
6.6.3	<i>Gràfic comparatiu propostes material reciclat</i> .....	65
6.7	PROPOSTES ACCEPTADES PER AL CÀLCUL ESTRUCTURAL .....	66
<b>7</b>	<b>ESTUDI ESTRUCTURAL CK01 EVO</b> .....	<b>68</b>
7.1	SIMPLIFICACIÓ DE DISSENY PER CÀLCUL AMB ELEMENT FINITS .....	68
7.2	CÀLCUL PER ELEMENTS FINITS: ESCENARIS .....	68
7.2.1	<i>Escenari 1: 500 N FORÇA LATERAL PROPOSTA 4</i> .....	69
7.2.2	<i>Escenari 2: 500 N FORÇA POSTERIOR PROPOSTA 4</i> .....	72

7.2.3	Escenari 3: 500 N FORÇA LATERAL PROPOSTA 5 .....	74
7.2.4	Escenari 4: 500 N FORÇA POSTERIOR PROPOSTA 5 .....	77
<b>8</b>	<b>COMPARATIVA ESTUDI ECO-ESTRUCTURAL CK01-CK01 EVO.....</b>	<b>80</b>
8.1	RESUM CARACTERÍSTIQUES PRINCIPALS PROPOSTA ESCOLLIDA .....	82
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>RESUM PRESSUPOST .....</b>	<b>85</b>
<b>11</b>	<b>RELACIÓ DE DOCUMENTS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANNEX A: RESULTATS ANÀLISIS D'ELEMENTS FINITS.....</b>		<b>87</b>
A.1	RESULTATS TEST CK01 AMB 500 N FORÇA LATERAL.....	88
A.2	RESULTATS TEST CK01 AMB 500 N FORÇA POSTERIOR .....	95
A.3	RESULTATS TEST CK01 EVO 3MM 500 N FORÇA LATERAL .....	102
A.4	RESULTATS TEST CK01 EVO 3MM 500 N FORÇA POSTERIOR.....	114
A.5	RESULTATS TEST CK01 EVO 2MM 500 N FORÇA LATERAL .....	126
A.6	RESULTATS TEST CK01 EVO 2MM 500 N FORÇA POSTERIOR.....	138
<b>ANNEX B: TAULES VALORS ECO-INDICADOR 99 .....</b>		<b>150</b>

**Índex de taules**

Taula 1-1 Taula d'especificacions .....	4
Taula 4-1. Propietats i composició química xapa Acer DC01 1,5 mm .....	23
Taula 4-2. Propietats i composició química xapa Acer Inox 304 1,5 mm .....	23
Taula 4-3. Propietats i composició química xapa Acer Inox 304 3 mm .....	23
Taula 4-4. Llistat de peces i espessors Font: Pròpia .....	24
Taula 4-5. Impacte ambiental tapa producció CK01 .....	26
Taula 4-6. Impacte ambiental etapa ús CK01 .....	27
Taula 4-7. Impacte ambiental etapa rebuig CK01 .....	27
Taula 4-8. Impacte ambiental global CK01 .....	28
Taula 4-9. Aspectes més influents CK01 .....	28
Taula 4-10. Resum de resultats .....	35
Taula 4-11. Resum de resultats .....	38
Taula 6-1. Impacte ambiental etapa producció proposta 1 .....	43
Taula 6-2. Impacte ambiental etapa ús proposta 1 .....	44
Taula 6-3. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 1 .....	44
Taula 6-4. Impacte ambiental global proposta 1 .....	45
Taula 6-5. Diferència % CK01-CK01 EVO proposta 1 .....	45
Taula 6-6. Impacte ambiental etapa producció proposta 2 .....	47
Taula 6-7. Impacte ambiental etapa ús proposta 2 .....	47
Taula 6-8. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 2 .....	48
Taula 6-9. Impacte ambiental global proposta 2 .....	48
Taula 6-10. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 2 .....	49
Taula 6-11. Impacte ambiental etapa producció proposta 3 .....	50
Taula 6-12. Impacte ambiental etapa ús proposta 3 .....	51
Taula 6-13. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 3 .....	52
Taula 6-14. Impacte ambiental global proposta 3 .....	52
Taula 6-15. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 3 .....	53
Taula 6-16. Impacte ambiental etapa producció proposta 4 .....	54
Taula 6-17. Impacte ambiental etapa ús proposta 4 .....	55
Taula 6-18. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 4 .....	56
Taula 6-19. Impacte ambiental global proposta 4 .....	56
Taula 6-20. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 4 .....	57
Taula 6-21. Impacte ambiental etapa producció proposta 5 .....	59
Taula 6-22. Impacte ambiental etapa ús proposta 5 .....	60
Taula 6-23. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 5 .....	60
Taula 6-24. Impacte ambiental global CK01 EVO proposta 5 .....	60
Taula 6-25. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 5 .....	61
Taula 6-26. Resultat CK01-Propostes .....	63
Taula 7-1. Resum de resultats .....	71
Taula 7-2. Resum de resultats .....	74
Taula 7-3. Resum de resultats .....	76
Taula 7-4. Resum de resultats .....	79
Taula 8-1. Resum estudi d'esforços .....	80
Taula 8-2. % de millora Propostes 4 i 5 .....	81
Taula 8-3. Resum característiques principals .....	82

**Índex de figures**

Fig 2-1. SGE CK01. Font: Cashkeeper.....	6
Fig 2-2. Detall frontal de la màquina CK01. Font: Cashkeeper .....	7
Fig 2-3. Detall d'operació amb CK01. Font: Cashkeeper .....	7
Fig 2-4. Validador de monedes v <sup>2</sup> Pelicano™. Font: Cashkeeper.....	9
Fig 2-5. Reciclador de monedes Smart Hopper. Font: Cashkeeper .....	9
Fig 2-6. Validador de bitllets NV200. Font: Cashkeeper .....	10
Fig 2-7. Reciclador de bitllets Smart Payout. Font: Cashkeeper .....	10
Fig 2-8. Placa Base Smart CK. Font: Cashkeeper.....	11
Fig 2-9. Display. Font: Cashkeeper.....	11
Fig 2-10. Calaix de recaptació de bitllets. Font: Cashkeeper .....	12
Fig 2-11. Calaix de recaptació de monedes. Font: Cashkeeper.....	12
Fig 2-12. Vistes del xassís CK01. Font: Cashkeeper.....	13
Fig 3-1 Diagrama de cicle de vida. Font: Gencat.....	14
Fig 4-1. Renderitzat CK01. Font: Pròpia .....	21
Fig 4-2. Mides CK01. Font: Pròpia .....	22
Fig 4-3. Vistes arxius STEP del xassís actual de la CK01 tancada.....	30
Fig 4-4. Xassís obert de la CK01 (esq.). Punts unió de porta i xassís (dreta).....	31
Fig 4-5. Xassís real .....	32
Fig 4-6. Xassís simplificat amb l'extracció d'elements no estructurals .....	32
Fig 4-7. Ancoratges i força lateral aplicada .....	33
Fig 4-8. Tensions de Von Misses .....	34
Fig 4-9. Desplaçament màxim.....	34
Fig 4-10. Factor de seguretat .....	35
Fig 4-11. Ancoratges i força posterior aplicada.....	36
Fig 4-12. Tensions de Von Misses .....	36
Fig 4-13. Desplaçaments .....	37
Fig 4-14. Factor de seguretat .....	37
Fig 5-1. Model proposat CK01 EVO.....	40
Fig 7-1. Ancoratges i força lateral aplicada .....	69
Fig 7-2. Tensions de Von Misses .....	70
Fig 7-3. Desplaçaments .....	70
Fig 7-4. Factor de seguretat .....	71
Fig 7-5. Ancoratges i força posterior aplicada.....	72
Fig 7-6. Tensions de Von Misses .....	72
Fig 7-7. Desplaçaments .....	73
Fig 7-8. Factor de seguretat .....	73
Fig 7-9. Ancoratges i força lateral aplicada.....	74
Fig 7-10. Tensions de Von Misses .....	75
Fig 7-11. Desplaçaments .....	75
Fig 7-12. Factor de seguretat .....	76
Fig 7-13. Ancoratge i força posterior aplicada .....	77
Fig 7-14. Tensions de Von Misses .....	77
Fig 7-15. Desplaçaments .....	78
Fig 7-16. Factor de seguretat .....	78
Fig 8-1. Renderitzat CK01 EVO .....	82

# MEMÒRIA

# 1 INTRODUCCIÓ

## 1.1 Antecedents

### 1.1.1 Peticionari

El peticionari del projecte és l'empresa Cashkeeper S.L. Està situada al carrer de la Verema 13, al Parc d'activitats econòmiques de Calonge, 17251.

### 1.1.2 Entorn

Cashkeeper S.L. es una PIME dedicada al desenvolupament i fabricació de **Sistemes de Gestió de diners en Efectiu (SGE)**, dispositius electromecànics que gestionen els pagaments i cobraments de diners en efectiu (monedes i bitllets) de manera automàtica.

Actualment l'empresa centra la seva activitat en el desenvolupament i producció de màquines i aplicacions innovadores per a la gestió de diners en efectiu en qualsevol sector de l'anomenat *Retail (venta al detall)*, ja siguin negocis d'hostaleria, restauració, farmàcia, fleca, carnisseria, xarcuteria, peixateria etc.

La empresa té clients tant en l'àmbit nacional com internacional i en els últims anys ha experimentat un creixement sostingut important.

Las normes vigents en relació a higiene alimentària (Reglament 852/2004 del Parlament Europeu i del Consell del 29 de abril de 2004 relatiu a la higiene dels productes alimentaris i el Reial Decret 109/2010, de 5 de febrer de 2010) fan dels dispositius produïts per Cashkeeper elements necessaris per al seu compliment degut a la necessitat d'evitar que es manipulin aliments a la vegada que s'entra en contacte amb monedes i bitllets.

### 1.1.3 Necessitats del peticionari

Realitzar un redisseny del xassís del model CK01 per adaptar-se als canvis del mercat, com a conseqüència de la creixent preocupació per el medi ambient per part dels clients i la pròpia empresa. Cal tenir en compte que existeix una línia de disseny definida per la empresa en la resta dels seus productes, que cal mantenir.



## **1.2 Objecte del projecte**

L'objecte principal del present projecte és el redisseny del xassís d'una màquina de gestió de monedes i bitllets model CK01, basant-lo en una premissa d'Eco-disseny, de manera que sigui més ecològic i sostenible per al medi ambient, mantenint l'actual certificat CE i minimitzant l'impacte ambiental del dispositiu durant el seu cicle de vida.

També s'espera que el redisseny comporti una reducció del pes de la màquina tot mantenint les característiques tècniques especificades per el fabricant.

## 1.3 Especificacions i abast

### 1.3.1 Especificacions

Taula 1-1 Taula d'especificacions

Concepte	Obligatori /Desitjable	Descripció
Disseny	O	El disseny haurà de seguir la línia actual de disseny de l'empresa.
Resistència mecànica	O	El xassís haurà de tenir un factor de seguretat igual o superior a l'actual model sota una càrrega de 500 N al lateral dret i 500 N a la cara posterior, amb un desplaçament màxim de 10 mm.
Impacte ambiental	O	L'impacte ambiental durant tot el cicle de vida de la màquina haurà de ser menor que l'actual.
Pes	O	El redisseny implicarà una reducció de pes de la màquina.

### 1.3.2 Abast

El projecte s'emmarca en un redisseny del xassís metàl·lic de la màquina CK01, amb un criteri d'ECO-DISSENY, és a dir, incorporant criteris ambientals en la fase de concepció i desenvolupament del producte, sumant-se als criteris tradicionals com són qualitat, costos i funcionalitat amb l'objectiu de minimitzar l'impacte ambiental en les diferents etapes implicades.

1. Definició de l'objectiu dels Eco-indicadors, en aquest cas, una comparativa entre models, actual i nova proposta.
2. Definició del cicle de vida del xassís de la màquina CK01 i el nou model.
3. Quantificació de materials i processos implicats en el cicle de vida.
4. Complementació de les taules i obtenir els valors numèrics en milipunts (MPt), obtenint els valors totals.
5. Interpretació dels resultats i conclusions.
6. Càlculs estructurals dels models segons especificacions del client.
7. Conclusions sobre els valors obtinguts.
8. Elaboració del model 3D i plànols conceptuals.

No es tenen en compte els elements electromecànics interns, ja que l'empresa els compra i no pot actuar en el disseny dels mateixos.

El projecte ha de complir tots els requisits obligatoris.

L'estudi engloba la proposta de reducció de pesos, canvis de material i optimització de geometries respecte el disseny actual. El càlcul per a complir les especificacions tècniques, mitjançant el programari Solidworks 2018 i el seu mòdul de simulació mecànica.

En referència al sistema d'avaluació ecològica, mitjançant els sistema d'Eco-indicadors per a la comparativa de la nova proposta respecte el model actual.

## 2 SISTEMES DE GESTIÓ D'EFECTIU: CK01

### 2.1 Descripció i funcionament

Un SGE és un dispositiu electromecànic que gestiona els pagaments i cobraments de diners en efectiu de manera automàtica. És un element semblant a una caixa registradora en la qual no hi ha intermediari entre el client i la caixa de cobrament, el client paga directament a la màquina i rep el canvi d'ella sense intermediari humà.



*Fig 2-1. SGE CK01. Font: Cashkeeper*

Actualment hi ha diversos fabricants d'aquest tipus de dispositius, en constant expansió des de fa uns anys, amb gran varietat de SGE per escollir, de diferents característiques i prestacions. Tot i així, la finalitat de tots ells és la mateixa: mantenir un control dels diners en efectiu automatitzant i optimitzant les transaccions monetàries, evitant desquadraments de caixa, la manipulació dels diners per part de tercers i l'error derivat de la intervenció humana.



*Fig 2-2. Detall frontal de la màquina CK01. Font: Cashkeeper*

Un SGE pot gestionar un o més tipus de divisa. Aquest realitza una exhaustiva verificació de bitllets i monedes, evitant que hi entrin monedes o bitllets falsos. Els dispositius dels que compta els SGE estan homologats per el Banc Central Europeu i tenen una fiabilitat en detecció de monedes i bitllets fraudulents del 99%. Així doncs, els SGE ajuden a combatre el frau i a eliminar del circuit comercial bitllets o monedes fraudulentes.



*Fig 2-3. Detall d'operació amb CK01. Font: Cashkeeper*

Els SGE actuals i en concret el model al que fem referència estan basats en una màquina que gestiona de manera independent tots els diners en efectiu, tant bitllets com monedes, comunicant-se amb el software de gestió de l'establiment.

El seu principi de funcionament es basa en què, un cop rebuda l'ordre del software de control de la màquina, la màquina queda habilitada per tal de que el client pugui introduir les monedes i/o bitllets a les entrades corresponents, un cop realitzada la validació de les monedes i/o bitllets, la màquina retorna la quantitat de canvi correcte en cas de que sigui necessari, d'aquesta manera no es requereix de la

intervenció de tercers per a realitzar pagaments, les transaccions es produeixen entre client i màquina.

El naixement dels SGE es relativament proper, degut a la creixent necessitat per part del mercat de millorar el control sobre les transaccions de diners en efectiu, que són a dia d'avui majoritaris. Les empreses dedicades del sector s'han vist impulsades també gràcies a les diferents normatives que han aparegut ens últims anys relacionades amb la manipulació d'aliments i el contacte amb els diners en efectiu, com el Reglament 852/2004 del Parlament Europeu i del Consell del 29 de abril de 2004 relatiu a la higiene dels productes alimentaris i el Reial Decret 109/2010, de 5 de febrer de 2010.

Les empreses dedicades a la creació, distribució i venda de sistemes de gestió d'efectiu tenen orígens diversos, la majoria d'ells provinents del món de la informàtica, dedicades a la creació de programes de gestió d'establiments, del món de la banca i del món del *gaming*.

### **2.1.1 Característiques generals de la màquina**

Actualment la CK01 és la màquina més compacta del mercat en la seva categoria, ocupant un espai útil de mostrador menor a 0,059 m<sup>3</sup>, essent un element molt important per al comprador d'aquest tipus de dispositiu.

La màquina està formada per un xassís (el principal element d'estudi) i diversos components electromecànics que s'acoblen i gestionen de manera intel·ligent mitjançant una placa base (PCB) dissenyada i programada per Cashkeeper.

### **2.1.2 Components actius principals**

- Validador de monedes: La seva funció consisteix en validar las monedes que entren per l'obertura superior. En cas de ser considerades autèntiques (mitjançant sensors de gruix i material) passen al següent nivell, el reciclador de monedes.



Fig 2-4. Validador de monedes v<sup>2</sup> Pelicano™. Font: Cashkeeper

- Reciclador de monedes: La seva missió és acumular monedes de totes les denominacions per poder-les tornar en les transaccions en les que sigui necessari tornar canvi. També és el component encarregat d'enviar les monedes al calaix de recaptació. Degut a que emmagatzema monedes, compta amb un bombí de seguretat per evitar-ne l'extracció sense autorització.



Fig 2-5. Reciclador de monedes Smart Hopper. Font: Cashkeeper

- Validador de bitllets: La seva funció consisteix en validar els bitllets que s'introdueixen a la màquina. En cas de ser autèntics, passen al següent nivell, el reciclador de bitllets.



*Fig 2-6. Validador de bitllets NV200. Font: Cashkeeper*

- Reciclador de bitllets: La seva funció consisteix en acumular els bitllets de totes les denominacions introduïdes per tal de poder-los retornar de canvi en cas de que sigui necessari. També és l'encarregat d'enviar els bitllets al calaix de recaptació.



*Fig 2-7. Reciclador de bitllets Smart Payout. Font: Cashkeeper*



- PCB: Es el cervell de la màquina. La seva funció principal consisteix en controlar el funcionament de tots els dispositius, enviant les ordres a executar en el moment precís per tal de que totes les transaccions s'executin sense error.



*Fig 2-8. Placa Base Smart CK. Font: Cashkeeper*

- Display: La seva tasca principal consisteix en informar en tot moment a l'usuari (ja sigui empleat o client) de l'estat de les transaccions. Informa a l'usuari de la quantitat de diners a introduir i la quantitat de canvi a retornar per part del dispositiu, així com d'altres accions gestionades directament per la màquina sense intervenció per part de l'usuari.



*Fig 2-9. Display. Font: Cashkeeper*

- **Calaix de recaptació de bitllets i monedes:** La seva funció consisteix en emmagatzemar les monedes i bitllets que es troben fora del circuit de reciclatge, és a dir, tots aquells bitllets i monedes que no es faran servir per a la devolució de canvi. Aquests compten amb un bombí de seguretat per tal d'evitar que es puguin extreure els diners sense la corresponent clau.



*Fig 2-10. Calaix de recaptació de bitllets. Font: Cashkeeper*



*Fig 2-11. Calaix de recaptació de monedes. Font: Cashkeeper*

- **Xassís:** El xassís és l'estructura que dóna forma a la màquina, aporta rigidesa al conjunt i sosté els diferents dispositius que la formen.

Proporciona també la protecció necessària al conjunt de components i permet la interacció màquina-usuari.



*Fig 2-12. Vistes del xassís CK01. Font: Cashkeeper*

### 3 NORMATIVA RELACIONADA AMB L'ANÀLISI DEL CICLE DE VIDA I L'ECO-DISSENY

Seràn elements d'ajuda les diferents normatives ISO, 14040, 14042, 14044, 14006. Aquestes normatives estableixen, principalment, els principis, marc de referència, requisits i directrius per a la realització d'un anàlisi del cicle de vida (ACV), així com les directrius per a la incorporació de l'eco-disseny a nivell de procediments a seguir per tal d'aconseguir productes de qualitat, funcionals, segurs i més respectuosos amb el medi ambient.

#### 3.1 Anàlisi del cicle de vida

L'anàlisi del cicle de vida és una eina per a determinar l'impacte ambiental d'un producte al llarg de tot el seu cicle de vida, des de la producció de les matèries primeres fins a la seva eliminació i posterior tractament. És molt important que sigui ben plantejat des d'un inici, identificant de manera clara les entrades de materials, energia i les sortides en forma d'emissions i residus.

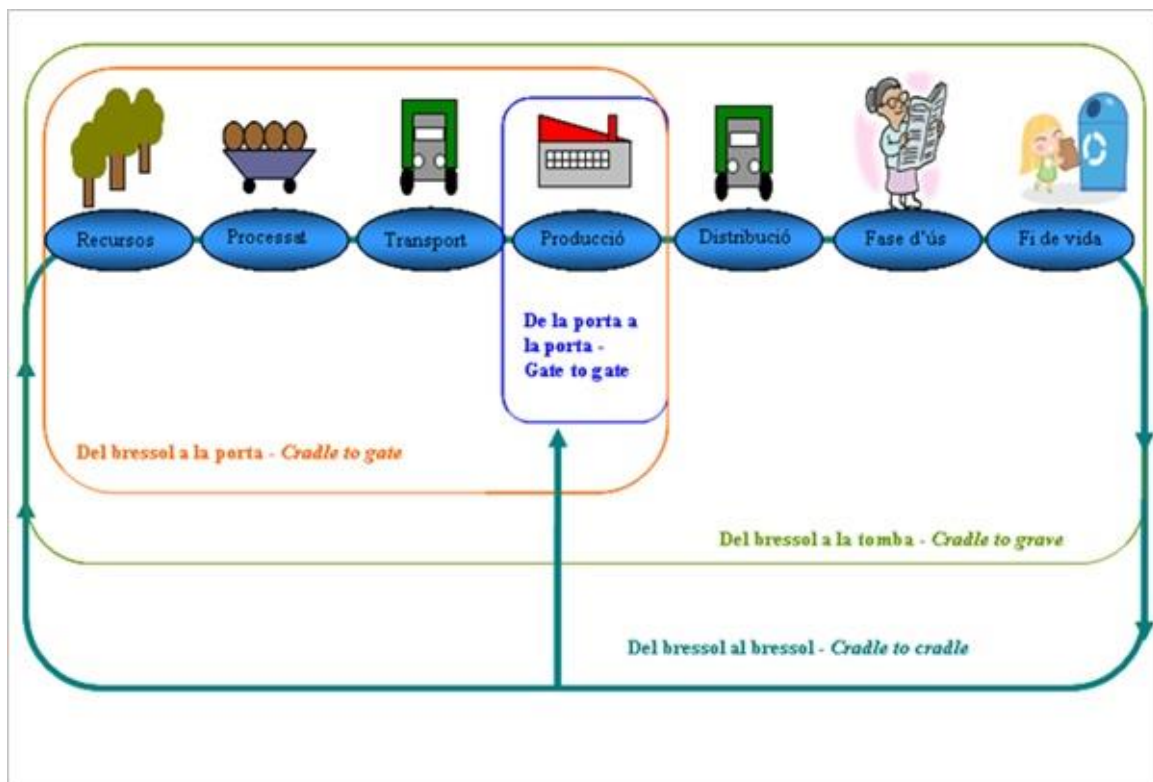


Fig 3-1 Diagrama de cicle de vida. Font: Gencat

## 3.2 Mètodes disponibles per anàlisi d'aspectes i impactes ambientals

Tots els mètodes d'anàlisi d'impacte ambiental es basen en l'anàlisi del cicle de vida complet del producte. L'element comú en tots ells es la realització de l'anàlisi del cicle de vida per poder-ne determinar les etapes i materials més perjudicials, així com una correcta acotació del sistema a estudiar. En el nostre cas, el xassís de la CK01 és el component de la màquina que té més pes i en el que es pot actuar en el seu redisseny, ja que depèn de l'empresa 100%.

S'entén com a aspecte ambiental segons la ISO14001, "*element de les activitats, productes o serveis d'una organització que pot interactuar amb el medi ambient.*" Són aspectes ambientals el consum de materials, energia, aigua, generació d'emissions atmosfèriques, generació de residus perillosos etc. Són accions sobre el medi ambient que poden provocar una sèrie de conseqüències, els impactes ambientals.

S'entén com a impacte ambiental, segons la ISO 14001, "*qualsevol canvi del medi ambient, sigui advers o beneficiós, resultat completa o parcialment de les activitats, productes i serveis d'una organització.*" És a dir, són les conseqüències de tots els aspectes ambientals. Són impacte ambiental l'efecte hivernacle, la reducció de la capa d'ozó, Smog, pluja àcida, efectes sobre la salut humana, contaminació de l'aigua etc.

Existeixen, entre d'altres, tres tipus de mètodes per a l'anàlisi d'aspectes i impactes ambientals:

- **Matrius MET:**

És un mètode qualitatiu o semi-qualitatiu que permet obtenir una visió global de les entrades i sortides en cada etapa del cicle de vida del producte. És un mètode poc precís que es basa en coneixements ambientals i no en xifres quantificables.

S'utilitza mitjançant taules on es recullen les entrades de material, consumibles etc. de cada etapa del cicle de vida (M), ús d'energia utilitzada necessària en cada una d'aquestes etapes (E) i finalment les sortides en

forma d'emissions, abocaments, residus (T) generats en cada una de les respectives etapes del cicle de vida del producte tractat.

Es recomana l'ús de les matrius MET quan es comença a treballar en l'Eco-disseny, per a obtenir una visió global dels aspectes ambientals prioritaris i com a recopilació de dades per al futur ús d'eco-indicadors o un software de càlcul d'anàlisi del cicle de vida, essent doncs una eina preparatòria per a utilitzar posteriorment un mètode més precís.

- **Eco-indicadors:**

És un mètode quantitatiu més precís que les matrius MET on els aspectes ambientals del cicle de vida del producte queden quantificats mitjançant mil·lipunts (mPt), les unitats de mesura pròpies dels Eco-indicadors. D'aquesta manera és més fàcil identificar aquells aspectes més perjudicials. Els Eco-indicadors són el resultat d'un projecte desenvolupat per diverses empreses de diferents sectors industrials. El seu objectiu és avaluar els danys sobre la salut humana, l'ecosistema i els recursos naturals provocats per l'activitat industrial. Els impactes escollits, a nivell genèric, van ser l'efecte hivernacle, la reducció de la capa d'ozó, la pluja àcida, la reducció de recursos naturals disponibles, la reducció de la biodiversitat i l'smog. Una vegada analitzada la relació de les diferents activitats industrials amb els impactes escollits, s'elaboren unes taules amb diferents valors numèrics que expressen l'impacte ambiental en funció de la quantitat o el volum de cada material o procés involucrat en el desenvolupament d'un producte.

Un cop recopilada tota la informació necessària per l'ús d'Eco-indicadors es pot identificar quin dels aspectes i en quina fase de la vida del producte es produeixen els aspectes més perjudicials, ja que comptaran amb un resultat numèric major a la resta.

Es recomana l'ús d'Eco-indicadors si no es vol o no es pot utilitzar software específic, sempre que els processos i materials implicats en el cicle de vida d'un producte comptin amb Eco-indicadors específics on poder-los incloure. També es recomana el seu ús quan es vulgui fonamentar el tractament d'aquells processos, materials etc. més perjudicials quantitativament.

- **Software de càlcul de cycle de vida (Life Cycle Assessment):**

Genèricament les eines de software dedicades a l'anàlisi del cycle de vida s'anomenen LCA. Es basa en el mètode quantitatiu per a determinar aquelles etapes, materials i processos més perjudicials. Permet la realització d'anàlisis de cycle de vida de productes més complexes així com la realització de múltiples iteracions de manera senzilla. Requereix de bases de dades molt àmplies per tal d'arribar a nivells de precisió més elevats. Programes com *SimaPro*, *Eco-it*, *Idemat* etc. són alguns dels més destacats. Hi ha diversos nivells de complexitat de manipulació segons el grau de precisió al que es vulgui arribar.

Es recomana el seu ús quan es vulguin fer comparacions entre alternatives de productes del mateix tipus quantitativament, quan el producte a analitzar sigui molt complex o quan s'hagin de realitzar anàlisis de forma periòdica.

Els tres mètodes descrits tenen diferents propòsits segons l'exactitud i facilitat de tractament del producte a analitzar. Des d'un punt de vista bàsicament orientatiu no quantificat (matrius MET), passant per valors quantitatius per a productes relativament complexos (Eco-indicadors), fins als software LCA per a elements de gran complexitat que requereixen de gran exactitud i diverses iteracions de càlcul.

### 3.3 Justificació del mètode escollit

Analitzant les avantatges i els inconvenients de cada un dels tipus d'eines existents per a l'anàlisi del cycle de vida i per tal de quantificar l'impacte ambiental derivat de l'existència del sistema de gestió d'efectiu CK01, es farà ús dels Eco-indicadors, concretament, ***l'Eco-indicador 99***.

S'ha escollit aquest mètode perquè permet donar una valoració numèrica de manera simple, permetent identificar aquelles etapes a millorar per tal de reduir els impactes ambientals. També facilita la futura comparació entre models de manera clara, un dels objectius principals del present projecte. D'altra banda el model a estudiar encaixa, fent petites apreciacions, amb els Eco-indicadors sobre materials i processos de fabricació recollits dins l'Eco-indicador 99. El grau de precisió

requerit, la necessitat de quantificar numèricament els indicadors implica que les matrius MET no siguin adequades degut a la seva simplicitat ja que estan més orientades a fer una valoració general de caràcter qualitatiu.

D'altra banda, l'elevat preu de les llicències de software LCA impossibiliten l'ús d'aquest tipus de programes per a l'estudi que es vol realitzar. D'haver estat possible l'accés a un d'aquests programes, se n'hauria fet ús per al present estudi, ja que faciliten les tasques de càlcul i la possibilitat de realitzar diferents iteracions.

L'elecció de l'Eco-indicador 99, en tractar-se d'un procés manual, permet una comprensió immediata de les implicacions que tenen a nivell quantitatiu totes i cada una de les etapes implicades en l'elaboració d'un producte, els materials utilitzats per a la seva producció, així com transport i ús del producte a estudiar.

### **3.4 Eco-Indicador 99**

Mitjançant l'Eco-Indicador 99 és possible l'anàlisi quantitatiu de les càrregues ambientals de determinats productes durant el seu cicle de vida.

L'Eco-Indicador 99 té com a objectiu avaluar els danys sobre la salut humana, la qualitat del medi ambient i sobre els recursos naturals provocats per l'activitat industrial. Durant la seva concepció els impactes escollits sobre la salut humana van ser la reducció de capa d'ozó, el canvi climàtic, els efectes cancerígens, els efectes respiratoris i la radiació ionitzant. Sobre la qualitat del medi ambient els impactes escollits van ser l'eco-toxicitat, l'acidificació, l'eutrofització i l'ús del sòl. Per últim, referent als recursos naturals s'inclou l'energia extra necessària per a l'extracció de minerals i recursos fòssils de menor qualitat. Queden inclosos en les tres categories de danys anteriors el nombre i la duració de les malalties, els anys de vida perduts degut a morts prematures, l'efecte sobre la diversitat d'espècies i la disminució de recursos naturals. L'Eco-Indicador 99 és plenament compatible amb la ISO 14042, dedicada a l'anàlisi dels impactes durant el cicle de vida d'un producte, ja que compleix amb els requisits establerts en aquesta normativa. No és l'objectiu de l'Eco-Indicador 99 fer comparatives obertes al públic sobre quin producte és més o menys perjudicial per al medi, sinó poder fabricar productes més compatibles amb el medi ambient.



El valor propi de càlcul de l'Eco-Indicador 99 són els milipunts, quant més elevat és aquest valor, major és l'impacte ambiental associat a l'Eco-Indicador en qüestió. Per aconseguir el resultat en mPt, és multiplica la quantitat associada al procés definit (kg, kms etc.) pel valor de l'Eco-Indicador en qüestió.

A nivell intern, l'Eco-Indicador és subdivideix en 5 categories:

1. **Materials:** Inclou la producció del material, els processos per a la seva obtenció, des de l'extracció de les matèries primeres fins a la seva elaboració final. Queden inclosos els processos de transport relacionats amb l'obtenció i producció del material. No inclou la creació de la maquinària necessària per a realitzar tot el procés d'obtenció i producció del material. És calcula a partir dels kilograms de material necessaris per a la producció del model en qüestió.
2. **Processos de producció:** Processos associats al processament dels materials per a l'obtenció del producte a analitzar. Inclou les emissions dels processos de producció i la generació d'energia.
3. **Transport:** Inclou l'impacte de les emissions causades per l'extracció i producció de combustible, així com la generació d'energia creada per el combustible durant el transport. És calcula en tones per km o m<sup>3</sup> per km. Pot ser transport per carretera, per ferrocarril o transport aeri.
4. **Energia:** Inclou l'extracció i la producció de combustibles. Per a l'electricitat es diferencia entre alt voltatge, baix voltatge. També es recullen les diferències per a la producció d'energia dels diferents països de la Unió Europea.
5. **Processat de residus i reciclatge:** Inclou diferents rangs de valors segons el tipus de final de vida que se li dona al producte. Es considera la possibilitat de reciclatge (complert o parcial), incineració i disposició en abocadors controlats. En aquesta última categoria, poden aparèixer valors en mPt negatius, ja que el reciclatge pot implicar que no s'hagi d'extreure material en net i per tant s'eviti l'impacte derivat de l'obtenció d'aquest.

El procediment a seguir per a l'ús de l'Eco-Indicador 99 és:

1. **Definició del propòsit del càlcul dels Eco-Indicadors:** Comparativa entre el model actual CK01 i el nou disseny.
2. **Definició del cicle de vida:** Des de l'obtenció del material necessari per a la producció dels models a analitzar, passant pels processos de producció, transport, ús d'energia i finalment disposició o reciclatge de les seves parts i components, concentrant-se en l'anàlisi del xassís com a element a analitzar exhaustivament.
3. **Quantificació dels processos i materials** implicats en tot el cicle de vida definit anteriorment.
4. **Trasllat de les dades** obtingudes a les taules de resultats.
5. **Interpretació dels resultats** i conclusions.

## 4 MODEL ACTUAL CK01

### 4.1 Descripció xassís

El disseny actual del xassís de la màquina CK01 no encaixa amb la línia de disseny que actualment segueix l'empresa, de caire més aviat minimalista. L'actual disposició dels dispositius que formen el xassís implica que aquest tingui una forma complexa que requereix de processos de producció costosos i que requereixen d'un percentatge d'habilitat manual important.

L'actual disseny presenta un gran nombre de plegats de diferents inclinacions, així com un gran nombre d'unions soldades per tal d'encaixar els subcomponents que el formen entre si, que aporten rigidesa al conjunt. Degut al gran nombre d'operacions més aviat manuals i poc estandarditzades, el xassís presenta una sèrie de problemes relacionats amb les toleràncies de fabricació.

Per la seva banda, l'acabat exterior del xassís no encaixa amb els altres models de l'empresa, ja que és un acabat texturat de color negre.



Fig 4-1. Renderitzat CK01. Font: Pròpia

#### 4.1.1 Dimensions i pes

A la Fig 4-2 apareixen les dimensions globals del model CK01 en mm.

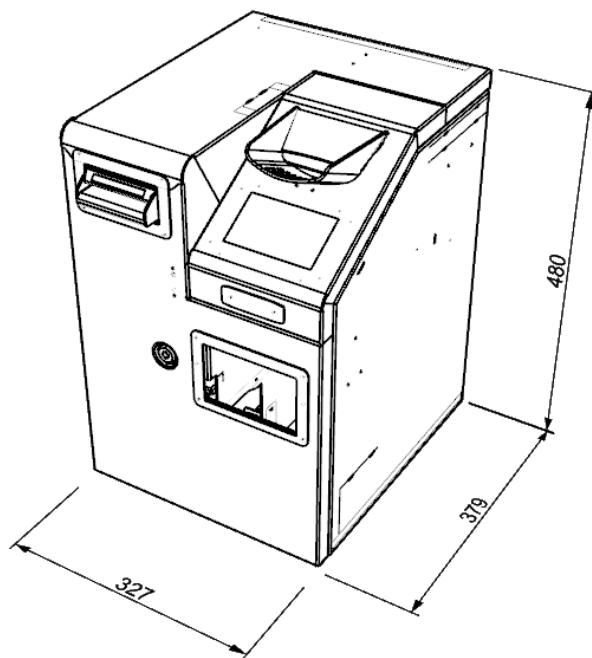


Fig 4-2. Mides CK0. Font: Pròpia

El pes de la màquina amb tots els seus elements funcionals és de 30 kg. El xassís té un pes de 21,05 kg. En conseqüència representa un 71,6% del total de la màquina, un percentatge molt important.

#### 4.1.2 Materials de fabricació

El xassís de la màquina està format per dos tipus de metalls, xapa d'acer DCO1 laminada en fred i xapa d'acer inoxidable 304L laminada en fred. Hi ha peces d'acer DC01 d'espessor 1,5 mm mentre que les peces d'acer inoxidable 304 tenen espessor 1,5 mm i 3 mm. També hi ha una petita part de peça petita fabricada en metacrilat de diferents espessors.

En les taules Taula 4-1, Taula 4-2, Taula 4-3 es mostren les propietats i composicions dels diferents materials. La Taula 4-4 mostra el tipus de materials i espessors de cada component del xassís.

- Propietats xapa d'acer DC01 laminat en fred 1,5 mm espessor:

Taula 4-1. Propietats i composició química xapa Acer DC01 1,5 mm

<b>Re (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rm (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>Lo</sub> (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>Mn (%)</b>	<b>Si (%)</b>	<b>P (%)</b>
226	229	37	0,026	0,204	0,005	0,009
<b>S (%)</b>	<b>Al (%)</b>	<b>Cr (%)</b>	<b>Ni (%)</b>	<b>Nb (%)</b>	<b>V (%)</b>	<b>Ti (%)</b>
0,007	0,040	0,038	0,002	0,002	0,001	0,001

- Propietats xapa d'acer inox 304 laminat en fred 1,5 mm espessor:

Taula 4-2. Propietats i composició química xapa Acer Inox 304 1,5 mm

<b>Re (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rm (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>Lo</sub> (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>Mn (%)</b>
205	515	40	0,08	2
<b>Si (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>S (%)</b>	<b>Cr (%)</b>	<b>Ni (%)</b>
0,75	0,045	0,015	19	9

- Propietats xapa d'acer inox 304L laminat en fred 3 mm espessor:

Taula 4-3. Propietats i composició química xapa Acer Inox 304L 3 mm

<b>Re (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rm (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>Lo</sub> (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>Mn (%)</b>
205	515	40	0,08	2
<b>Si (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>S (%)</b>	<b>Cr (%)</b>	<b>Ni (%)</b>
0,75	0,045	0,015	19	9

- Relació de peces, material i espessor:

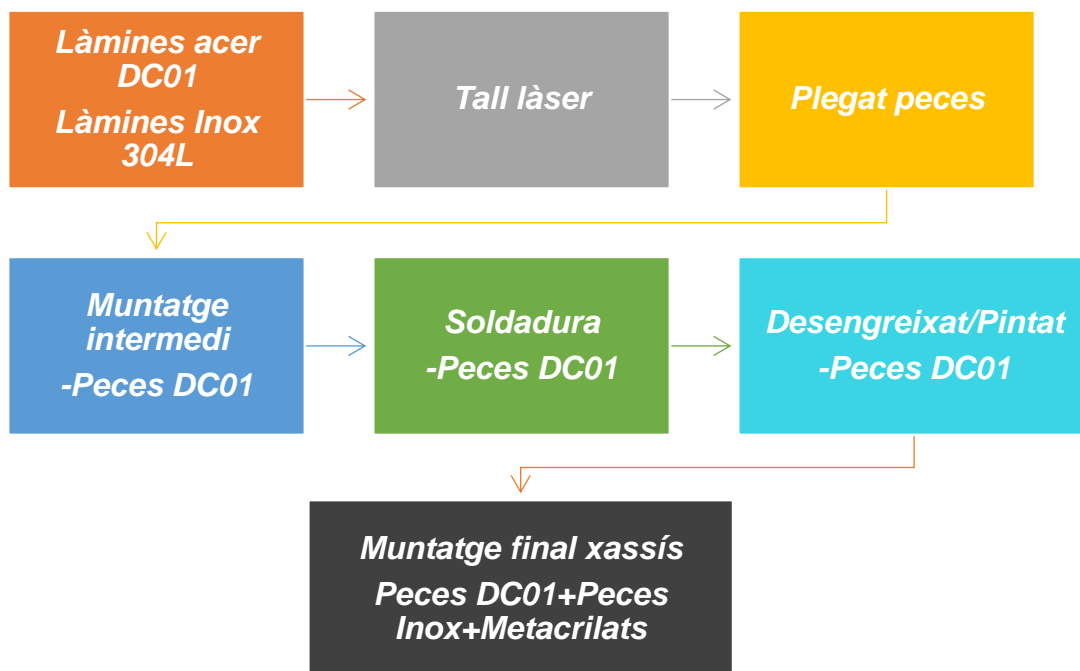
Taula 4-4. Llistat de peces i espessors Font: Pròpia

Referència	Quantitat	Material	Espessor (mm)
Estructura xassís	1	Acer DC01	1,5
Base fixació xassís	1	Acer DC01	1,5
Conjunt porta	1	Acer DC01	1,5
Calaix monedes	1	Acer DC01	1,5
Base PCB	1	Acer DC01	1,5
Tapa PCB	1	Acer DC01	1,5
Porta nivell 2	1	Acer DC01	1,5
Base SPO	1	Acer DC01	1,5
Màscara Pelicano	1	Acer DC01	1,5
Allotjament Ethernet	1	Acer DC01	1,5
Allotjament switch	1	Acer DC01	1,5
Embellidor monedes	1	Acer Inox 304L	1,5
Marc entrada monedes	1	Acer Inox 304L	3
Embellidor bitllets	1	Acer Inox 304L	1,5
Rampa entrada monedes	1	Acer Inox 304L	3
Topall intern	1	Acer Inox 304L	3
Recull monedes	1	Acer Inox 304L	1,5
Logotip	1	Acer Inox 304L	1,5
Rampa interna entrada	1	Acer Inox 304L	1,5
Metacrilat Entrada Monedes	1	PMMA	3
Metacrilat Display	1	PMMA	1,5
Metacrilat Recull-monedes	1	PMMA	5

### 4.1.3 Procés de fabricació

El procés de fabricació del xassís del model actual de CK01 és un procés laboriós amb un alt percentatge de treball manual. S'inicia amb l'arribada de les làmines de material (DC01-INOX304L) que s'introdueixen a la màquina de tall làser. Un cop es tenen les peces tallades, es procedeix a l'etapa de plegat d'aquelles peces que ho requereixin constructivament. En aquest punt es procedeix a un muntatge intermedi de les peces que formaran l'estructura del xassís, en aquest cas, totes d'acer DC01, per poder ser soldades posteriorment. El procés de soldadura és un punt crític donada la complexitat de formes de l'actual xassís. Un cop soldades les peces de l'estructura, s'agrupen totes les peces d'acer DC01 i passen un procés de desengreixat alcalí i pintat. Finalment, es procedeix al muntatge complet del xassís, assemblant les peces interiors d'acer DC01 i les INOX 304L a l'estructura ja acabada.

Il·lustració 4-1. Resum procés de fabricació del xassís CK01 Font: Pròpia



## 4.2 Estudi Eco-Indicador 99 CK01

El càlcul d'impacte ambiental mitjançant l'Eco-Indicador 99 inclou 3 etapes que cal respectar per tal de que els resultats siguin fidedignes. Tal com s'ha justificat a l'apartat 3.3, s'ha aplicat aquesta metodologia per tal de definir els aspectes ambientals més perjudicials de l'actual disseny del xassís de la màquina CK01.

### 4.2.1 Estudi Impacte Ambiental

Per a l'estudi de l'impacte ambiental en l'etapa de producció s'han tingut en compte els materials de fabricació, els processos de producció per a l'obtenció del xassís i el transport des del proveïdor del xassís fins a Cashkeeper. Tanmateix, per a l'estudi de l'impacte ambiental en l'etapa d'ús s'ha tingut en compte el material usat per a l'embalatge i el transport des de Cashkeeper fins a la central de distribució de producte acabat. Finalment per al càlcul de l'impacte ambiental de l'etapa de rebuig s'ha tingut en compte el processat de final de vida de tots els materials implicats en les anteriors etapes.

#### Etapa 1: Producció

Taula 4-5. Impacte ambiental tapa producció CK01

<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Acer baix aliatge DC01	19,316 kg	110	2124,787
Acer alt aliatge INOX 304L	1,634 kg	910	1487,358
Plàstic PMMA <sub>(1)</sub>	0,096 kg	510	49,153
Corbat DC01 <sub>(2)</sub>	22,628 m	0,00008	0,00181
Corbat INOX 304L <sub>(2)</sub>	1,215 m	0,00011	0,0001336
Tall/Estampació DC01	56085,525 mm <sup>2</sup>	0,00006	3,365
Tall/Estampació INOX 304L	13009,520 mm <sup>2</sup>	0,000086	1,119
Emmotllament per injecció PMMA <sub>(3)</sub>	0,096 kg	44	4,241
Soldadura forta DC01	0,001043 kg	4000	41,739
Desengreixat Alcalí	0,019 Tn	746	14,410
Pintat DC01 <sub>(4)</sub>	-	-	-
Camión < 3,5 Tn	12,850 Tnkm	140	1799,000
<b>TOTAL</b>			<b>5525,173</b>



Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 5525,173 mPt.

L'etapa on el disseny té un pes específic més important és l'etapa de producció, ja que implica la manera de produir el xassís, englobant els processos de producció associats i els materials implicats en la seva fabricació.

- **Etapa 2: Ús**

Taula 4-6. *Impacte ambiental etapa ús CK01*

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	5,398 Tnkm	140	755,698
Espuma de Polietilè LDPE	0,800 kg	360	288,000
Cartró embalatge	1,800 kg	69	124,200
<b>TOTAL</b>			<b>1167,898</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 1167,898 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

Taula 4-7. *Impacte ambiental etapa rebuig CK01*

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	19,316 kg	-70	-1352,137
Reciclat INOX 304L	1,634 kg	-70	-114,412
Reciclat cartró	1,800 kg	-8,3	-14,940
Incineració espuma LDPE	0,800 kg	-19	-15,200
Reciclat plàstic PMMA <sub>(5)</sub>	0,096 kg	-170	-16,384
<b>TOTAL</b>			<b>-1513,074</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -1513,074 mPt. És un valor negatiu ja que el mètode considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

Taula 4-8. Impacte ambiental global CK01

FASE	RESULTAT mPt
PRODUCCIÓ	5525,173
ÚS	1167,898
REBUIG	-1513,074
<b>TOTAL</b>	<b>5179,997</b>

Per tant, l'impacte ambiental associat a tot el cicle de vida de la màquina CK01 és de **5179,997 mPt**.

Consideracions de càlcul:

- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir propietats similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

#### 4.2.2 Conclusions de l'estudi d'Impacte Ambiental

Després de realitzar els càlcul d'impacte ambiental de l'actual disseny els principals aspectes a tractar són els indicats a la següent taula:

Taula 4-9. Aspectes més influents CK01

Material o procés	Quantitat	Indicador	Resultat (mPt)
Acer baix aliatge DC01	19,316 kg	110	2124,787
Acer alt aliatge INOX 304L	1,634 kg	910	1487,358
Camió < 3,5 Tn	12,850 Tnkm	140	1799,00

Tots els factors indiquen que la quantitat de material utilitzat és determinant per a la quantificació dels aspectes ambientals. Per tant caldrà dur a terme una reducció de pes dels materials de fabricació, dissenyant l'estructura del xassís de manera que s'aconsegueixi una reducció de l'ús d'acer DC01, acer INOX 304 i en

conseqüència l'impacte ambiental relacionat amb l'etapa de producció i d'us del xassís. Es valorarà l'eliminació de processos de producció i la introducció de nous materials de fabricació per tal de facilitar el descens de l'impacte ambiental.

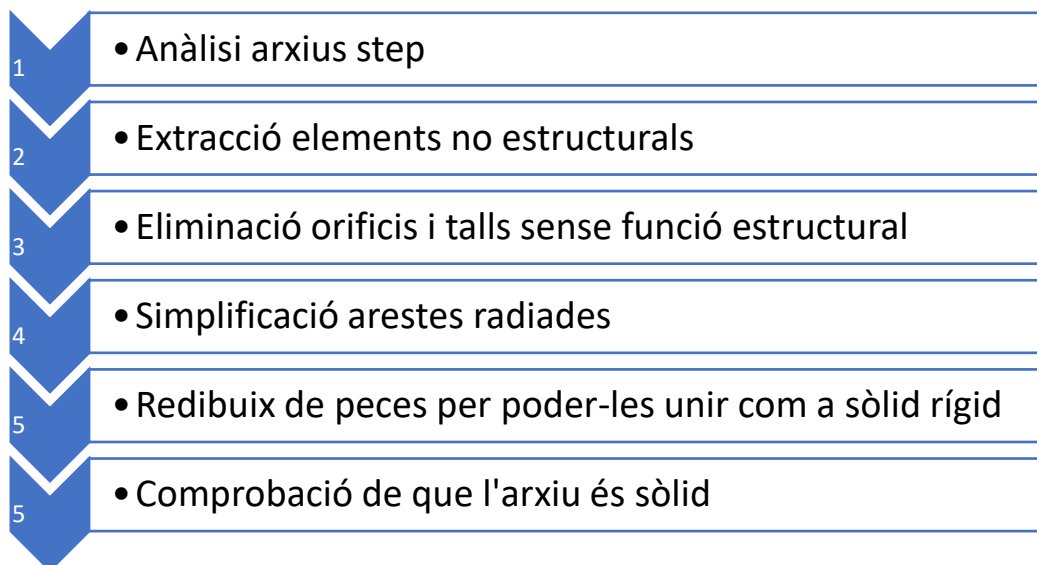
### 4.3 Estudi Estructural CK01

L'empresa disposava d'arxius en format .step, d'on no s'havia fet cap tipus de càlcul de deformació. Els arxius estaven destinats a ser el 3D base del proveïdor per a la fabricació dels components de xapa.

El càlcul estructural del model actual és bàsic per poder tenir una comparativa de la versió evolucionada, per això s'ha hagut de redibuixar i simplificar completament el xassís per tal de formar una arxiu susceptible de ser mallat i calculat de manera fidedigne.

#### 4.3.1 Simplificació de disseny per càlcul amb Element finits

Donada la complexitat de l'estructura i el nombre elevat de components i unions és necessària una simplificació en els arxius per a què el procés de mallat sigui favorable. El procés ha estat el següent:

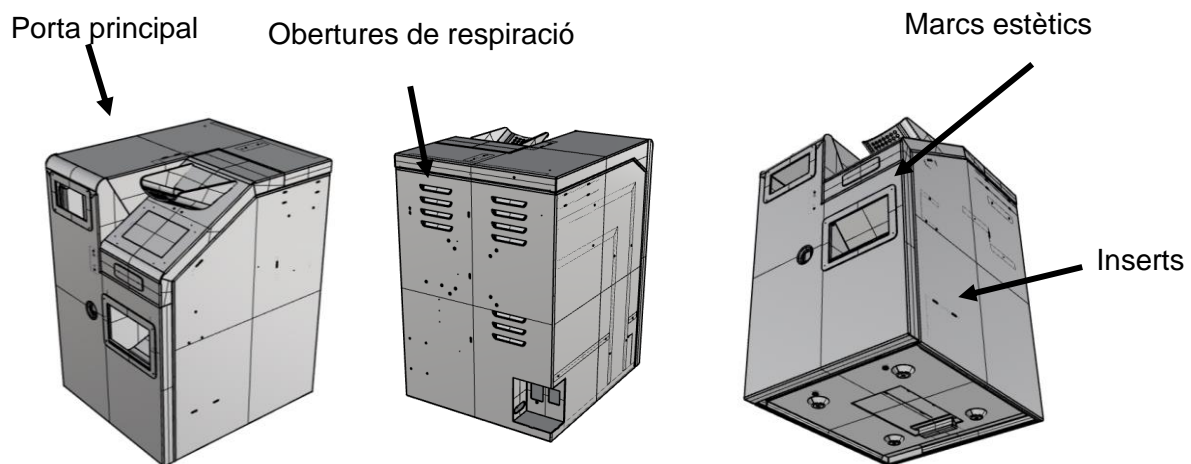


S'han considerat varies opcions i finalment aquests són els criteris que s'han tingut en compte per aconseguir un mallat viable per simular:

- Omplir els petits orificis on s'uneixen els cargols.

- Eliminar obertures de respiració.
- Els cargols no es consideren i es fan unions rígides cilíndriques.
- Unificar en un sòl sòlid tots els elements estructurals que es solden de manera individual.
- Evitar les cantonades arrodonides i intentar transformar-les en rectes.

La màquina CK01 està ancorada a la seva base mitjançant quatre orificis pels que s'introdueixen cargols passants. Tota l'estructura, envoltant inferior, lateral i posterior s'uneix a la base. No obstant, la porta principal que engloba la part frontal i superior, queda unida al xassís base mitjançant un braç articulat central, i dos eixos a la part posterior. Degut a que aquesta estructura és mòbil, no està unida rígidament al xassís base i té un cert joc, s'ha considerat descartar-la de l'anàlisi estructural, assumint que el càlcul és també el més desfavorable.



*Fig 4-3. Vistes arxius STEP del xassís actual de la CK01 tancada*

Com s'observa a la Fig 4-3. Vistes arxius STEP del xassís actual de la CK01 tancada hi ha multitud de forats, obertures, inserts i peces externes que no aporten una funció estructural al càlcul. L'arxiu està format per un nombre de peces individuals sense poder-les unir en un sòlid adequat per mallar i calcular.

La part interior també està formada per nombroses peces muntades.

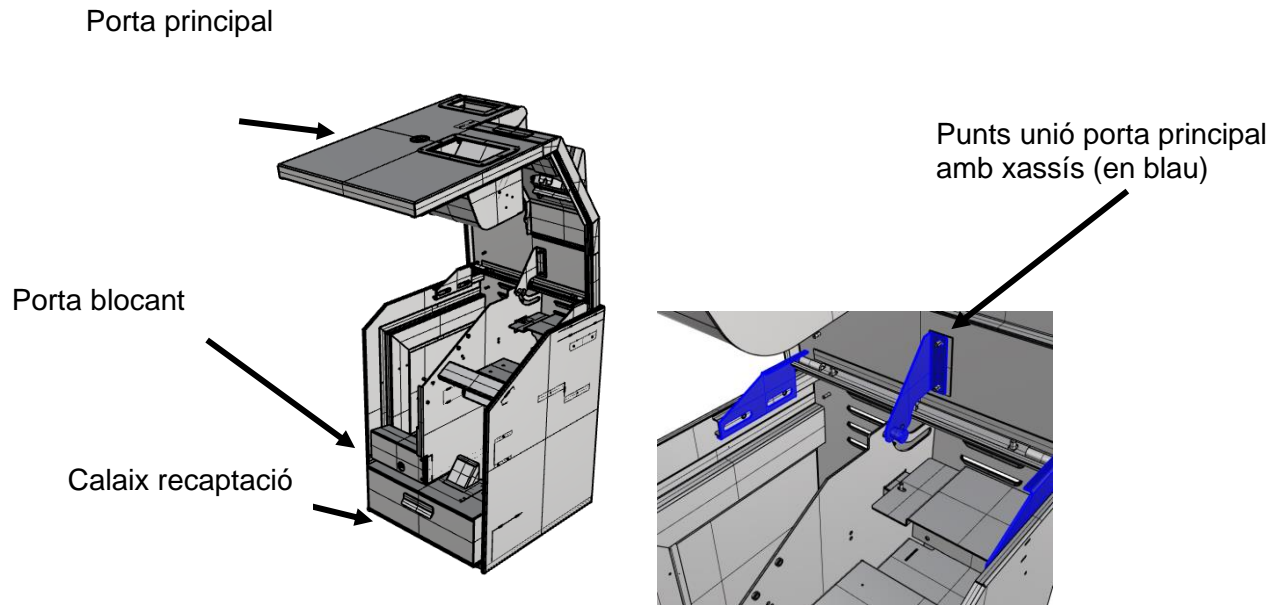


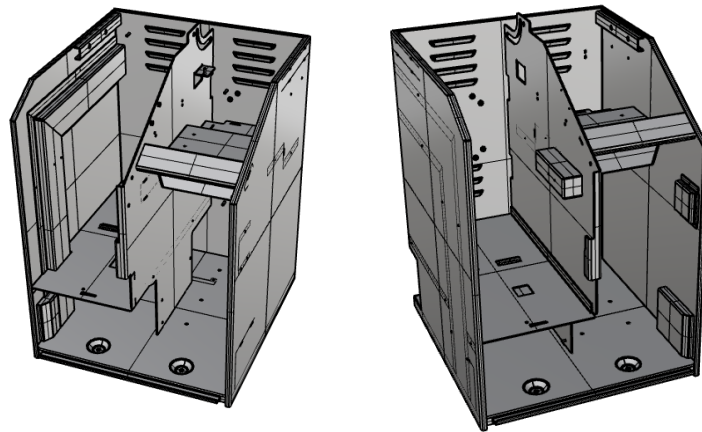
Fig 4-4. Xassís obert de la CK01 (esq.). Punts unió de porta i xassís (dreta)

La porta principal té una funció d'obertura i tancament de la màquina i s'obre i tanca amb un moviment lineal d'uns 6 cm i una rotació sobre 2 eixos posteriors laterals. Queda blocada un cop oberta per un petit passador a la part central. Malgrat que té la missió de tancament de tota la màquina per evitar furtus, la seva funció a nivell de càlcul estructural és discreta. Els seus punts d'unió són els eixos, un passador i una lleva.

Com a conclusió, per a la simulació estructural, es considera només l'estructura base que és la que s'uneix mitjançant 4 cargols al mostrador.

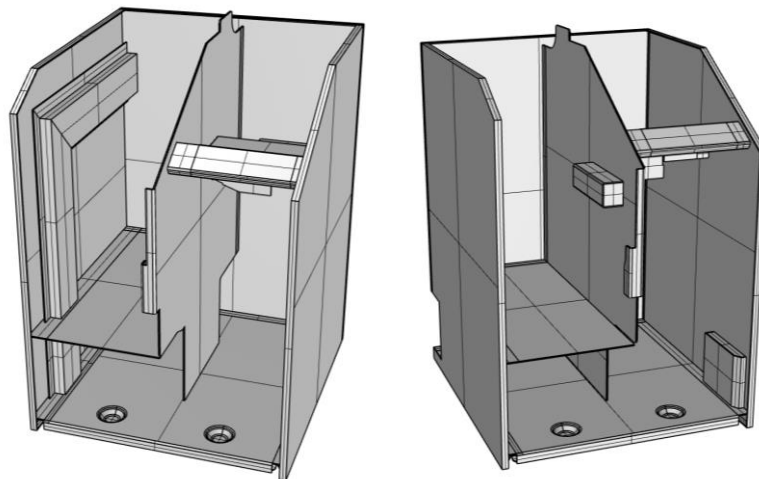
Es menysprea la porta i els elements que s'extreuen i no estan units de manera fixa al xassís: el calaix de recaptació i algunes tapes que suporten les plaques.

El model 3D del xassís sense porta i pendent de simplificar, queda visualitzat a la Fig 4-5.



*Fig 4-5. Xassís real*

Un cop extrets els elements no estructurals, s'ha procedit a fer el sòlid amb les mínimes obertures possibles, tancant els orificis estètics, simplificant radis, aconseguint tancar-lo. Tot aquest procés s'ha dut a terme amb el programa Rhinoceros. La Fig 4-6 mostra la versió que s'ha simplificat per poder ésser mallada i calculada amb el programa Solidworks Simulation.



*Fig 4-6. Xassís simplificat amb l'extracció d'elements no estructurals*

### 4.3.2 Càlcul per elements finits: Escenaris

S'utilitza el programa Solidworks, versió 2017-2018 amb el complement Simulation. És el complement d'anàlisi per elements finits més complet del paquet Solidworks.

Es procedeix a estudiar el xassís actual segons els requeriments del client.

- **Ancoratges:** Rígid en els quatre cargols inferiors.
- **Càrregues:** S'apliquen en tota la superfície lateral i posterior simulant la força que es pot fer manualment en cas de furt per intentar arrancar-la de la base. La càrrega serà de 50 kg repartits per la superfície d'aplicació.
- **Unions entre peces:** Es consideren unions rígides en cas necessari.
- **Materials:** D'acord amb els materials de producció actuals. Acer DC01.

A nivell de materials, s'ha procedit a crear el material a la base de dades del Solidworks, en base a la fitxa tècnica aportada pel fabricant resumides en les Taula 4-1, Taula 4-2 i Taula 4-3 de la pàgina 23.

Escenaris a considerar:

- Escenari 1: 500 N de FORÇA LATERAL.
- Escenari 2: 500 N de FORÇA POSTERIOR.

A l'Annex A, apartats A.1 i A.2 es recullen els informes de les simulacions.

#### 4.3.2.1 Escenari 1: 500 N de FORÇA LATERAL

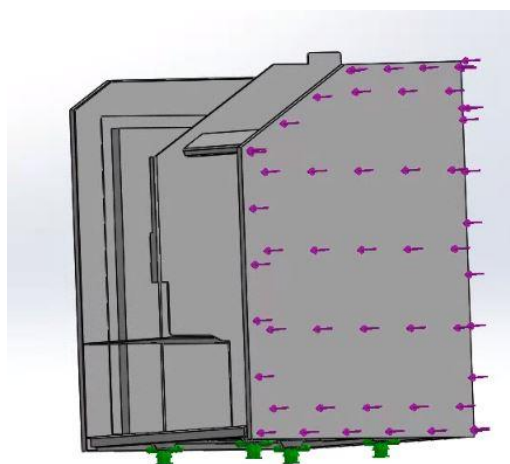


Fig 4-7. Ancloratges i força lateral aplicada



Mitjançant Von Mises s'observa que apareix una tensió màxima de 408 MPa en un punt localitzat de la base. A nivell de tensions la zona més afectada és la base, tal com s'aprecia a la Fig 4-8.

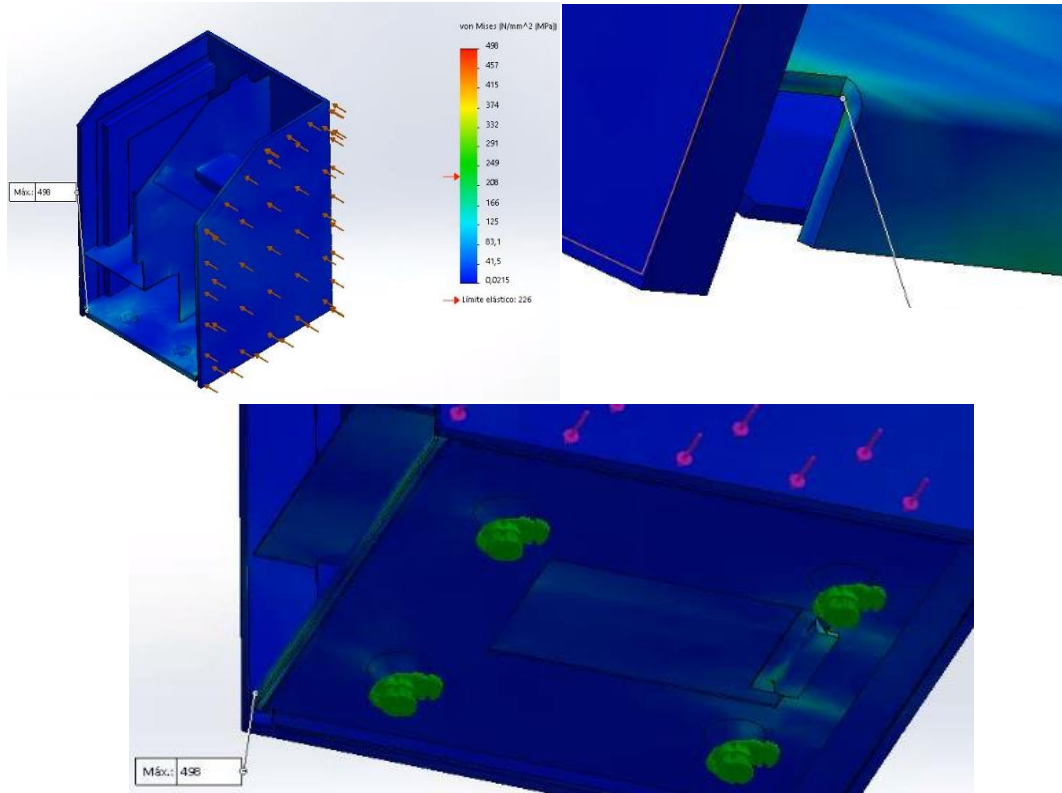


Fig 4-8. Tensions de Von Mises

A nivell de desplaçaments, el desplaçament màxim és de 8.79 mm, a l'extrem oposat d'on s'aplica la força, tal com s'observa a la Fig 4-9.

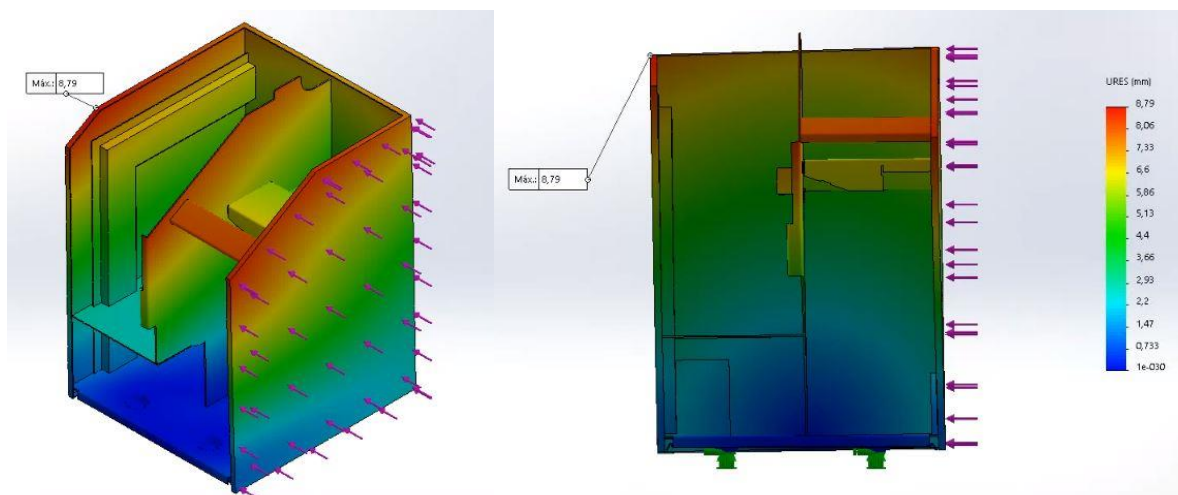


Fig 4-9. Desplaçament màxim



A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 4-10, la zona de la base té un factor de seguretat que oscil·la de 2 a 0.454. El punt més crític és on es pateix una tensió de 408 MPa.

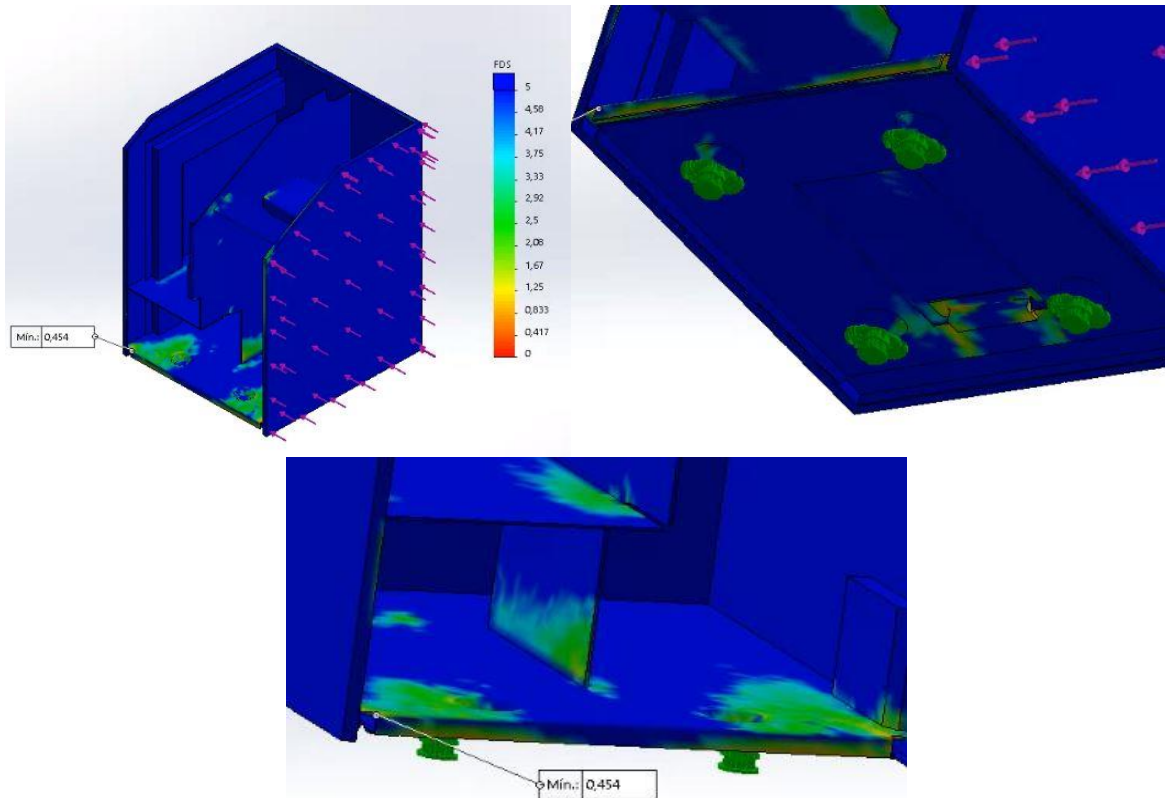


Fig 4-10. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 aguanta la força lateral aplicada sense trencar-se, però pateix deformació plàstica a la zona inferior de la base, essent aquest un punt de disseny a considerar en la proposta EVO. A la Taula 4-10, es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 1.

Taula 4-10. Resum de resultats

<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
408 MPa	8.79 mm	0.454

### 4.3.2.2 Escenari 2: 500 N de FORÇA POSTERIOR

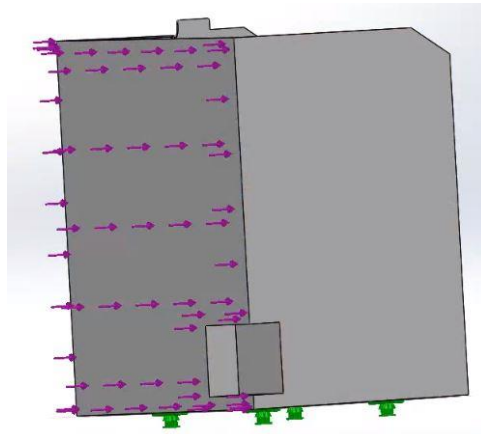


Fig 4-11. Ancoratges i força posterior aplicada

Mitjançant el càlcul de tensió Von Mises s'observa que apareix una tensió màxima de 286 MPa. Com en l'anterior escenari, la zona de la base és la que pateix tensions més elevades, tal com s'observa a la Fig 4-12.

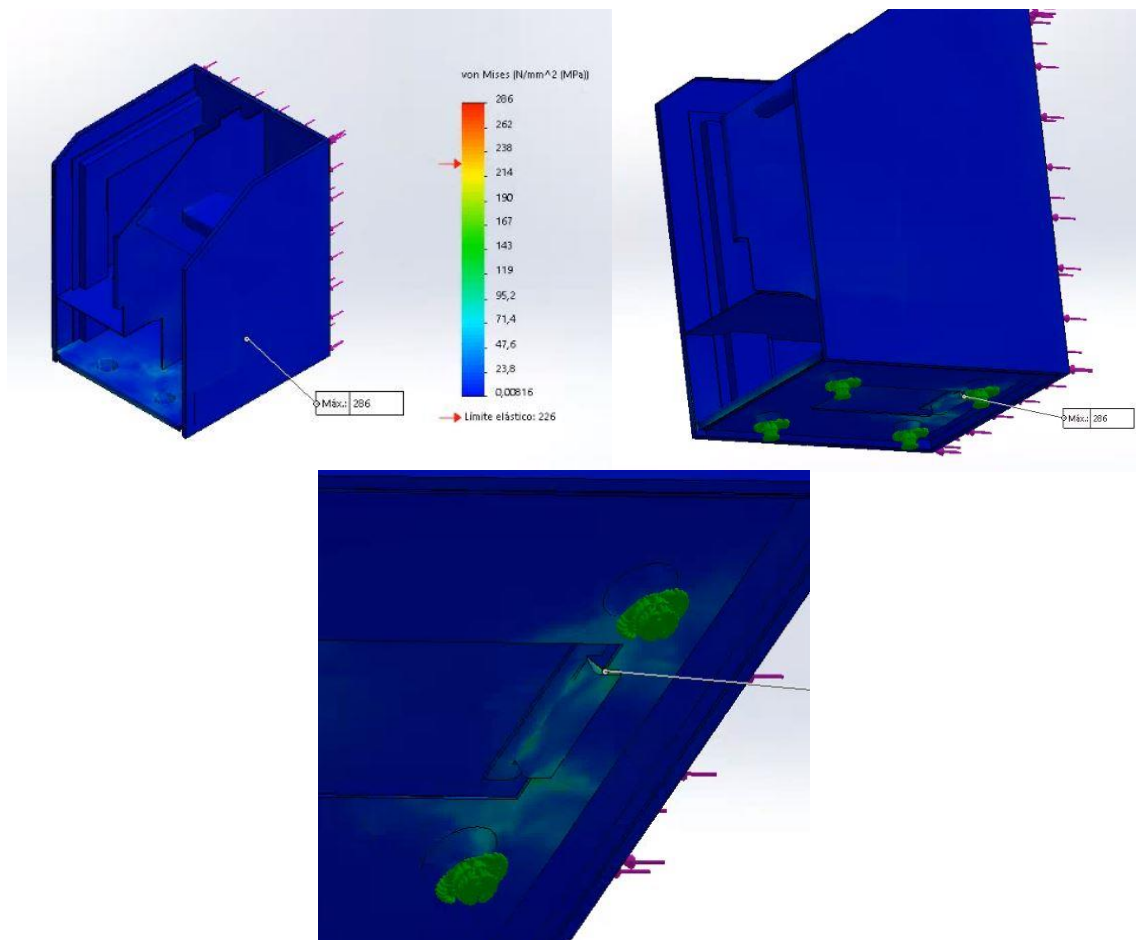


Fig 4-12. Tensions de Von Mises

Es produeix un desplaçament màxim d'1.51 mm a la zona superior del xassís, tal com s'observa a la Fig 4-13.

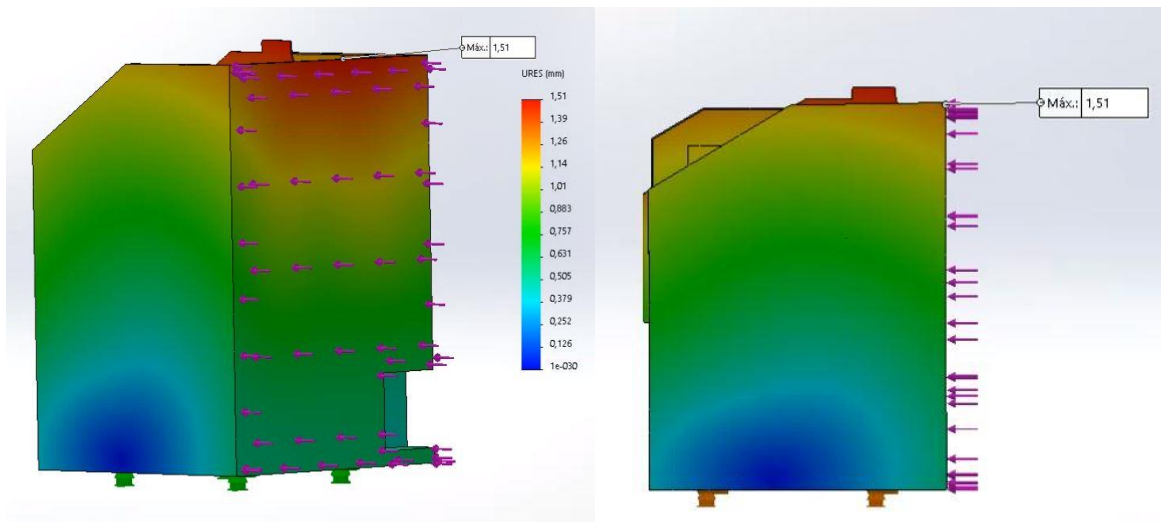


Fig 4-13. Desplaçaments

A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 4-14, la base té zones molt localitzades on el factor de seguretat que oscil·la de 2.5 a 0.791. El punt més crític és on es pateix una tensió de 286 MPa.

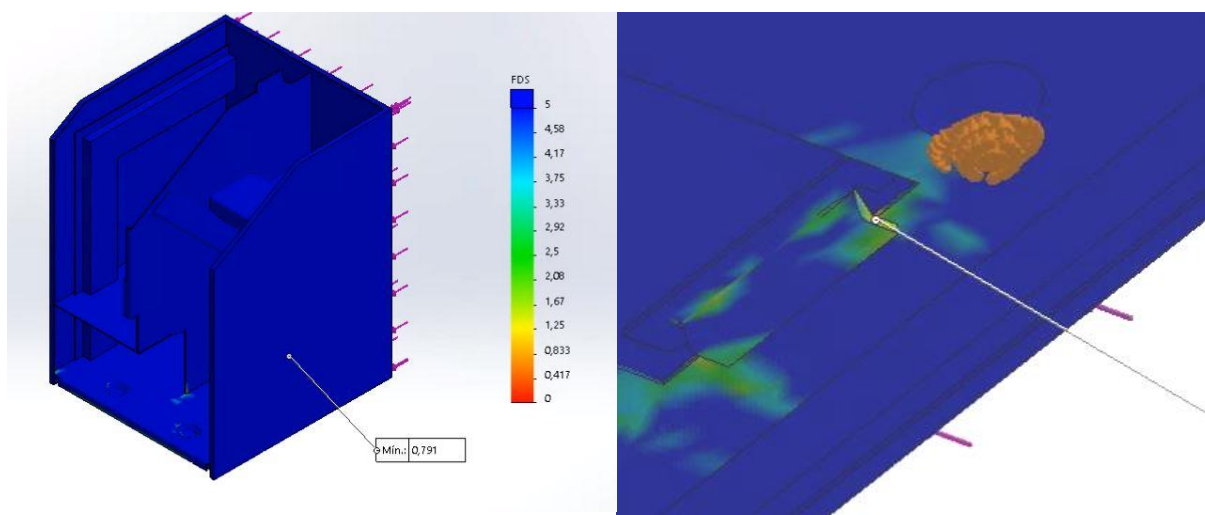


Fig 4-14. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 aguanta la força posterior aplicada sense trencar-se, però pateix deformació plàstica a la zona inferior de la base, essent aquest un punt de disseny a considerar en la proposta EVO. A la Taula 4-11, es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 2.

Taula 4-11. Resum de resultats

<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
286 MPa	1.51 mm	0.791

#### 4.4 Conclusions generals del model CK01

La complexitat del disseny fa que el temps de treball associat a les etapes de fabricació sigui molt elevat. Etapes com la soldadura encareixen considerablement el producte. La quantitat de material utilitzat per a la seva producció també en fan un factor determinant alhora d'encarir-ne els costos de fabricació. Un cop analitzat els resultats obtinguts mitjançant l'Eco-indicador 99, queda clar que cal actuar sobre la geometria de l'actual xassís, per tal d'eliminar aquelles etapes productives que augmenten la seva complexitat. Serà també necessària la introducció de nous materials per reduir el pes del xassís.

Per tant, l'objectiu de la nova proposta serà:

**-Reducció de la quantitat de material** per a la fabricació del xassís (i la consegüent baixada de pes).

**-Eliminació de geometries complexes** per tal d'eliminar processos de producció com la soldadura, així com generar noves geometries que permetin un plegat de xapa més òptim i que alhora redueixin el temps de producció necessari per a l'obtenció del xassís.

**-Introducció de nous materials de fabricació**, que permetin, juntament amb la resta de millores una reducció important dels resultats del càlcul d'Eco-indicadors i en conseqüència de l'impacte ambiental associat a la producció de la màquina, fent-la més compatible amb el medi ambient.

**-Adequar-se a la línia de disseny actual de l'empresa**, de caire més modern, minimalista i de clara tendència cap a formes rectangulars.

**-Mantenir i/o optimitzar la resistència estructural** derivada dels estudis d'elements finits del model CK01.

## 5 MODEL PROPOSAT CK01 EVO

### 5.1 Redisseny del xassís

La proposta de disseny presentada pretén encaixar en l'actual línia de disseny de l'empresa, seguint l'estil d'altres models existents d'estil més minimalista i soferit, trencant així amb les línies de disseny de l'actual CK01. Contempla tots els punts dels objectius que cal millorar del model actual CK01.

Novetat del redisseny:

- Divisió de l'estructura en dos parts: La pròpia estructura del xassís, on queden allotjats els dispositius interns, i els envoltants, que eviten que es pugui tenir accés als dispositius i en donen l'acabat estètic.

En aquesta proposta de disseny imperen les formes exteriors de caire rectangular, amb arrodoniments als envoltants externs per oferir una imatge de robustesa i qualitat, essent un disseny compacte, com l'actual model. A nivell d'ergonomia, l'accés als dispositius és molt més còmode que en l'anterior disseny, on s'havia d'aixecar la porta per tal d'accedir-hi. En la present proposta s'hi accedeix mitjançant una porta que gira respecte xarneres laterals. Els acabats difereixen de l'actual disseny i s'ajusten molt més a la línia de disseny actual de l'empresa, fent ús de colors d'acabat més clars i pintura no texturada. Les especificacions de pintura queden recollides al document **4.Estat d'amidaments**.



Fig 5-1. Model proposat CK01 EVO. Font: Pròpia

A nivell de producció la proposta presentada pretén reduir les etapes de producció que en compliquen la fabricació. D'una banda es pretén facilitar la producció reduint aquells processos que requereixen d'habilitat manual, com és el cas de la soldadura, per passar a processos de producció molt més estandarditzats i fàcils de dur a terme.

En aquesta proposta de disseny, s'han eliminat les soldadures i s'han reduït considerablement els plegats de xapa necessaris per al tancament de l'estructura. Es prioritzen les formes simples i rectangulars, evitant recórrer a plegats complexos difícils d'ajustar a nivell de toleràncies.

### 5.1.1 Dimensions

A la Fig 5-2 apareixen les dimensions globals del model CK01 en mm.

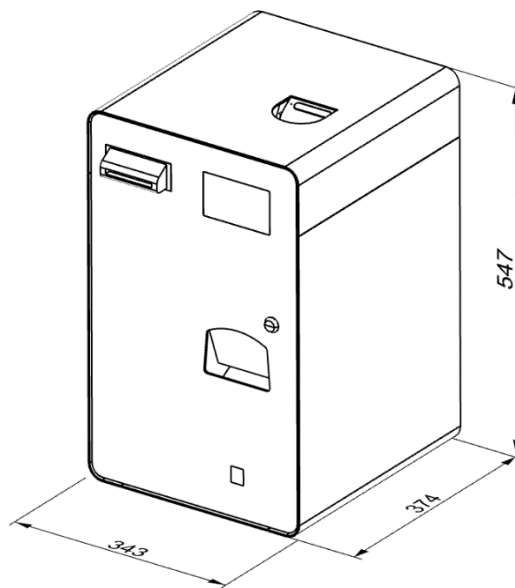


Fig 5-2. Mides CK01 EVO. Font: Pròpia

La mostra la diferència de dimensions entre el model CK01 i la proposta CK01 EVO.

Taula 5-1. Mides xassís CK01 - CK01 EVO

<b>CK01</b>		
<b>Llargada (mm)</b>	<b>Amplada (mm)</b>	<b>Alçada (mm)</b>
379	327	480
<b>CK01 EVO</b>		
<b>Llargada (mm)</b>	<b>Amplada (mm)</b>	<b>Alçada (mm)</b>
374	343	547

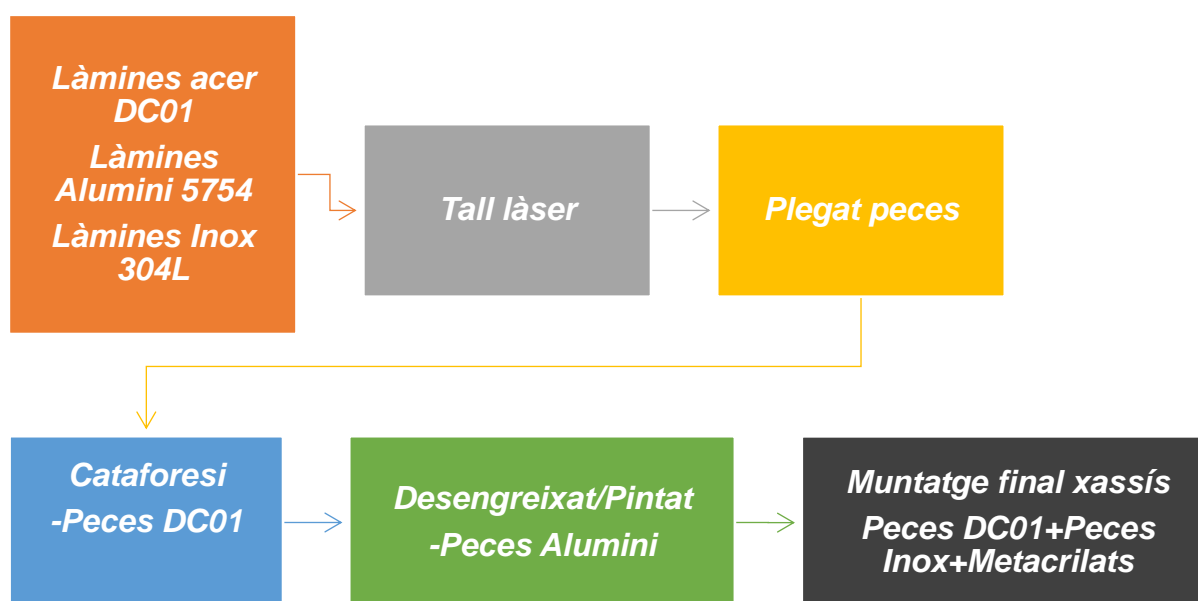
### 5.1.2 Materials de fabricació

Els materials de fabricació s'han definit a partir dels resultats obtinguts de l'avaluació i quantificació dels impactes ambientals mitjançant l'Eco-Indicador 99 juntament amb el resultat dels càlculs estructurals. Els materials proposats, amb les seves variants, no modifiquen el disseny de la proposta. Els materials de fabricació estan definits al document **2.Plànols** i al document **4.Estat d'amidaments**.

### 5.1.3 Procés de fabricació

Respecte l'actual proposta, s'elimina per complet l'etapa de soldadura.

Il·lustració 5-1. Resum procés de fabricació del xassís CK01





## 6 ESTUDI ECO-INDICADOR 99 CK01 EVO

Un cop plantejat el redisseny del xassís, es plantegen diferents combinacions de materials, així com l'origen d'aquests per determinar l'opció que més s'ajusta a les necessitats del client.

S'ha utilitzat la mateixa metodologia que en l'anterior càlcul d'aspectes ambientals del disseny actual de la màquina CK01. En aquest cas s'ha analitzat la nova proposta de disseny amb diferents combinacions de materials.

### 6.1 Estudi Impacte Ambiental CK01 EVO Proposta 1

Característiques proposta:

Estructura d'acer DC01 1,5 mm espessor

Envoltants d'acer DC01 2 mm espessor

- **Etapa 1: Producció**

Taula 6-1. Impacte ambiental etapa producció proposta 1

PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)			
Material o procés	Quantitat	Indicador	Resultat (mPt)
Acer baix aliatge DC01	22,703 kg	110	2497,324
Acer alt aliatge INOX 304L	0,841 kg	910	765,284
Plàstic PMMA	0,576 kg	510	293,868
Corbat DC01 <sub>(2)</sub>	19,513 m	0,00008	0,001561
Corbat INOX 304L <sub>(2)</sub>	1,271 m	0,00011	0,000140
Tall/Estampació DC01	87730,225 mm <sup>2</sup>	0,00006	5,264
Tall/Estampació INOX 304L	4495,379 mm <sup>2</sup>	0,000086	0,387
Emmotllament per injecció PMMA <sub>(3)</sub>	0,576 kg	44	25,353
Desengreixat Alcalí	0,023 Tn	746	16,936
Pintat DC01 <sub>(4)</sub>	-	-	-
Camió < 3,5 Tn	14,320 Tnkm	140	2004,800
<b>TOTAL</b>			<b>5609,218</b>

Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 5609,218 mPt.

- **Etapa 2: Ús**

*Taula 6-2. Impacte ambiental etapa ús proposta 1*

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	6,015 Tnkm	140	703,483
Espuma de Polietilè LDPE	0,340 kg	360	122,400
Cartró embalatge	2,250 kg	69	155,250
<b>TOTAL</b>			<b>1119,750</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 1119,750 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

*Taula 6-3. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 1*

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	22,703 kg	-70	-1589,206
Reciclat INOX 304L	0,841 kg	-70	-58,868
Reciclat cartró	2,250 kg	-8,3	-18,675
Reciclat espuma LDPE	0,340 kg	-19	-6,460
Reciclat plàstic PMMA <sub>(5)</sub>	0,576 kg	-170	-97,956
<b>TOTAL</b>			<b>-1771,165</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -1771,165 mPt. És un valor negatiu ja que es considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

*Taula 6-4. Impacte ambiental global proposta 1*

<b>FASE</b>	<b>RESULTAT mPt</b>
PRODUCCIÓ	5609,218
ÚS	1119,750
REBUIG	-1771,165
<b>TOTAL</b>	<b>4957,803</b>

Consideracions de càlcul:

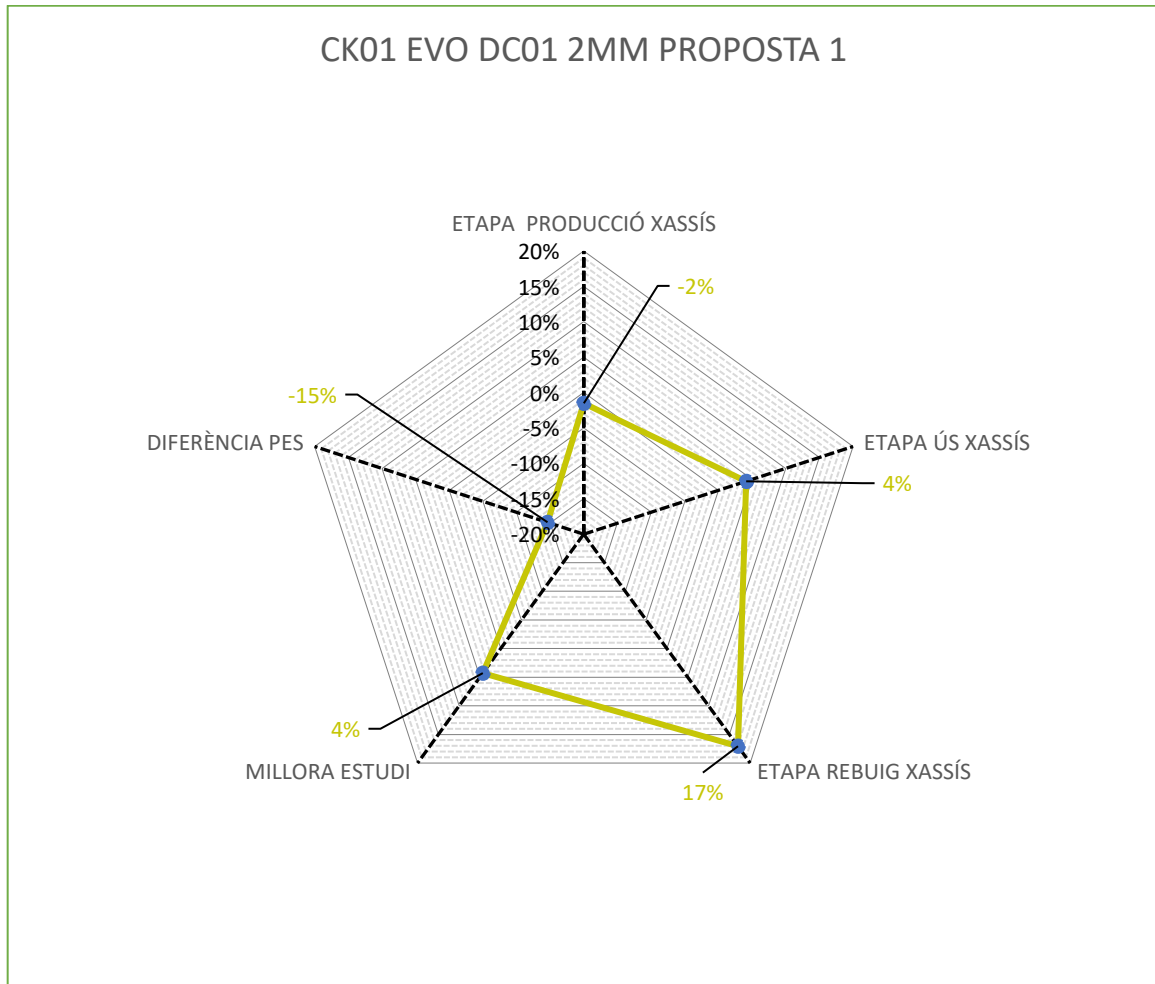
- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

### 6.1.1 Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 1

*Taula 6-5. Diferència % CK01-CK01 EVO proposta 1*

<b>CK01 EVO PROPOSTA 1</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	-2%
Etapa ús	4%
Etapa rebuig	17%
Millora estudi	4%
Diferència pes	-15%

D'acord amb la Taula 6-5, es produeix un empitjorament en l'etapa de producció del 2%, així com un augment de pes del 15%. La millora global de l'estudi, gràcies a la quantitat de material que es pot reciclar és finalment del 4%.



Gràfic 6-1. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 1

## 6.2 Estudi Impacte Ambiental CK01 EVO Proposta 2

Característiques proposta:

Estructura d'acer DC01 1,5 mm espessor

Envoltants d'alumini d'origen no reciclat 3 mm d'espessor

- **Etapa 1: Producció**

Taula 6-6. Impacte ambiental etapa producció proposta 2

<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Acer baix aliatge DC01	13,852 kg	110	1523,763
Acer alt aliatge INOX 304L	0,841 kg	910	765,284
ALUMINI	5,509 kg	780	4297,319
Plàstic PMMA	0,576 kg	510	293,868
Corbat DC01 <sub>(2)</sub>	18,017 m	0,00008	0,00144
Corbat INOX 304L <sub>(2)</sub>	1,271 m	0,00011	0,00014
Corbat ALUMINI	1,496 m	0,000047	0,00007
Tall/Estampació DC01	75516,801 mm <sup>2</sup>	0,00006	4,531
Tall/Estampació INOX 304L	4495,379 mm <sup>2</sup>	0,000086	0,387
Tall/Estampació ALUMINI	18320,136 mm <sup>2</sup>	0,000036	0,660
Emmotllament per injecció PMMA <sub>(3)</sub>	0,576 kg	44	25,353
Desengreixat Alcalí	0,019 Tn	746	14,444
Pintat DC01 <sub>(4)</sub>	-	-	-
Pintat ALUMINI	-	-	-
Camió < 3,5 Tn	11,964 Tnkm	140	1674,960
<b>TOTAL</b>			<b>8600,570</b>

Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 8600,570 mPt.

- **Etapa 2: Ús**

Taula 6-7. Impacte ambiental etapa ús proposta 2

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	5,025 Tnkm	140	703,483
Espuma de Polietilè LDPE	0,340 kg	360	122,400
Cartró embalatge	2,250 kg	69	155,250
<b>TOTAL</b>			<b>981,133</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 981,133 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

*Taula 6-8. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 2*

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	13,852 kg	-70	-969,668
Reciclat INOX 304L	0,841 kg	-70	-58,868
Reciclat ALUMINI	5,509	-720	-3966,756
Reciclat cartró	2,250 kg	-8,3	-18,675
Reciclat espuma LDPE	0,340 kg	-19	-6,460
Reciclat plàstic PMMA <sub>(5)</sub>	0,576 kg	-170	-97,956
<b>TOTAL</b>			<b>-5118,382</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -5118,382 mPt. És un valor negatiu ja que es considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

*Taula 6-9. Impacte ambiental global proposta 2*

<b>FASE</b>	<b>RESULTAT mPt</b>
PRODUCCIÓ	8600,570
ÚS	981,133
REBUIG	-5118,382
<b>TOTAL</b>	<b>4463,321</b>

Consideracions de càlcul:

- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.

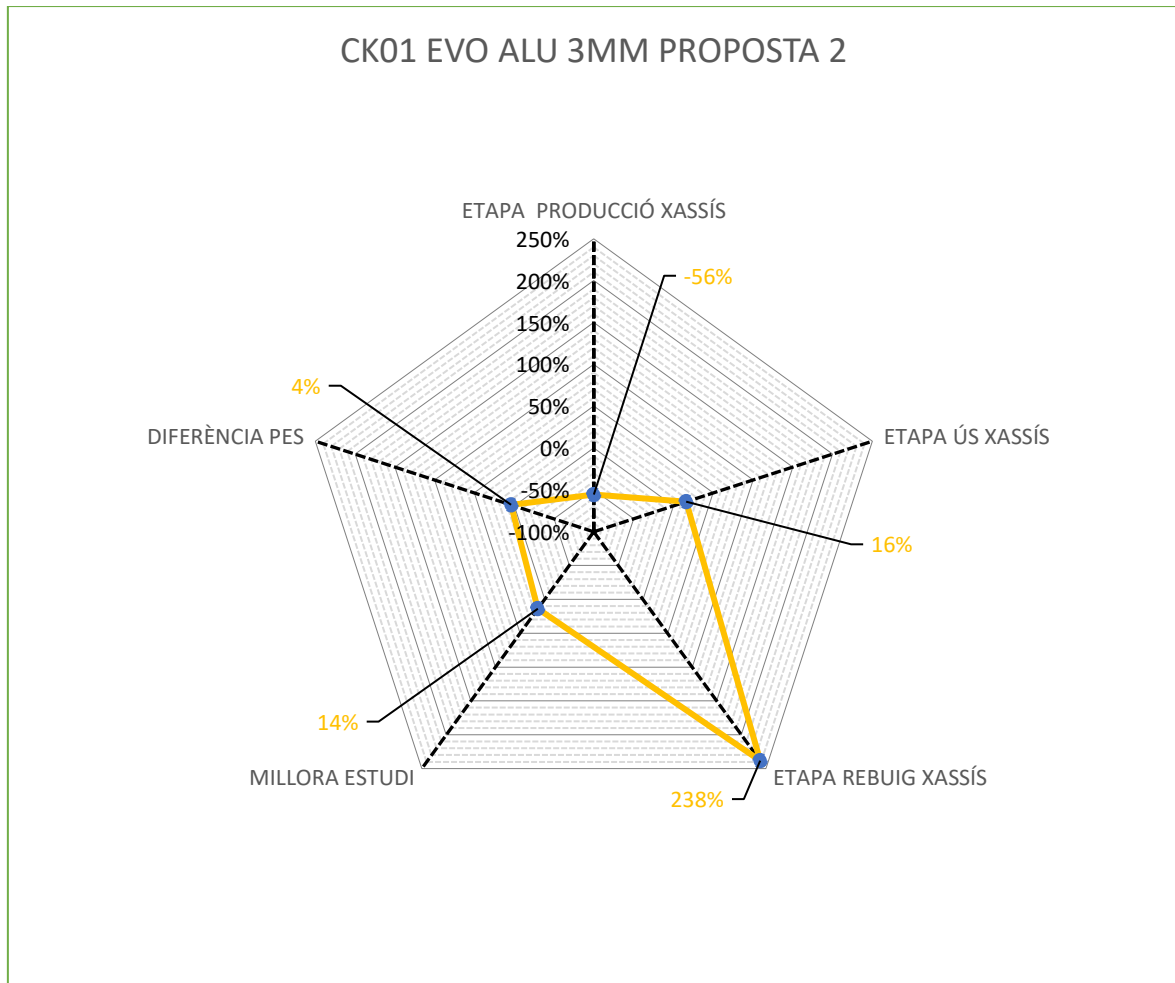
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

### 6.2.1 Conclusions comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 2

Taula 6-10. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 2

<b>CK01 EVO PROPOSTA 2</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	-56%
Etapa ús	16%
Etapa rebuig	238%
Millora estudi	14%
Diferència pes	4%

D'acord amb la Taula 6-10, es produeix un empitjorament en l'etapa de producció del 56%, degut a la penalització que suposa la introducció d'alumini d'origen no reciclat. Es produeix una reducció de pes del 4%. La millora global de l'estudi, és finalment del 4%.



Gràfic 6-2. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 2

### 6.3 Estudi Impacte Ambiental CK01 EVO Proposta 3

Característiques proposta:

Estructura d'acer DC01 1,5 mm espessor

Envoltants d'alumini d'origen no reciclat 2 mm espessor

- **Etapa 1: Producció**

Taula 6-11. Impacte ambiental etapa producció proposta 3

PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)			
Material o procés	Quantitat	Indicador	Resultat (mPt)
Acer baix aliatge DC01	13,852 kg	110	1523,763
Acer alt aliatge INOX 304L	0,841 kg	910	765,284



<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
ALUMINI	3,051 kg	780	2379,582
Plàstic PMMA	0,576 kg	510	293,868
Corbat DC01 <sup>(2)</sup>	18,017 m	0,00008	0,00144
Corbat INOX 304L <sup>(2)</sup>	1,271 m	0,00011	0,00014
Corbat ALUMINI	1,496 m	0,000047	0,00007
Tall/Estampació DC01	75516,801 mm <sup>2</sup>	0,00006	4,531
Tall/Estampació INOX 304	4495,379 mm <sup>2</sup>	0,000086	0,387
Tall/Estampació ALUMINI	18320,136 mm <sup>2</sup>	0,000036	0,660
Emmotllament per injecció PMMA <sup>(3)</sup>	0,576 kg	44	25,353
Desengreixat Alcalí	0,017 Tn	746	12,610
Pintat DC01 <sup>(4)</sup>	-	-	-
Pintat ALUMINI	-	-	-
Camió < 3,5 Tn	11,258 Tnkm	140	1576,120
<b>TOTAL</b>			<b>6582,159</b>

Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 6582,159 mPt.

- **Etapa 2: Ús**

Taula 6-12. Impacte ambiental etapa ús proposta 3

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	4,729 Tnkm	140	662,060
Espuma de Polietilè LDPE	0,340 kg	360	122,400
Cartró embalatge	2,250 kg	69	155,250
<b>TOTAL</b>			<b>939,710</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 939,710 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

Taula 6-13. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 3

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	13,852 kg	-70	-969,668
Reciclat INOX 304L	0,841 kg	-70	-58,868
Reciclat ALUMINI	3,051 kg	-720	-2196,537
Reciclat cartró	2,250 kg	-8,3	-18,675
Reciclat espuma LDPE	0,340 kg	-19	-6,460
Reciclat plàstic PMMA <sup>(5)</sup>	0,576 kg	-170	-97,956
<b>TOTAL</b>			<b>-3348,163</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -3348,163 mPt. És un valor negatiu ja que es considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

Taula 6-14. Impacte ambiental global proposta 3

<b>FASE</b>	<b>RESULTAT mPt</b>
PRODUCCIÓ	6582,159
ÚS	939,710
REBUIG	-3349,163
<b>TOTAL</b>	<b>4173,705</b>

Consideracions de càlcul:

- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.

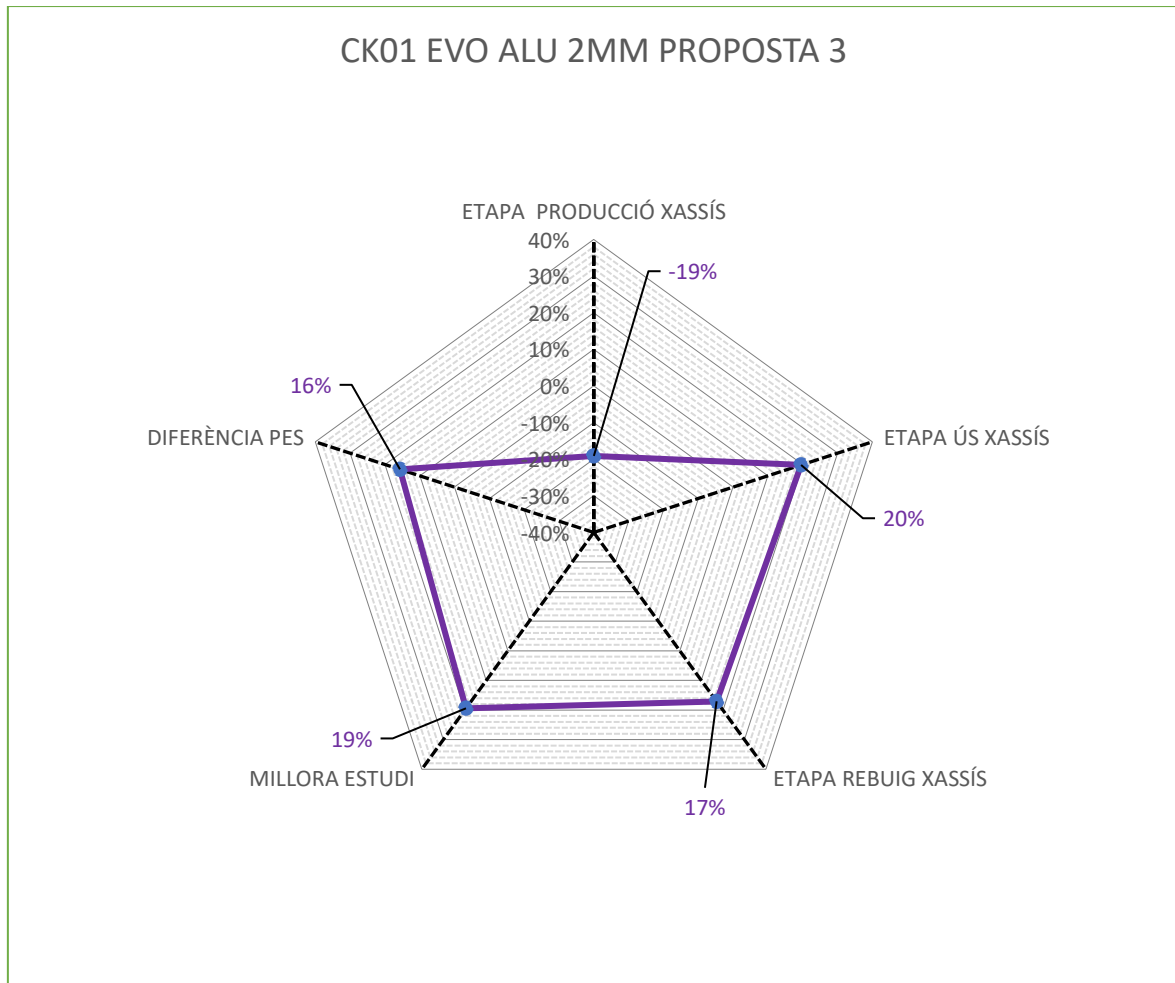
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

### 6.3.1 Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 3

Taula 6-15. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 3

<b>CK01 EVO PROPOSTA 3</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	-19%
Etapa ús	20%
Etapa rebuig	17%
Millora estudi	19%
Diferència pes	16%

D'acord amb la Taula 6-15, es produeix un empitjorament en l'etapa de producció del 19%, degut a l'origen no reciclat de l'alumini. Mitjançant la reducció d'espessor de l'alumini, es redueix el pes un 16%. La millora global de l'estudi, és finalment del 19%.



Gràfic 6-3. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 3

## 6.4 Estudi Impacte Ambiental CK01 EVO Proposta 4

Característiques proposta:

Estructura d'acer DC01 1,5 mm d'espessor

Envoltants d'alumini reciclat 3 mm d'espessor

- **Etapa 1: Producció**

Taula 6-16. Impacte ambiental etapa producció proposta 4

<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Acer baix aliatge DC01	13,852 kg	110	1523,763
Acer alt aliatge INOX 304L	0,841 kg	910	765,284

<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
ALUMINI Reciclat	5,509 kg	60	330,563
Plàstic PMMA	0,576 kg	510	293,868
Corbat DC01 <sup>(2)</sup>	18,017 m	0,00008	0,00144
Corbat INOX 304L <sup>(2)</sup>	1,271 m	0,00011	0,000140
Corbat ALUMINI	1,496 m	0,000047	0,000070
Tall/Estampació DC01	75516,801 mm <sup>2</sup>	0,00006	4,531
Tall/Estampació INOX 304L	4495,379 mm <sup>2</sup>	0,000086	0,387
Tall/Estampació ALUMINI	18320,136 mm <sup>2</sup>	0,000036	0,660
Emmotllament per injecció PMMA <sup>(3)</sup>	0,576 kg	44	25,353
Desengreixat Alcalí	0,019 Tn	746	14,444
Pintat DC01 <sup>(4)</sup>	-	-	-
Pintat ALUMINI	-	-	-
Camió < 3,5 Tn	11,964 Tnkm	140	1674,960
<b>TOTAL</b>			<b>4633,814</b>

Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 4633,814 mPt.

- **Etapa 2: Ús**

*Taula 6-17. Impacte ambiental etapa ús proposta 4*

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	5,025 Tnkm	140	703,483
Espuma de Polietilè LDPE	0,340 kg	360	122,400
Cartró embalatge	2,250 kg	69	155,250
<b>TOTAL</b>			<b>981,133</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 981,133 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

Taula 6-18. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 4

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	13,852 kg	-70	-969,668
Reciclat INOX 304L	0,841 kg	-70	-58,868
Reciclat ALUMINI	5,509	-720	-3966,756
Reciclat cartró	2,250 kg	-8,3	-18,675
Reciclat espuma LDPE	0,340 kg	-19	-6,460
Reciclat plàstic PMMA <sup>(5)</sup>	0,576 kg	-170	-97,956
<b>TOTAL</b>			<b>-5118,382</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -5118,382 mPt. És un valor negatiu ja que es considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

Taula 6-19. Impacte ambiental global proposta 4

<b>FASE</b>	<b>RESULTAT mPt</b>
PRODUCCIÓ	4633,814
ÚS	981,133
REBUIG	-5118,382
<b>TOTAL</b>	<b>496,414</b>

Consideracions de càlcul:

- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.

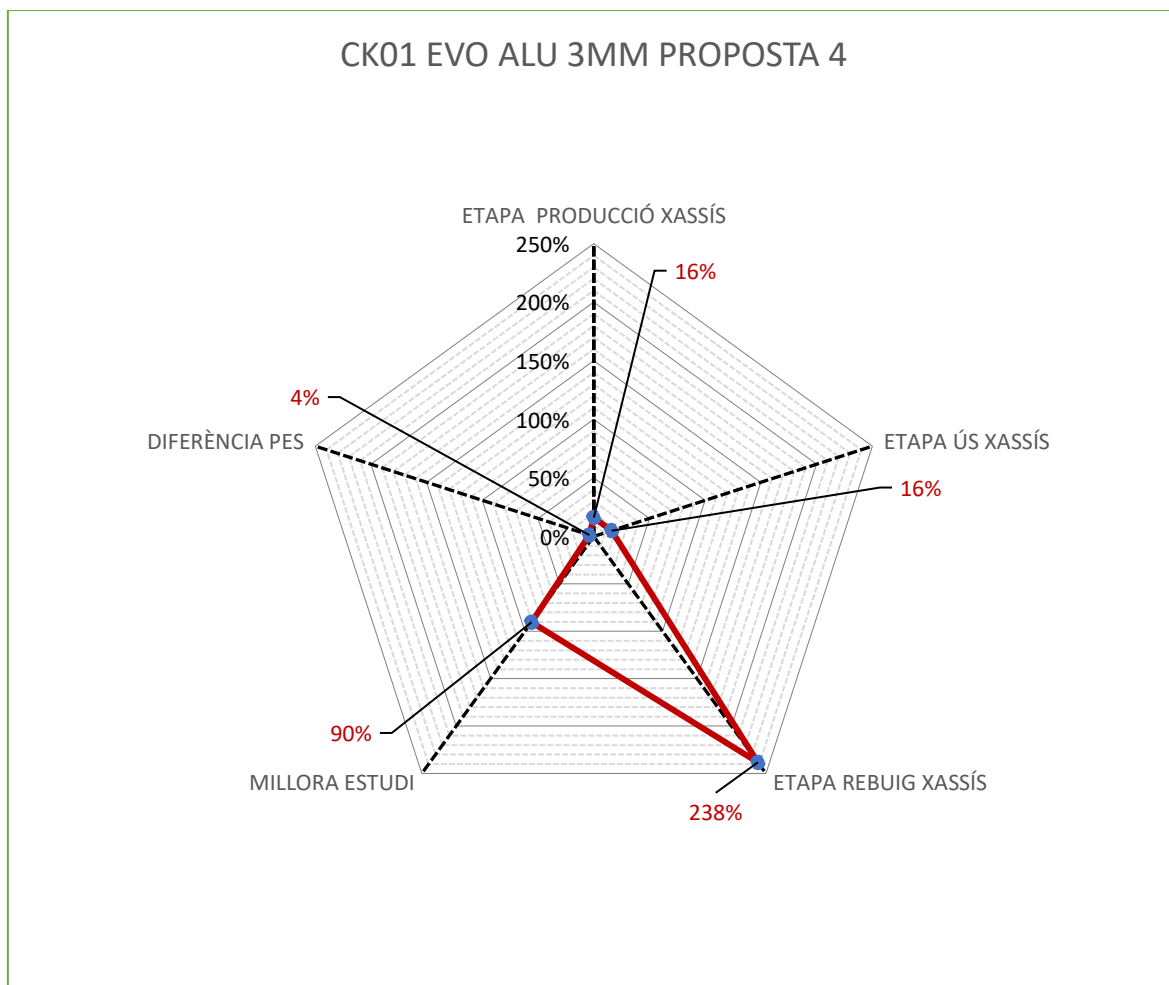
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

#### 6.4.1 Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 4

Taula 6-20. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 4

<b>CK01 EVO PROPOSTA 4</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	16%
Etapa ús	16%
Etapa rebuig	238%
Millora estudi	90%
Diferència pes	4%

D'acord amb la Taula 6-20, es produeix una millora en l'etapa de producció del 16%, degut a l'origen reciclat de l'alumini. En aquest cas es redueix el pes un 4%. La millora global de l'estudi, és del 90%, degut a l'origen reciclat de l'alumini i la quantitat de material a reciclar en l'etapa de rebuig.



Gràfic 6-4. Diferència en % CK01-CK01 proposta 4

## 6.5 Impacte Ambiental CK01 EVO Proposta 5

Característiques proposta:

Estructura d'acer DC01 1,5 mm d'espessor

Envoltants d'alumini reciclat 2 mm d'espessor



- **Etapa 1: Producció**

Taula 6-21. Impacte ambiental etapa producció proposta 5

<b>PRODUCCIÓ (Materials, processos i transport)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Acer baix aliatge DC01	13,852 kg	110	1523,763
Acer alt aliatge INOX 304L	0,841 kg	910	765,284
ALUMINI Reciclat	3,051 kg	60	183,045
Plàstic PMMA	0,576 kg	510	293,868
Corbat DC01 <sub>(2)</sub>	18,017 m	0,00008	0,00144
Corbat INOX 304L <sub>(2)</sub>	1,271 m	0,00011	0,00014
Corbat ALUMINI	1,496 m	0,000047	0,00007
Tall/Estampació DC01	75516,801 mm <sup>2</sup>	0,00006	4,531
Tall/Estampació INOX 304L	4495,379 mm <sup>2</sup>	0,000086	0,387
Tall/Estampació ALUMINI	18320,136 mm <sup>2</sup>	0,000036	0,660
Emmotllament per injecció PMMA <sub>(3)</sub>	0,576 kg	44	25,353
Desengreixat Alcalí	0,017 Tn	746	12,610
Pintat DC01 <sub>(4)</sub>	-	-	-
Pintat ALUMINI	-	-	-
Camió < 3,5 Tn	11,258 Tnkm	140	1576,120
<b>TOTAL</b>			<b>4385,622</b>

Per a l'etapa de producció s'obté un valor total de 4385,622 mPt.

- **Etapa 2: Ús**

Taula 6-22. Impacte ambiental etapa ús proposta 5

<b>ÚS (Transport i materials auxiliars)</b>			
<b>Material o procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Camió <3,5 Tn	4,729 Tnkm	140	662,060
Espuma de Polietilè LDPE	0,340 kg	360	122,400
Cartró embalatge	2,250 kg	69	155,250
<b>TOTAL</b>			<b>939,710</b>

Per a l'etapa d'ús s'obté un valor total de 939,710 mPt.

- **Etapa 3: Rebuig**

Taula 6-23. Impacte ambiental etapa rebuig proposta 5

<b>REBUIG (Per cada tipus de material)</b>			
<b>Material i tipus de procés</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultat (mPt)</b>
Reciclat DC01	13,852 kg	-70	-969,668
Reciclat INOX 304L	0,841 kg	-70	-58,868
Incineració ALUMINI	3,051 kg	-110	-2196,537
Reciclat cartró	2,250 kg	-8,3	-18,675
Reciclat espuma LDPE	0,340 kg	-19	-6,460
Reciclat plàstic PMMA <sub>(5)</sub>	0,576 kg	-170	-97,956
<b>TOTAL</b>			<b>-3348,163</b>

Per a l'etapa de rebuig s'obté un valor total de -3348,163 mPt. És un valor negatiu ja que es considera que s'evita la producció de material primari.

El valor total obtingut de totes les fases és:

Taula 6-24. Impacte ambiental global CK01 EVO proposta 5

<b>FASE</b>	<b>RESULTAT mPt</b>
PRODUCCIÓ	4385,622
ÚS	939,710
REBUIG	-3348,163
<b>TOTAL</b>	<b>1977,169</b>

## Consideracions de càlcul:

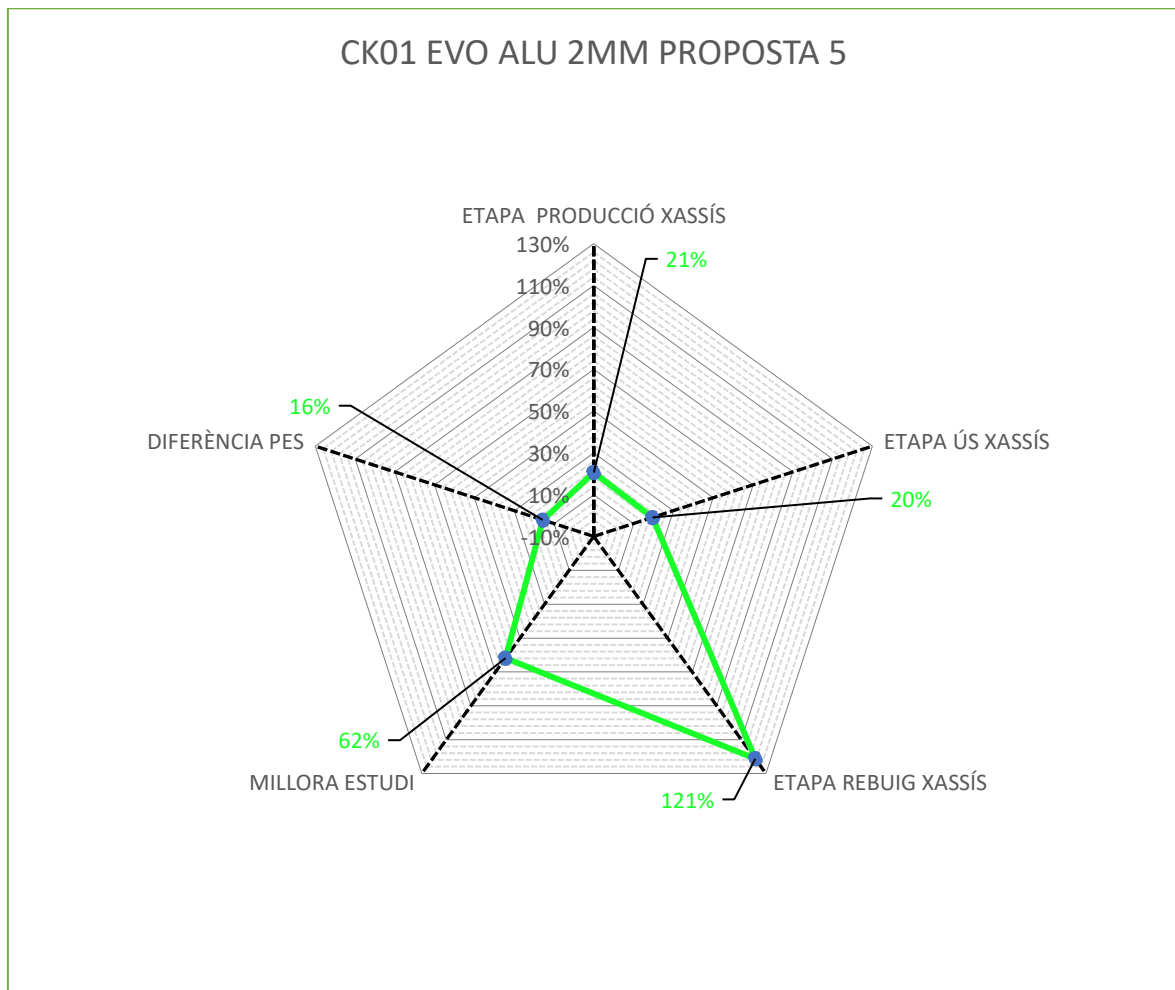
- (1): Per al plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (2): Per a l'operació de cobrat d'acer DC01 i acer Inox 304L es consideren tots els plegats a 90° i espessors d'1 mm.
- (3): Per a l'operació d'emmotllament del PMMA s'ha fet ús de l'Eco-indicador de PC, per tenir funcions similars.
- (4): Per al procés de pintat de l'acer no es disposa d'Eco-indicador. Es considera poc prioritari.
- (5): Per al càlcul del reciclat del plàstic PMMA s'ha fet ús de l'Eco-Indicador de reciclatge de PVC. Ambdós plàstics són de difícil reciclatge.

## 6.5.1 Comparativa CK01-CK01 EVO PROPOSTA 5

Taula 6-25. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 5

<b>CK01 EVO PROPOSTA 5</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	21%
Etapa ús	20%
Etapa rebuig	121%
Millora estudi	62%
Diferència pes	16%

D'acord amb la Taula 6-25, es produeix una millora en l'etapa de producció del 21%, degut a l'origen reciclat de l'alumini. En aquest cas es redueix el pes un 16%, degut a la reducció d'espessor dels envoltats respecte la proposta 4. La millora global de l'estudi, és del 62%, degut a l'origen reciclat de l'alumini i la quantitat de material a reciclar en l'etapa de rebuig.



Gràfic 6-5. Diferència en % CK01-CK01 EVO proposta 5

## 6.6 Comparativa global CK01 - Propostes

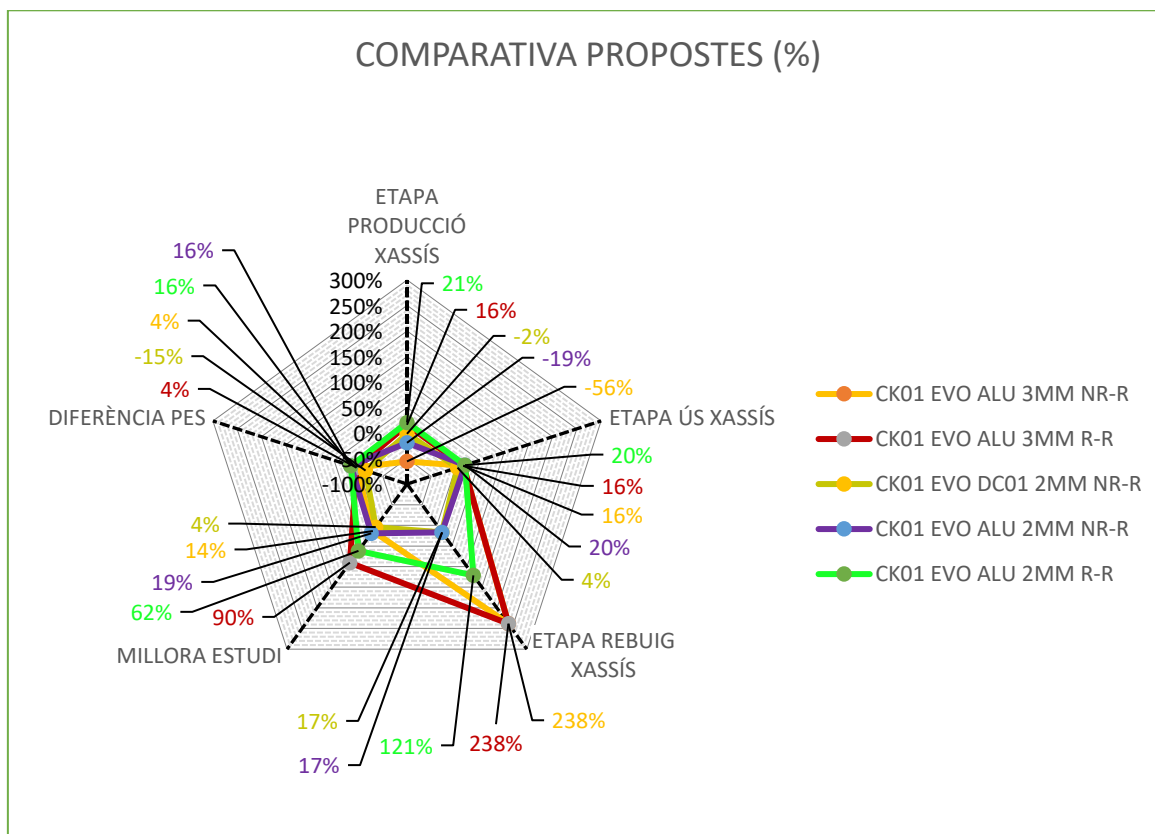
Per a justificar l'elecció de la proposta seleccionada, s'ha realitzat una comparativa de totes les propostes, valorant els % de diferència en les diferents etapes d'impacte ambiental, així com el pes, respecte el model original. Les categories de més importància són l'etapa de producció del xassís i la diferència de pes, ja que són les categories on més influència té el disseny del nou xassís.

Taula 6-26. Resultat CK01-Propostes

<b>Model-Proposta</b>	<b>Etapa producció</b>	<b>Etapa ús</b>	<b>Etapa rebuig</b>	<b>Total estudi</b>	<b>Pes</b>
<b>CK01</b>	5525,173 mPt	1167,898 mPt	-1513,074 mPt	5579,997 mPt	21,047 kg
<b>CK01 EVO proposta 1</b>	5609,218 mPt	1119,750 mPt	-1771,165 mPt	4957,803 mPt	24,120 kg
<b>CK01 EVO proposta 2</b>	8600,570 mPt	981,133 mPt	-5118,382 mPt	4463,321 mPt	20,203 kg
<b>CK01 EVO proposta 3</b>	6582,159 mPt	939,710 mPt	-3348,163 mPt	4173,705 mPt	17,744 kg
<b>CK01 EVO proposta 4</b>	4633,814 mPt	981,133 mPt	-5118,382 mPt	496,565 mPt	20,203 kg
<b>CK01 EVO proposta 5</b>	4385,622 mPt	939,710 mPt	-3348,163 mPt	1977,169 mPt	17,744 kg

De la taula 6-26, es pot extreure que les propostes amb material d'origen reciclat (propostes 4 i 5) redueixen considerablement els milipunts associats a les etapes que formen l'estudi d'impacte ambiental.

### 6.6.1 Gràfic comparatiu CK01-Propostes CK01 EVO

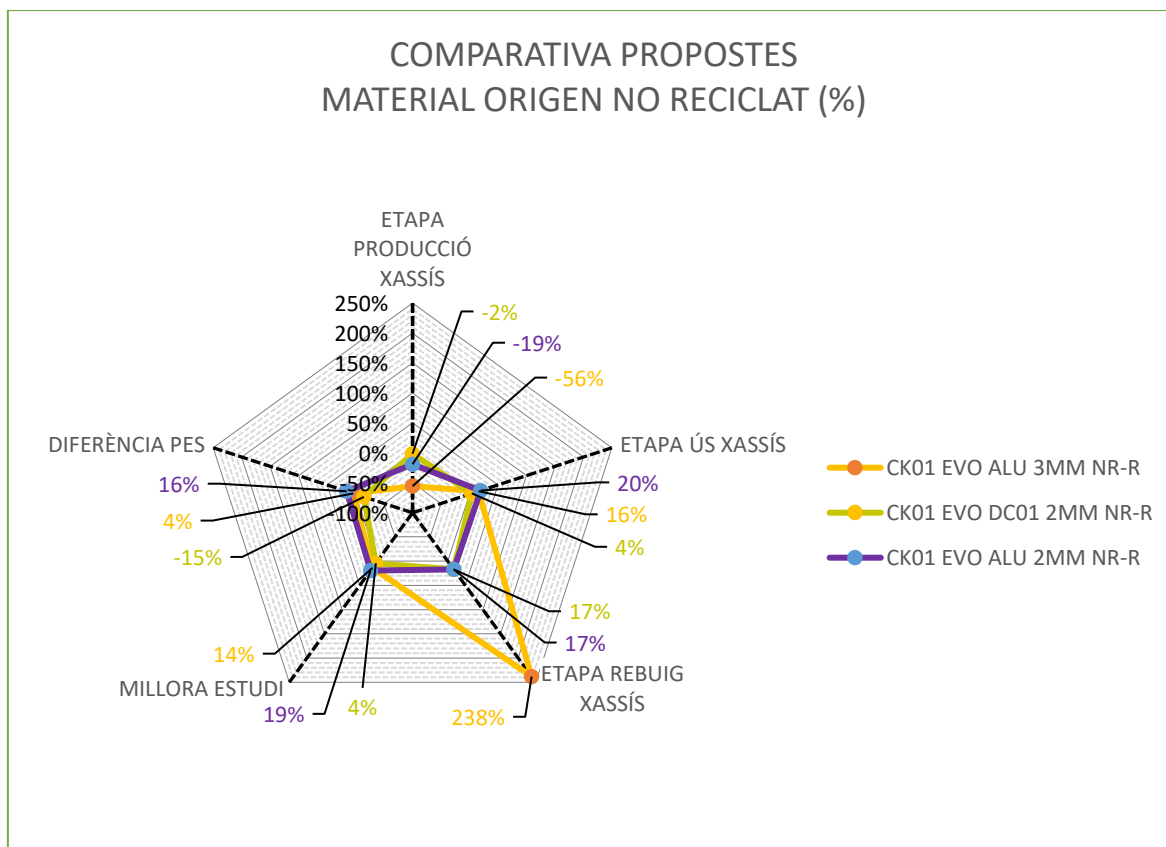


Gràfic 6-6. Diferència en % entre totes les propostes

Com s'ha pogut observar a l'anterior apartat, les propostes d'origen reciclat obtenen un % elevat de millora en totes les etapes. Els valors en negatiu, en canvi, mostren aquelles propostes que empitjoren els resultats del present model.

### 6.6.2 Gràfic comparatiu propostes material no reciclat

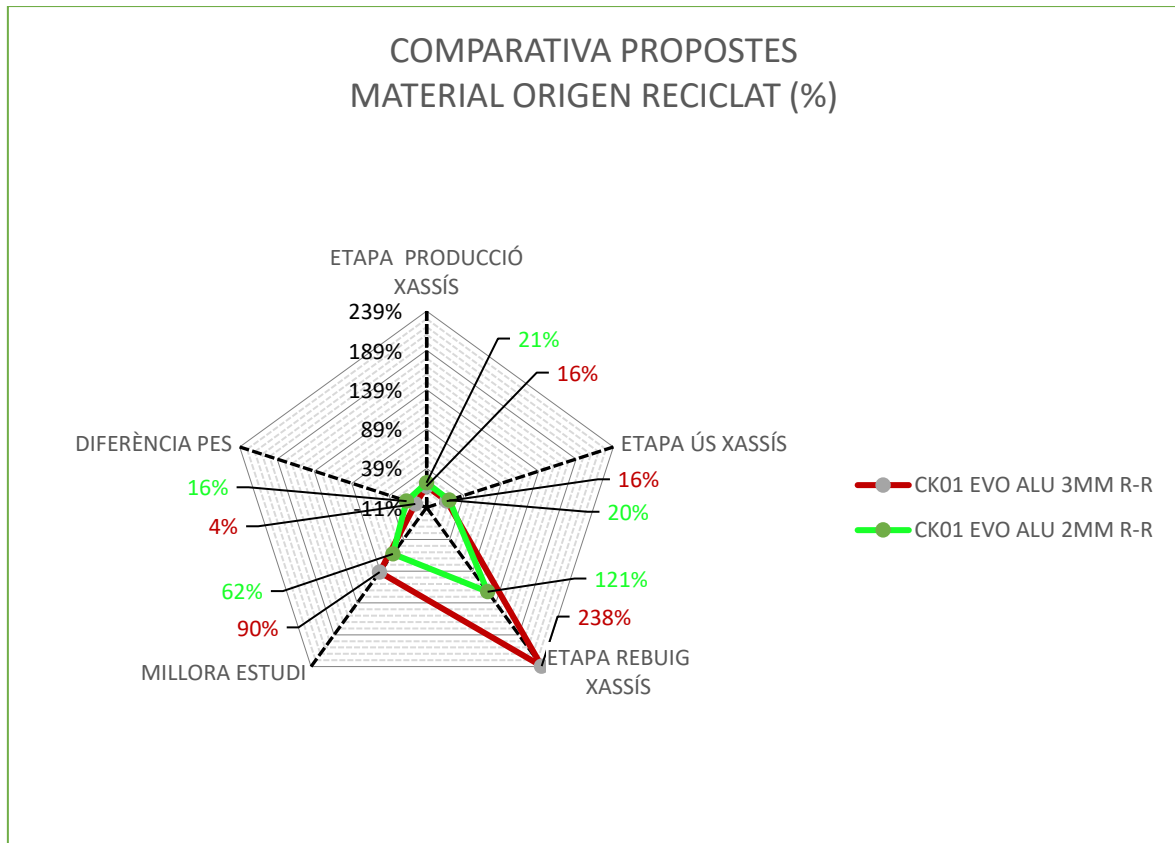
Una de les tendències valorades ha estat la introducció de nou material per a l'etapa de producció, necessari al realitzar la modificació del disseny. Com es pot observar al gràfic de totes les propostes amb material d'origen no reciclat, es produeix un empitjorament a nivell d'eco-indicadors en l'etapa de producció, on el dissenyador té més pes específic. Són opcions que queden descartades per aquest motiu. Tot i que en l'etapa de rebuig es produeixi una millora important, aquesta no compensa la resta ja que només implica una major quantitat de material susceptible de ser reciclat.



Gràfic 6-7. Diferència en % propostes material d'origen no reciclat

### 6.6.3 Gràfic comparatiu propostes material reciclat

Les propostes on el material de producció són d'origen reciclat tenen una millora substancial en les etapes on més influència té el disseny, etapa de producció i diferència de pes. L'origen reciclat dels materials permet baixar molt el valor de l'impacte ambiental associat al material en qüestió, ja que s'evita la producció de material verge.



Gràfic 6-8. Diferència en % propostes material d'origen reciclat

## 6.7 Propostes acceptades per al càlcul estructural

Un cop analitzades en profunditat totes les propostes, les opcions escollides per a l'estudi estructural són la proposta 4 i la proposta 5, per les següents raons:

-Proposta 4 (Envoltants d'alumini 3 mm d'espessor): S'aconsegueix una reducció de l'impacte ambiental d'un 90% en el conjunt de totes les etapes que formen part del cicle de vida del xassís. En l'etapa de producció, on el dissenyador té més pes específic s'aconsegueix una millora del 16% en termes d'impacte ambiental. A més s'aconsegueix una reducció de pes del 4% respecte el model original.

-Proposta 5 (Envoltants d'alumini 2 mm d'espessor): S'aconsegueix una reducció de l'impacte ambiental d'un 62% en el conjunt de totes les etapes que formen part del cicle de vida del xassís. En l'etapa de producció, on el dissenyador té més pes específic s'aconsegueix una millora del 21% en termes d'impacte ambiental. A més s'aconsegueix una reducció de pes del 16% respecte el model original.



Avaluant amb criteris purament ambientals, la proposta 5 parteix amb avantatge, ja que aquesta proposta recull una disminució significativa del pes, d'un 16% enfront al 4% de la proposta 4. El percentatge de millora en l'etapa de producció és d'un 21%, superior a la proposta 4 també d'origen reciclat. En global, la proposta reflecteix un percentatge total de millora del 62% que, tot i no ser el percentatge més elevat globalment, sí que ho és en l'etapa producció i en la diferència de pes, etapes on més importància té el disseny del xassís.

Tot i així s'avaluen les dues propostes a nivell de resistència mecànica per assegurar-ne la viabilitat.

## 7 ESTUDI ESTRUCTURAL CK01 EVO

### 7.1 Simplificació de disseny per càlcul amb Element finits

S'han considerat varies opcions i finalment aquests són els criteris que s'han tingut en compte per aconseguir un mallat viable per simular:

- Els cargols no es consideraran i es faran unions rígides.
- Evitar les cantonades arrodonides i intentar transformar-les en rectes.

La màquina CK01 EVO està ancorada a la seva base mitjançant quatre orificis pels que s'introdueixen cargols passants. A diferència de l'anterior model, l'estructura entra en contacte amb la base per dos punts. Tota l'estructura i envoltants s'uneixen a la base. No obstant, la porta principal queda unida al xassís base mitjançant dues xarneres ubicades al costat esquerre. Degut a que la porta no aporta rigidesa a nivell mecànic s'ha considerat descartar-la de l'anàlisi estructural. Malgrat que té la missió de tancament de tota la màquina per evitar furts, la seva funció a nivell de càlcul estructural és discreta. Els seus punts d'unió són les dues xarneres i una lleva.

Com a conclusió, per a la simulació estructural, es considera només l'estructura base que és la que s'uneix mitjançant 4 cargols al mostrador unida rígidament als envoltants en quatre punts, els que correspondrien a les unions roscades entre estructura i envoltants.

Es deprecien també els elements que s'extreuen i no estan units de manera fixa al xassís: el calaix de recaptació, el baixant recullmonedes, la màscara i la safata del validador de monedes.

### 7.2 Càlcul per elements finits: Escenaris

S'utilitza el programa Solidworks, versió 2017-2018 amb el complement Simulation. És el complement d'anàlisi per elements finits més complet del paquet Solidworks.

Es procedeix a estudiar el xassís actual segons els requeriments del client.

- **Ancoratges:** Rígids en els quatre cargols inferiors.

- **Càrregues:** S'apliquen en tota la superfície lateral i posterior simulant la força que es pot fer manualment en cas de furt per intentar arrancar-la de la base. La càrrega serà de 50 kg repartits per la superfície d'aplicació.
- **Unions entre peces:** Es consideren unions rígides entre estructura i envoltats.
- **Materials:** D'acord amb els materials de producció actuals. Acer DC01 per a l'estructura i Alumini 5754 H111 per als envoltants.

A nivell de materials, s'ha procedit a crear el material a la base de dades del Solidworks, en base a la fitxa tècnica aportada pel fabricant.

Escenaris a considerar:

- Escenari 1: 500 N de FORÇA LATERAL proposta 4 (Envoltants de 3 mm d'espessor).
- Escenari 2: 500 N de FORÇA POSTERIOR proposta 4 (Envoltants de 3 mm d'espessor).
- Escenari 3: 500 N de FORÇA LATERAL proposta 5 (Envoltants de 2 mm d'espessor).
- Escenari 3: 500 N de FORÇA POSTERIOR proposta 5 (Envoltants de 2 mm d'espessor).

Al **Annex A**, apartats **A.3**, **A.4**, **A.5**, **A.6** es recullen els informes de les simulacions.

### 7.2.1 Escenari 1: 500 N FORÇA LATERAL PROPOSTA 4

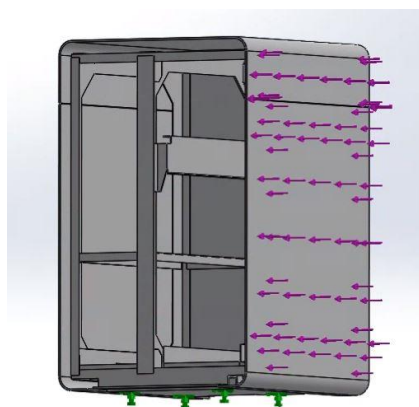


Fig 7-1. Ancoratges i força lateral aplicada

Mitjançant Von Misses s'observa que apareix una tensió màxima de 99 MPa en un punt localitzat al lateral dret entre estructura i envoltant. Tal com s'aprecia a la Fig 7-2, el conjunt del xassís no pateix tensions que sobrepassin el límit elàstic.

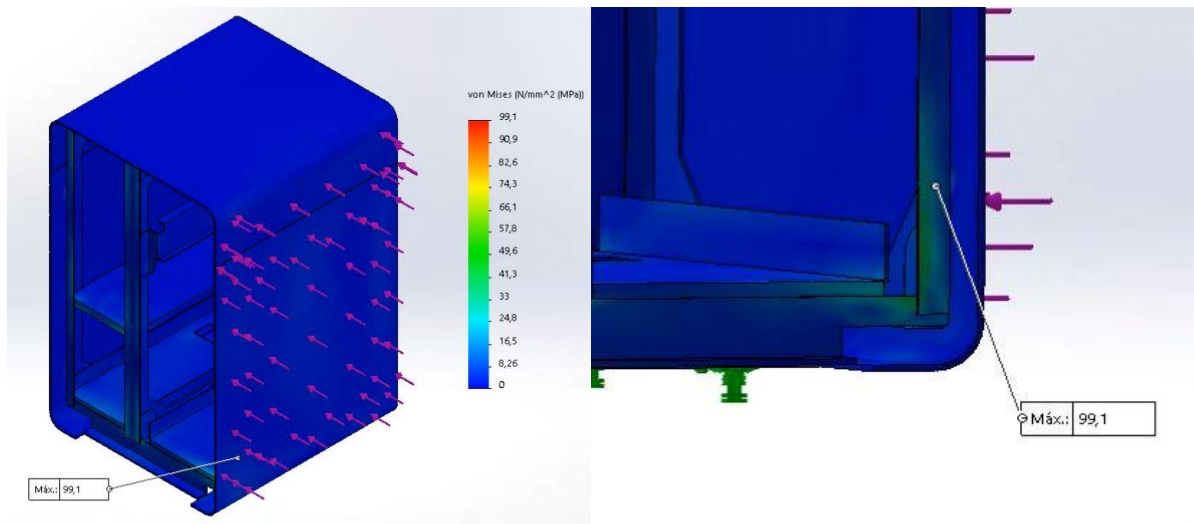


Fig 7-2. Tensions de Von Misses

A nivell de desplaçaments, el desplaçament màxim és de 0.591 mm, tal com s'observa a la Fig 7-3. Aquest desplaçament és inapreciable a simple vista.

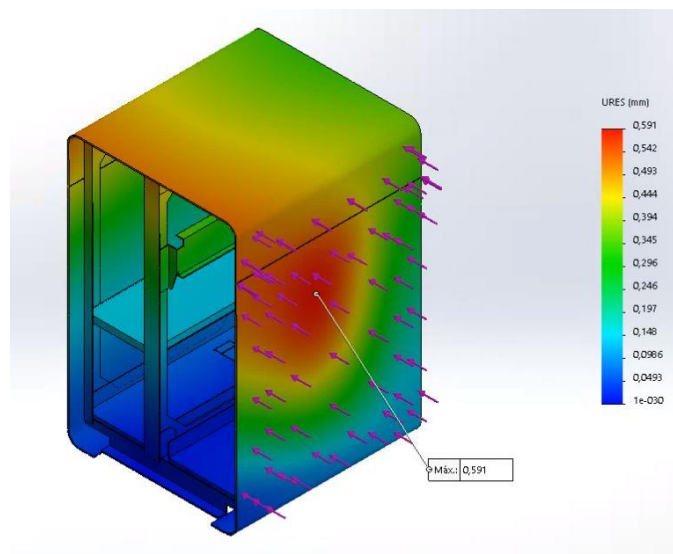


Fig 7-3. Desplaçaments

A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 7-4, el factor de seguretat a la zona més afectada és de 1.14, considerat suficient pels esforços que ha de suportar el conjunt. Cal dir que el factor de seguretat recollit en aquest apartat fa referència a l'alumini. Una tensió de 99 MPa respecte el límit elàstic de l'acer provocaria que el factor de seguretat fos de 2.28.

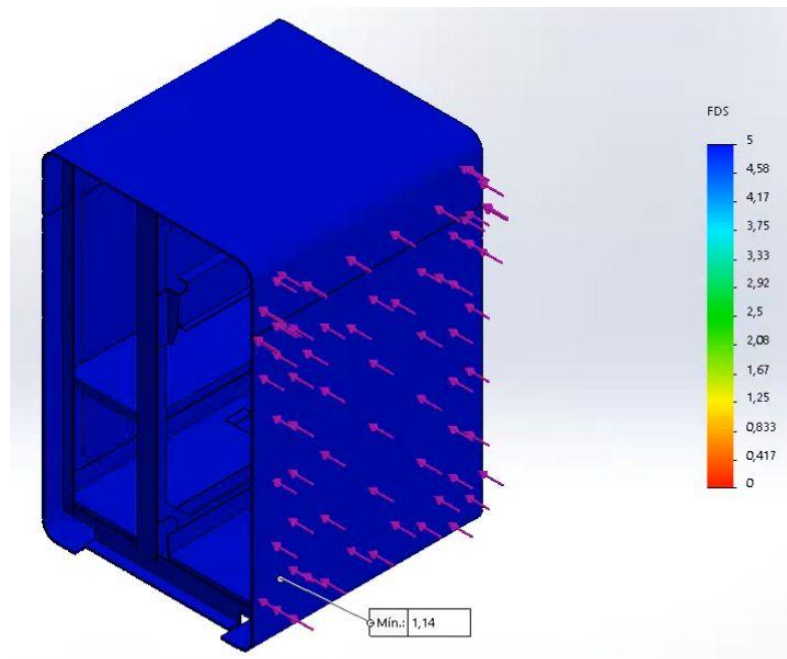


Fig 7-4. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 EVO aguanta la força lateral aplicada sense trencar-se, gràcies a la modificació de l'estructura. Tampoc pateix deformació plàstica en cap de les seves parts. A la Taula 7-1, es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 1.

Taula 7-1. Resum de resultats

<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
99 MPa	0.591 mm	1.14

### 7.2.2 Escenari 2: 500 N FORÇA POSTERIOR PROPOSTA 4

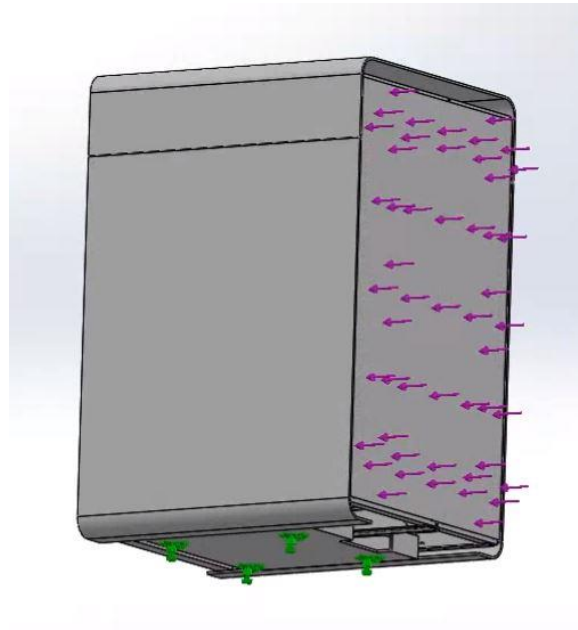


Fig 7-5. Ancoratges i força posterior aplicada

Mitjançant Von Mises s'observa que apareix una tensió màxima de 113 MPa en un punt localitzat al lateral dret posterior entre estructura i envoltant. Tal com s'aprecia a la Fig 7-6, el conjunt del xassís no pateix tensions que sobrepassin el límit elàstic.

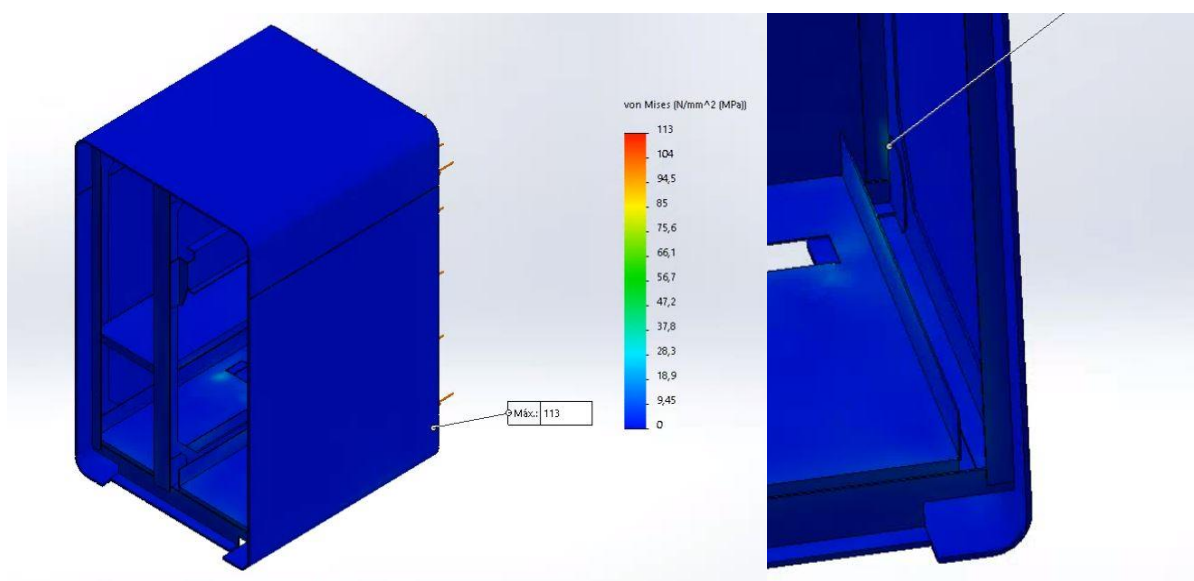


Fig 7-6. Tensions de Von Mises

A nivell de desplaçaments, el desplaçament màxim és de 0.429 mm, a la part posterior esquerra, tal com s'observa a la Fig 7-7. Aquest desplaçament és inapreciable a simple vista.

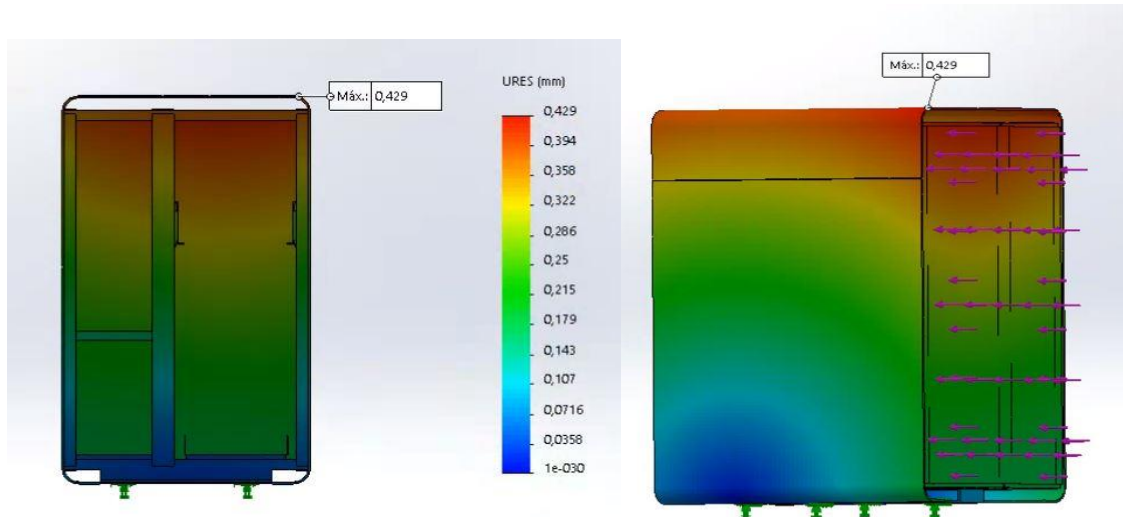


Fig 7-7. Desplaçaments

A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 7-8, el factor de seguretat a la zona més afectada és de 1.99, considerat suficient pels esforços que ha de suportar el conjunt. En aquest cas el factor de seguretat calculat recau sobre l'acer DC01, és a dir, l'element hauria patit deformació en els envoltants d'alumini.

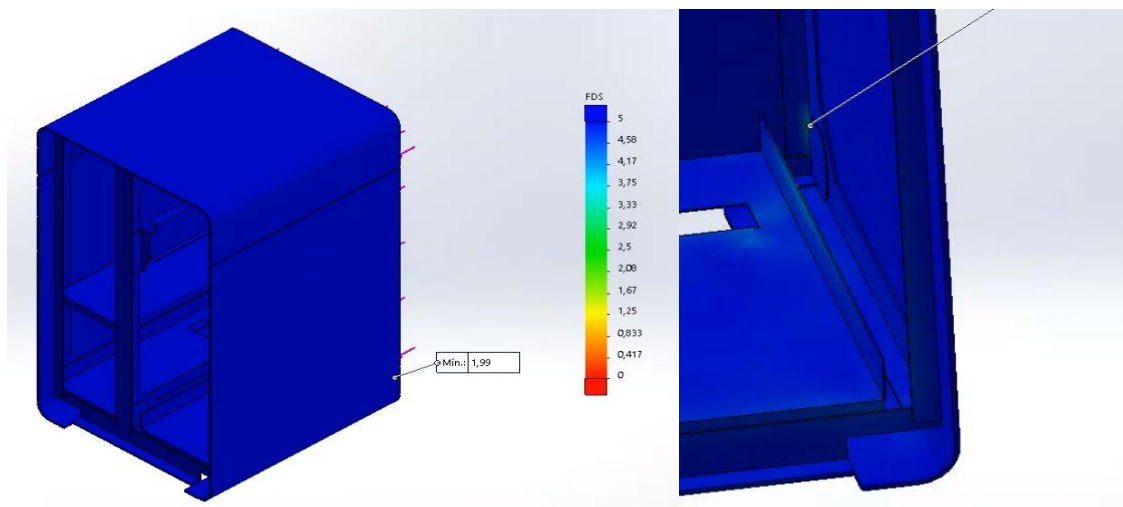


Fig 7-8. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 EVO aguanta la força posterior aplicada sense trencar-se, gràcies a la modificació de l'estructura. Tampoc pateix deformació plàstica en cap de les seves parts. A la Taula 7-2 es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 2.

Taula 7-2. Resum de resultats

<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
113 MPa	0.429 mm	1.99

### 7.2.3 Escenari 3: 500 N FORÇA LATERAL PROPOSTA 5

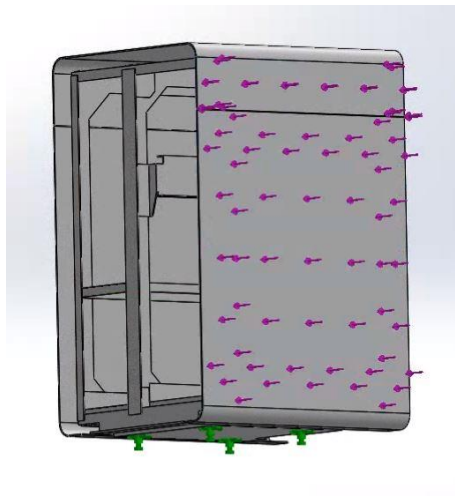


Fig 7-9. Ancoratges i força lateral aplicada

Mitjançant Von Mises s'observa que apareix una tensió màxima de 187 MPa en un punt localitzat al lateral dret posterior entre estructura i envoltant. Tal com s'aprecia a la Fig 7-10, el conjunt del xassís no pateix tensions que sobrepassin el límit elàstic.



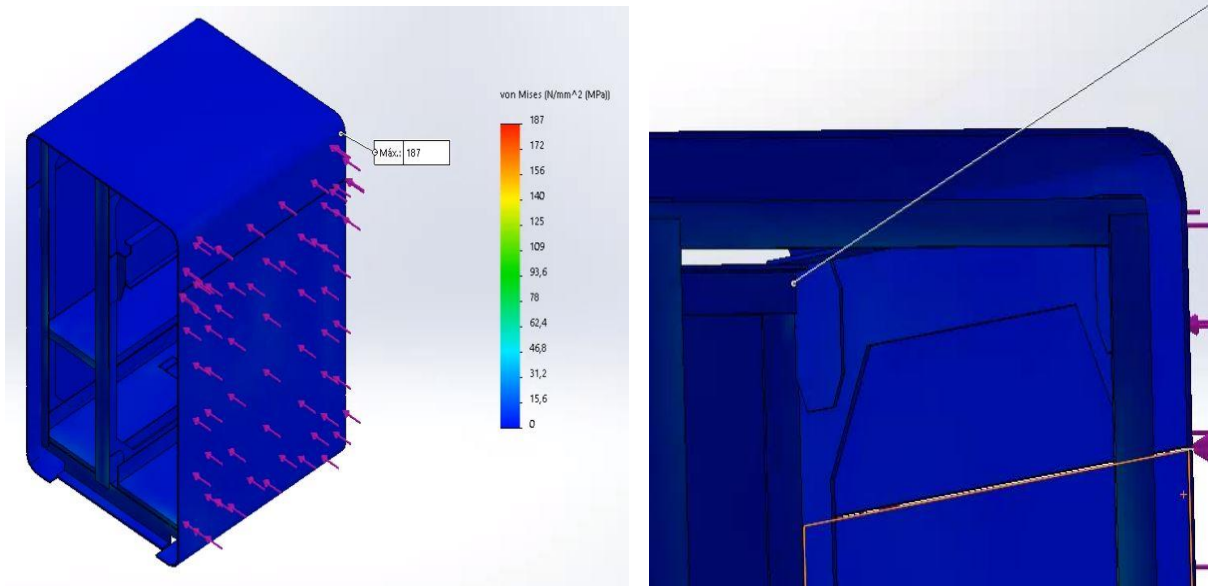


Fig 7-10. Tensions de Von Mises

A nivell de desplaçaments, el desplaçament màxim és de 0.787 mm, a la zona central dreta, tal com s'observa a la Fig 7-11. Aquest desplaçament és inapreciable a simple vista.

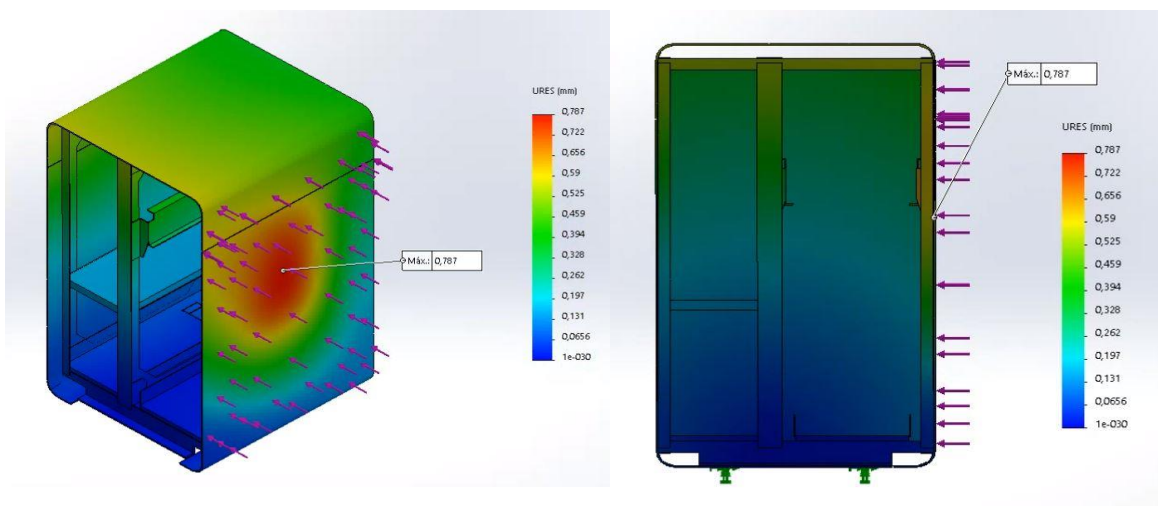


Fig 7-11. Desplaçaments

A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 7-12 , el factor de seguretat a la zona més afectada és de 0.806. El factor de seguretat és inferior a 1 en aquest punt ja que l'alumini pateix una tensió de 141.25 MPa. No coincideix la zona amb la ubicació on el xassís rep la tensió

màxima ja que el límit elàstic de l'acer DC01 és superior, per una tensió de 187 MPa el factor de seguretat és de 1.21. L'alumini quedarà deformat plàsticament mentre que l'acer DC01 no.

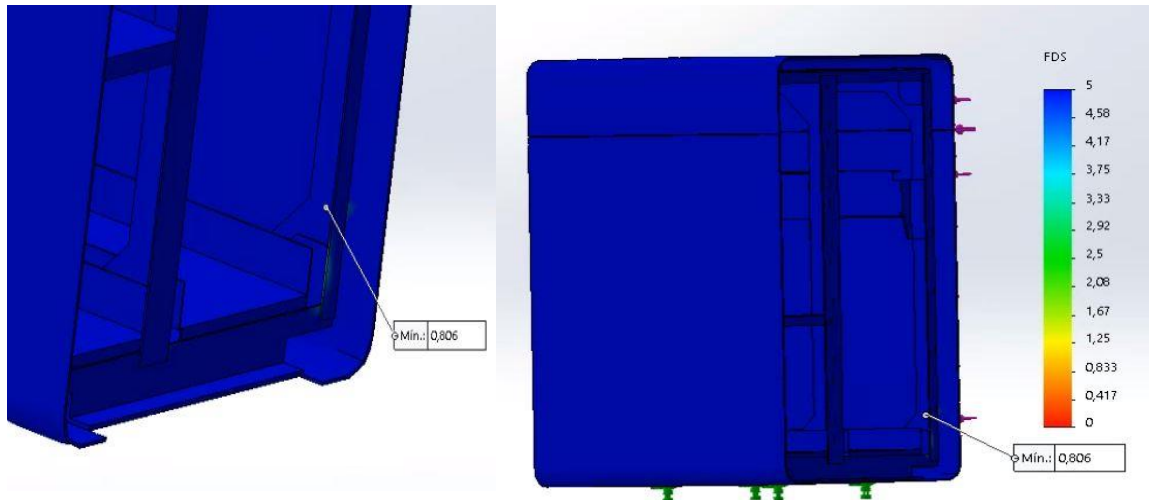


Fig 7-12. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 EVO aguanta la força lateral aplicada sense trencar-se, gràcies a la modificació de l'estructura. El conjunt del xassís no pateix deformació plàstica, si que ho fa, en l'extrem inferior dret l'envoltant d'Alumini. A la Taula 7-3 es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 3.

Taula 7-3. Resum de resultats

<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
187 MPa	0.787 mm	0.806

#### 7.2.4 Escenari 4: 500 N FORÇA POSTERIOR PROPOSTA 5

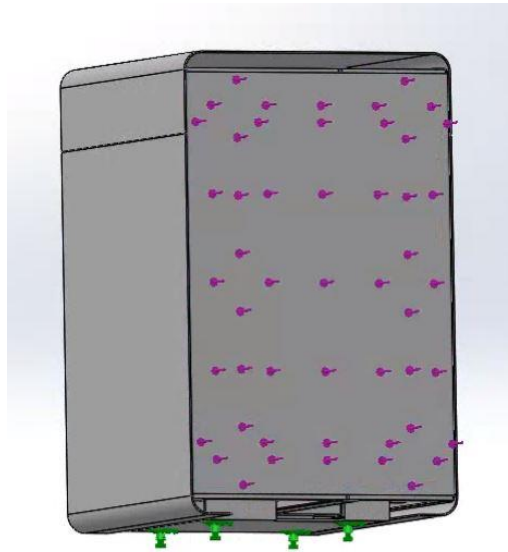


Fig 7-13. Ancoratge i força posterior aplicada

Mitjançant Von Misses s'observa que apareix una tensió màxima de 122 MPa en un punt localitzat al lateral dret posterior entre estructura i envoltant. Tal com s'aprecia a la Fig 7-14, el conjunt del xassís no pateix tensions que sobrepassin el límit elàstic.

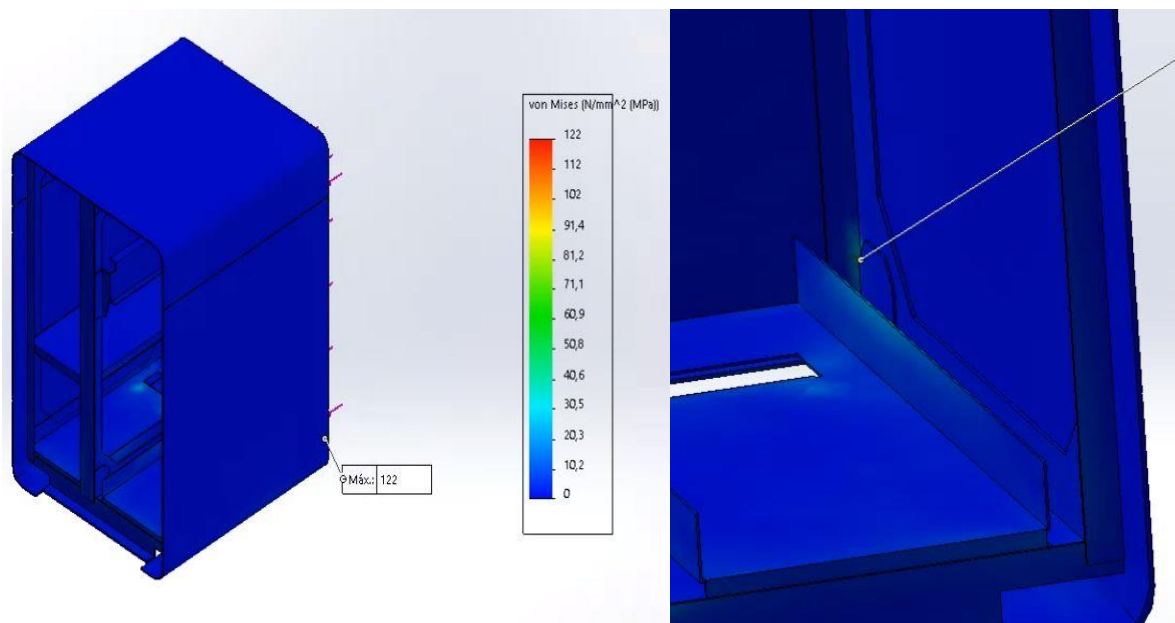


Fig 7-14. Tensions de Von Misses (MPa)

A nivell de desplaçaments, el desplaçament màxim és de 0.461 mm, a la zona central dreta, tal com s'observa a la Fig 7-15. Aquest desplaçament és inapreciable a simple vista.

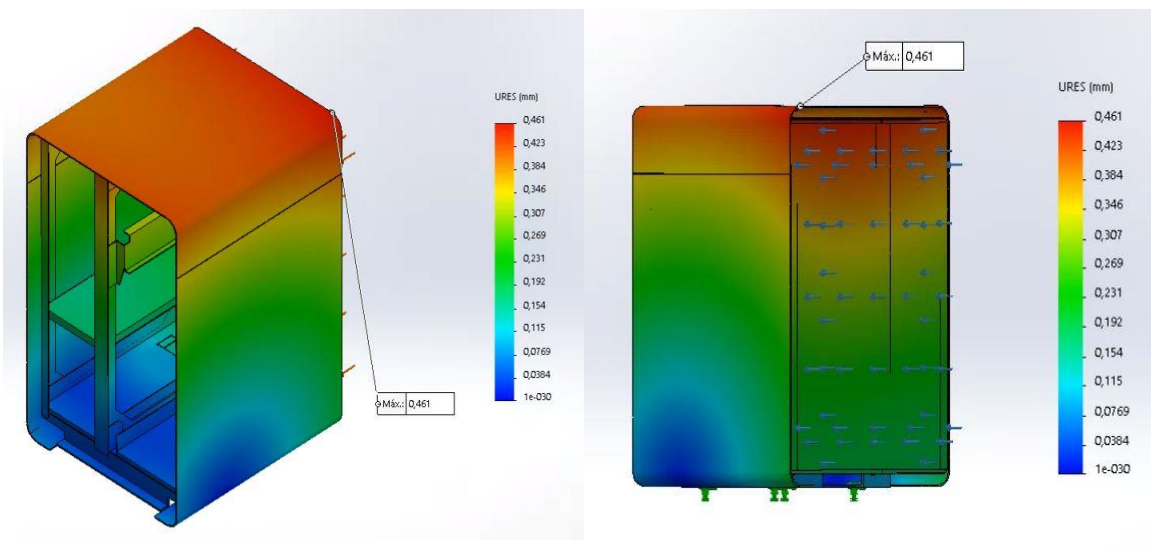


Fig 7-15. Desplaçaments (mm)

A nivell global, el factor de seguretat de l'estructura és superior a 5. Tal com s'observa a la Fig 7-16, el factor de seguretat a la zona més afectada és de 1.85, considerat suficient pels esforços que ha de suportar el conjunt. En aquest cas el factor de seguretat calculat recau sobre l'acer DC01, és a dir, l'element hauria patit deformació en els envoltants d'alumini.

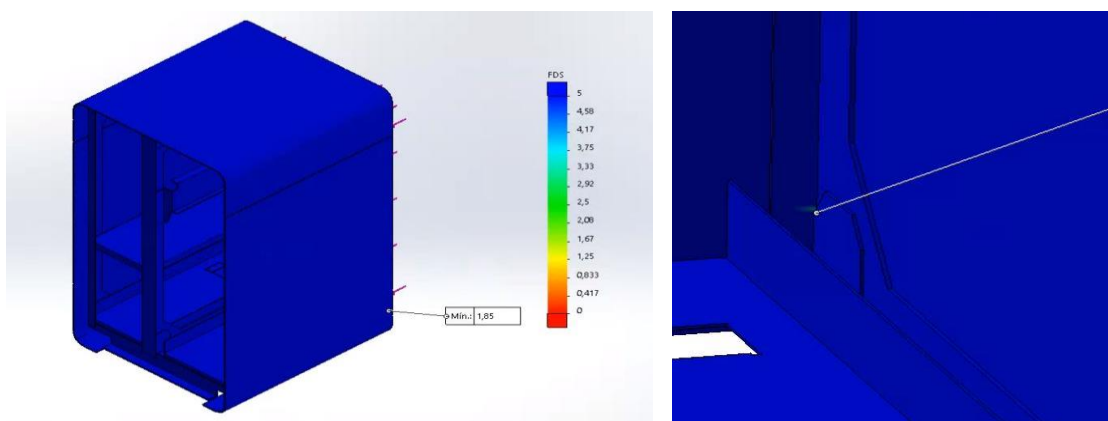


Fig 7-16. Factor de seguretat

A nivell estructural, el model CK01 EVO aguanta la força posterior aplicada sense trencar-se, gràcies a la modificació de l'estructura. El conjunt del xassís no pateix deformació plàstica, si que ho fa, en l'extrem inferior dret l'envoltant d'Alumini. A la Taula 7-4, es resumeixen els valors més destacats de l'escenari 4.

*Taula 7-4. Resum de resultats*

<b><i>Tensió màxima</i></b>	<b><i>Desplaçament màxim</i></b>	<b><i>Factor de seguretat mínim</i></b>
122 MPa	0.461 mm	1.85

## 8 COMPARATIVA ESTUDI ECO-ESTRUCTURAL CK01-CK01 EVO

Els valors obtinguts dels diferents estudis estructurals es resumeixen a la Taula 8-1.

Taula 8-1. Resum estudi d'esforços

<b>CK01 - 500 N Lateral</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
408 MPa	8.79 mm	0.454
<b>CK01 - 500 N Posterior</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
286 MPa	1.51 mm	0.791
<b>CK01 EVO Proposta 4 - 500 N Lateral</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
99 MPa	0.591 mm	1.14
<b>CK01 EVO Proposta 4 - 500 N Posterior</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
113 MPa	0.429 mm	1.99
<b>CK01 EVO Proposta 5 - 500 N Lateral</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
187 MPa	0.787 mm	0.806
<b>CK01 EVO Proposta 5 - 500 N Posterior</b>		
<b>Tensió màxima</b>	<b>Desplaçament màxim</b>	<b>Factor de seguretat mínim</b>
122 MPa	0.461 mm	1.85

S'observa la millora de propietats mecàniques del xassís proposat en tots els aspectes estudiats. Es redueixen les tensions màximes suportades, els desplaçaments i s'augmenten els coeficients de seguretat.

Taula 8-2. % de millora Propostes 4 i 5

<b>CK01 EVO PROPOSTA 4</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	16%
Etapa ús	16%
Etapa rebuig	238%
Millora estudi	90%
Diferència pes	4%
<b>CK01 EVO PROPOSTA 5</b>	<b>DIFERÈNCIA %</b>
Etapa Producció	21%
Etapa ús	20%
Etapa rebuig	121%
Millora estudi	62%
Diferència pes	16%

La proposta escollida és la proposta 5 pels següents motius:

- Es millora l'impacte ambiental en l'etapa de producció (on el dissenyador té més pes específic) un 21% respecte el xassís actual.
- Es millora l'impacte ambiental global un 62% respecte el model actual.
- Es redueix el pes del xassís un 16%.
- Es milloren les especificacions estructurals del xassís actual en tots els paràmetres calculats, tensions màximes suportades, desplaçaments màxims que pateix el xassís i coeficient de seguretat de l'estructura.

Tot i que la proposta 4 millora els resultats d'especificacions estructurals i en el global d'impacte ambiental, es considera que el factor pes és determinant per a l'elecció final, ja que es una de les especificacions del present projecte.

## 8.1 Resum característiques principals proposta escollida

Les característiques principals de la proposta escollida es resumeixen a la Taula 8-3.

Taula 8-3. Resum característiques principals

<b>Dimensions (mm)</b>		
<b>Llargada</b>	<b>Amplada</b>	<b>Alçada</b>
374	343	547
<b>Pes (kg)</b>		
17.75		
<b>Impacte Ambiental (mPt)</b>		
1977,169		



Fig 8-1. Renderitzat CK01 EVO



## 9 CONCLUSIONS

El present projecte tenia com a objectiu el redisseny del xassís de la màquina automàtica de comptatge de monedes i bitllets CK01, per tal d'aconseguir reduir l'impacte ambiental associat al cicle de vida mitjançant criteris d'Eco-disseny.

S'han avaluat les diversos sistemes per mesurar l'impacte ambiental, escollint l'Eco-indicador 99 com a millor opció per comparar les propostes amb el xassís actual.

La divisió del xassís en dos parts per poder aplicar 2 tipus de materials, ha estat un disseny diferenciador que ha aportat possibilitat de proposar alternatives d'eco-disseny, aconseguint una estructura mínima en pes que millora la resistència estructural.

Un cop redissenyat el xassís, s'han avaluat diverses alternatives amb gruixos de paret de 2 i 3 mm en alumini. La proposta escollida és el redisseny amb envoltants de 2 mm en alumini 100% reciclat (proposta 5). S'ha aconseguit obtenir una millora tan en l'objectiu mediambiental, com en el de resistència mecànica, respecte el xassís actual:

- Es millora l'impacte ambiental en l'etapa de producció (on el dissenyador té més pes específic) un 21% respecte el xassís actual.
- Es millora l'impacte ambiental global un 62% respecte el model actual.
- Es redueix el pes del xassís un 16%.
- Es milloren les especificacions estructurals del xassís actual en tots els paràmetres calculats, tensions màximes suportades, desplaçaments màxims que pateix el xassís i coeficient de seguretat de l'estructura.

Tot i que la proposta 4 millora els resultats d'especificacions estructurals i en el global d'impacte ambiental, es considera que el factor pes és determinant per a l'elecció final, ja que es una de les especificacions del present projecte.

A nivell de càlculs estructurals, s'han hagut de dur a terme simplificacions dels models reals per tal de poder simular el comportament sota els esforços requerits per part del client. Les simplificacions han seguit una lògica per igual en ambdós models, assimilant els elements d'unió a sòlids rígids. D'aquesta manera s'ha aconseguit mallar i simular correctament el model base actual (de referència) i els redissenys, obtenint el comportament de cada un d'ells davant els esforços aplicats.

Ha quedat palès que per aconseguir reduir l'impacte ambiental associat a la fabricació d'un xassís com el de la CK01, cal tenir en compte factors com el pes, geometria, materials seleccionats per a la fabricació i l'origen d'aquests. Tots ells són elements essencials per reduir els indicadors que quantifiquen l'impacte ambiental. És necessari doncs, tenir en compte tots aquests factors i, com ha quedat demostrat, el fet de pensar en reduir l'impacte ambiental no és antagònic a millorar les característiques mecàniques de l'element que es pretén redissenyar.

L'obtenció d'alumini reciclat a producció no hauria de suposar un problema, ja que es tracta d'un material metàl·lic de fàcil reciclatge que no perd propietats un cop reciclat, a diferència dels plàstics, que tenen un nombre de cicles de reciclatge màxim abans de perdre les propietats originals del material.

Ha estat de gran dificultat delimitar el cicle de vida de xassís a estudiar, ja que definir amb exactitud absolutament tot el cicle de vida d'un producte requereix d'un esforç titànic i unes bases de dades que, o bé no existeixen, o són de pagament, impossibilitant l'accés a les dades.

Per a realitzar un projecte molt més acurat, seria convenient l'ús de programari específic per a l'anàlisi del cicle de vida. La manca de possibilitat d'accés a un programa d'aquest tipus ha provocat que no s'hagin pogut fer tantes iteracions com s'hauria desitjat, amb molts més tipus de materials: Materials plàstics 100% reciclats com per exemple el *Hanit®*, un tipus de plàstic d'origen 100% reciclat obtingut a partir del material dipositat al contenidor groc d'Alemanya, haurien reduït encara més els valors associats a l'impacte ambiental, tot mantenint unes característiques mecàniques adients per al tipus de producte que s'ha redissenyat.

## **10 RESUM PRESSUPOST**

L'estimació econòmica d'execució del present projecte ascendeix a quatre-cents setze euros i seixanta-quatre cèntims.

## **11 RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Doc 1. Memòria i Annexos

Annex A: Resultats anàlisi d'elements finits

Annex B: Taules valors Eco-Indicador 99

Doc 2. Plànols

Doc 3. Plec de Condicions

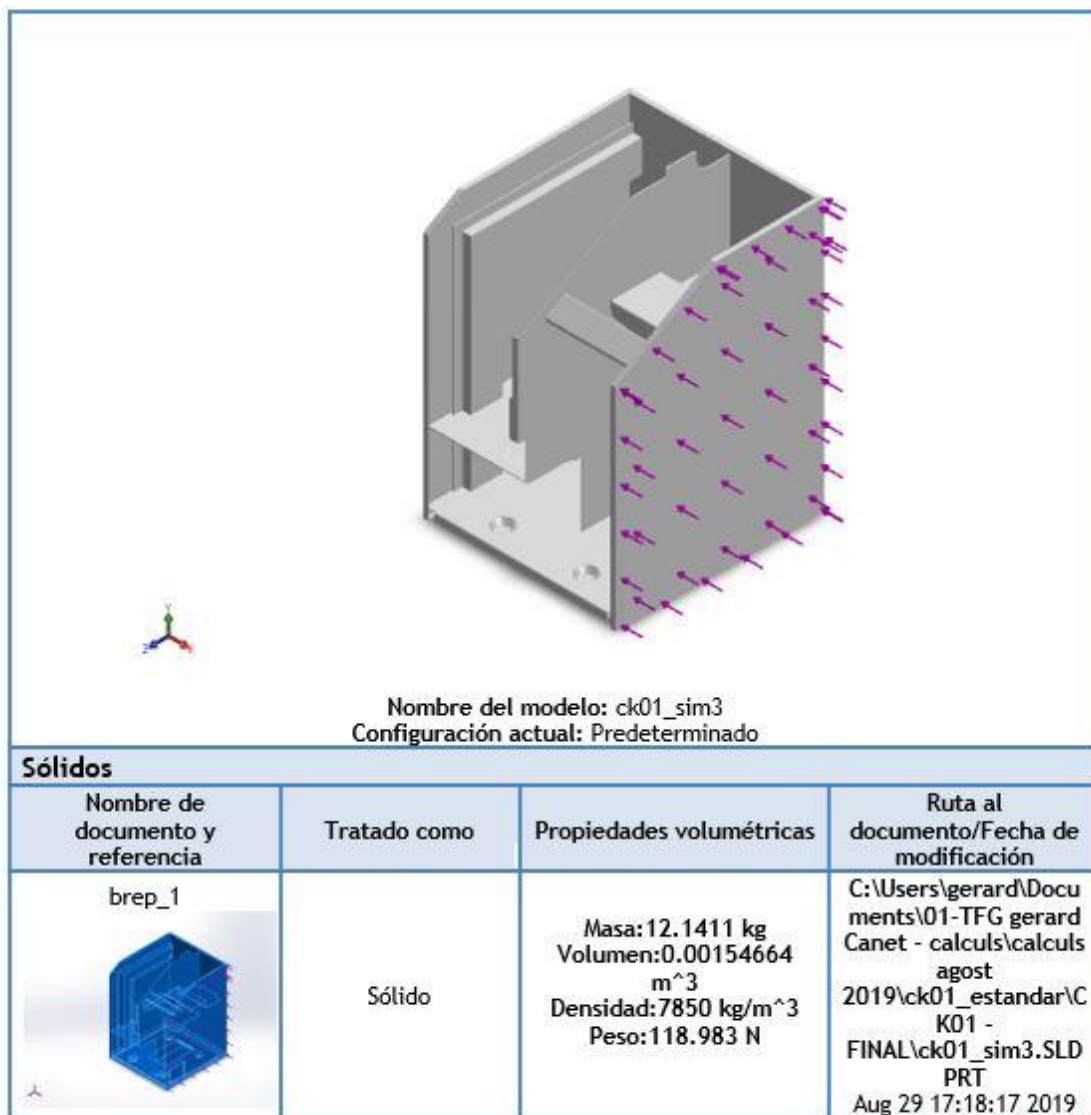
Doc 4. Estat d'amidaments

Doc 5. Pressupost

# **ANNEX A: RESULTATS ANÀLISI D'ELEMENTS FINITS**

## A.1 RESULTATS TEST CK01 AMB 500 N FORÇA LATERAL

### Información de modelo



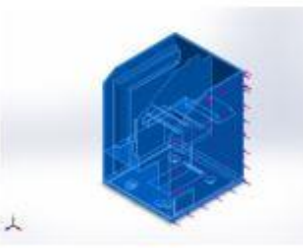
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	500 N Laterals
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01_estandar\CK01 - FINAL)

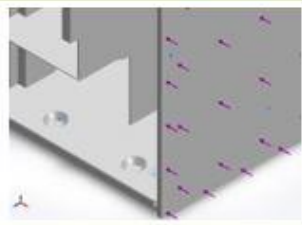
### Unidades

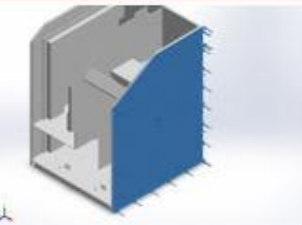
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg.
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acer DC01 EN 10130</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.26e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 2.66e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.1e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 2.7e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido</p> <p>1(brep_1)(ck01_sim3)</p>
Datos de curva: N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	499.958	-0.215652	-0.0875092	499.958
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 500 N		

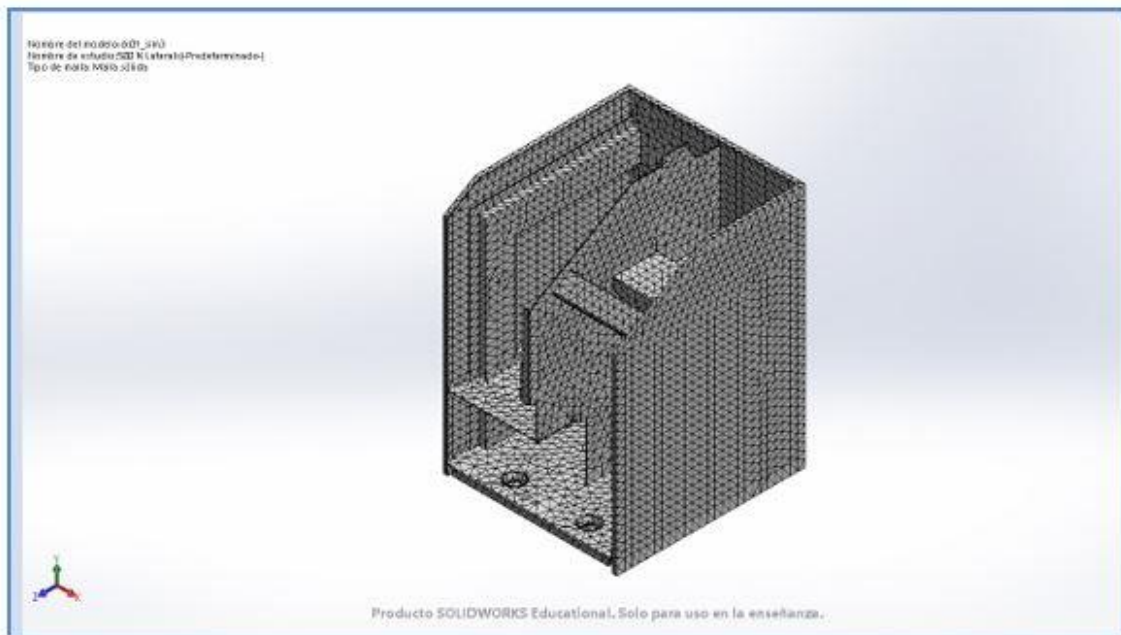
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 <u>Puntos</u>
Tamaño de elementos	14.0658 mm
Tolerancia	0.703292 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	71726
Número total de elementos	35454
Cociente máximo de aspecto	74.839
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	1.28
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	39.6
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:19
Nombre de computadora:	





### Fuerzas resultantes

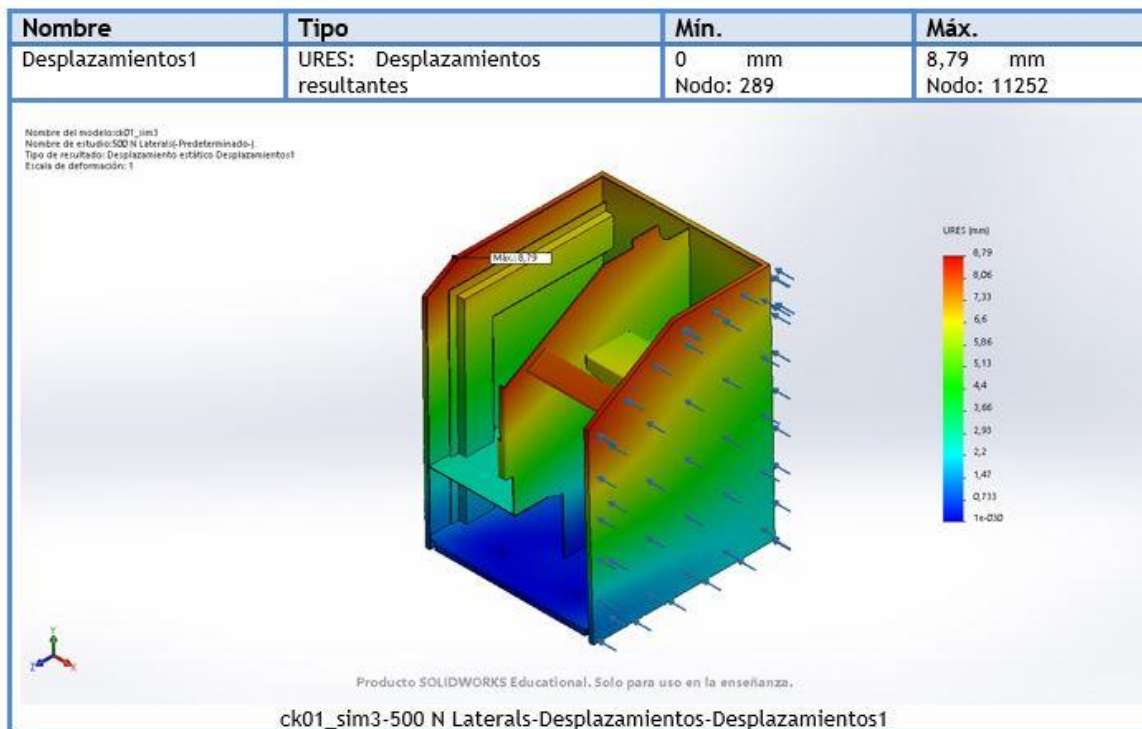
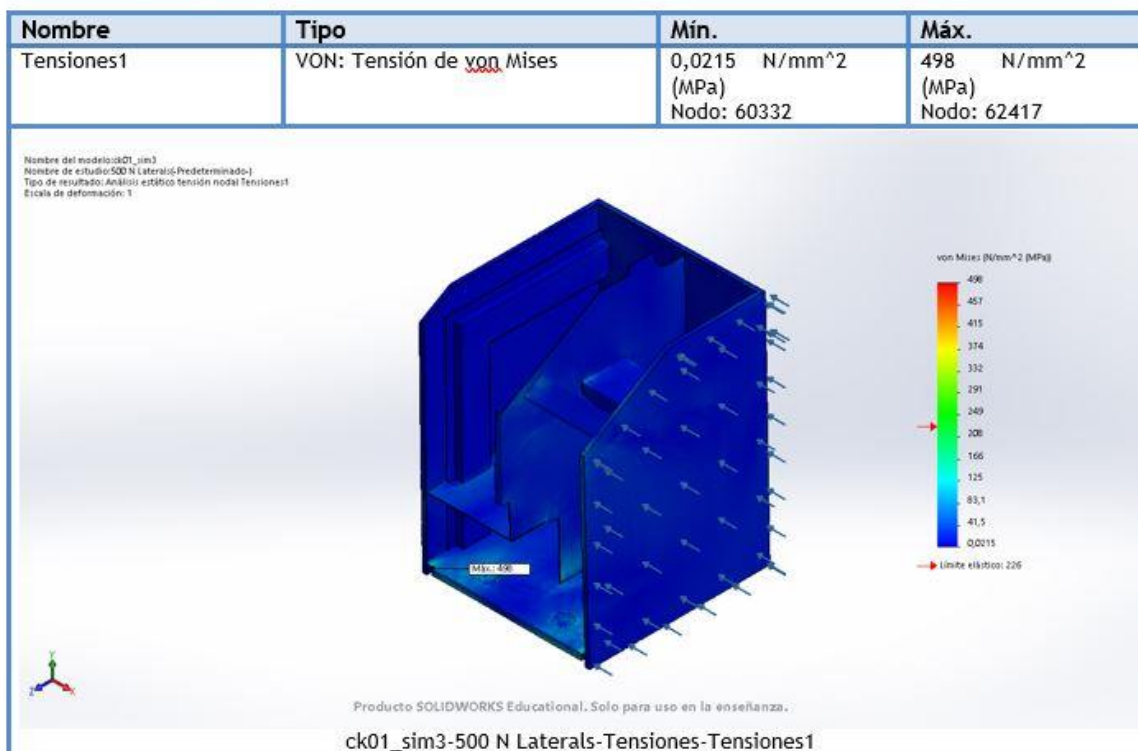
#### Fuerzas de reacción

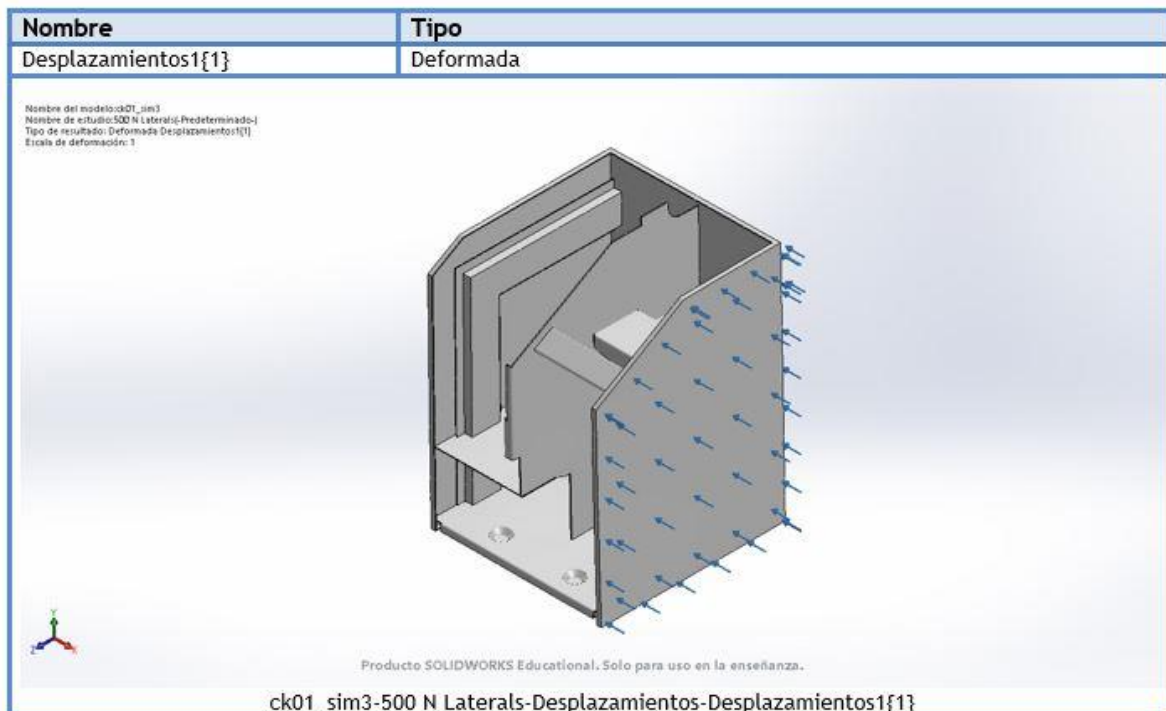
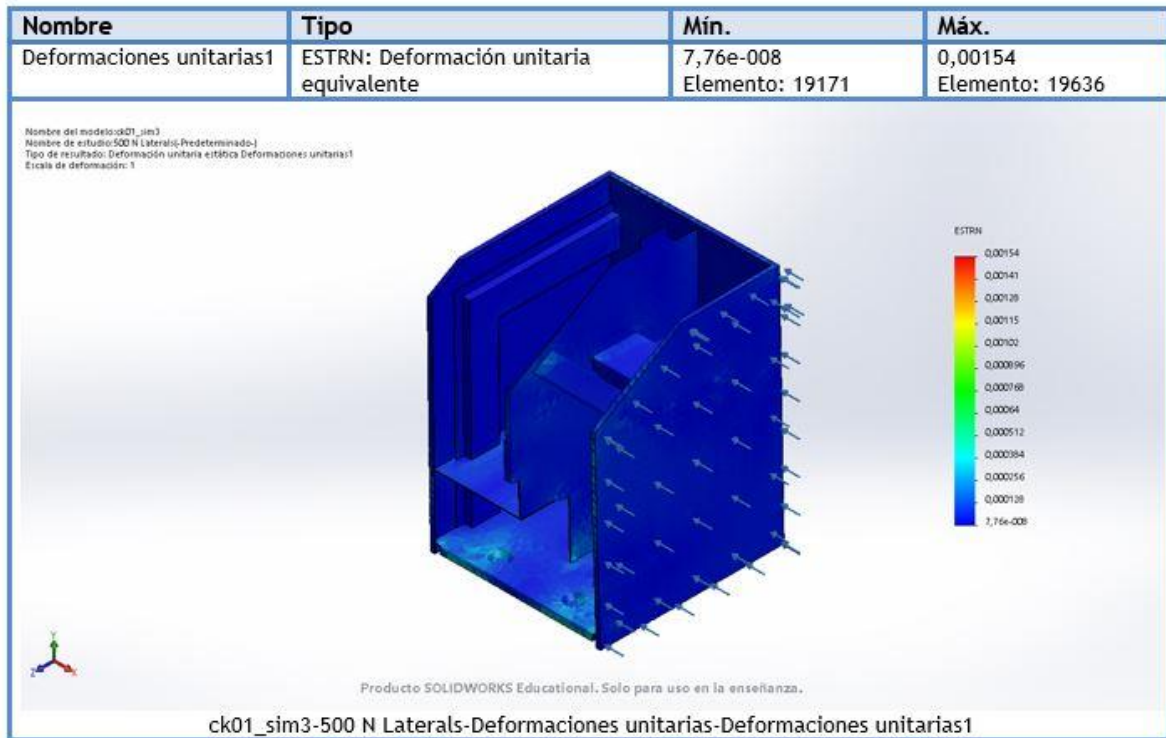
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	499.958	-0.215652	-0.0875092	499.958

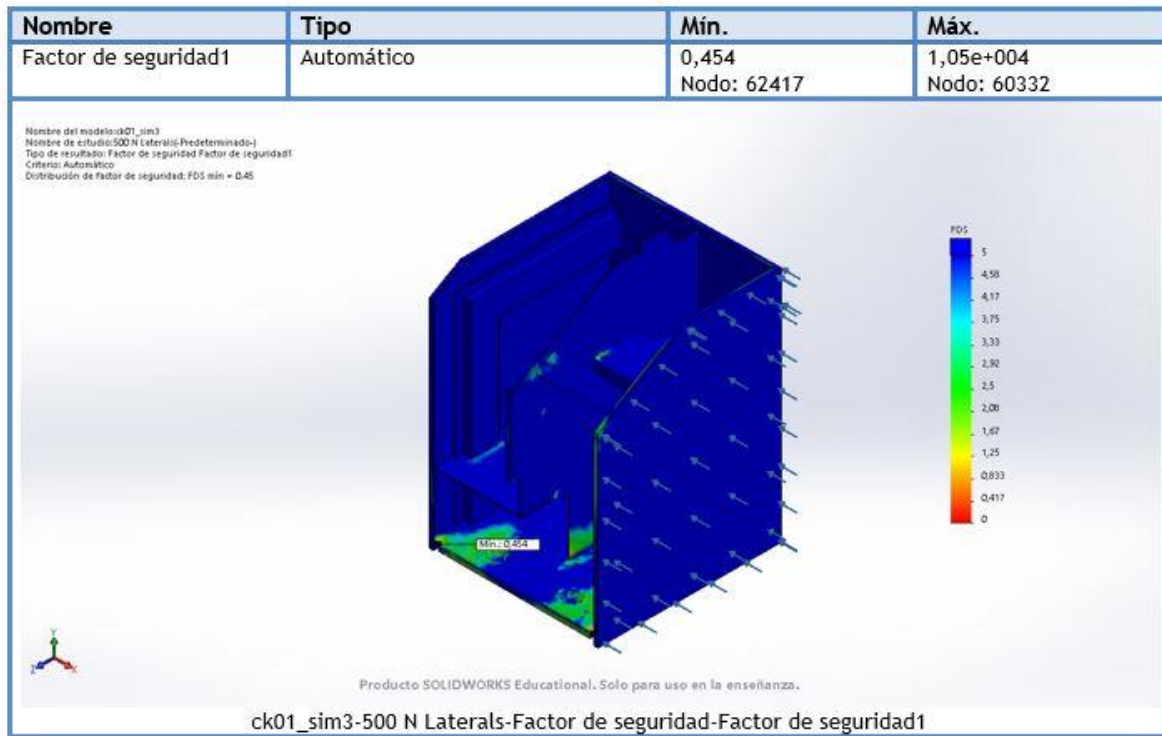
#### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	Nm	0	0	0	0

### Resultados del estudio

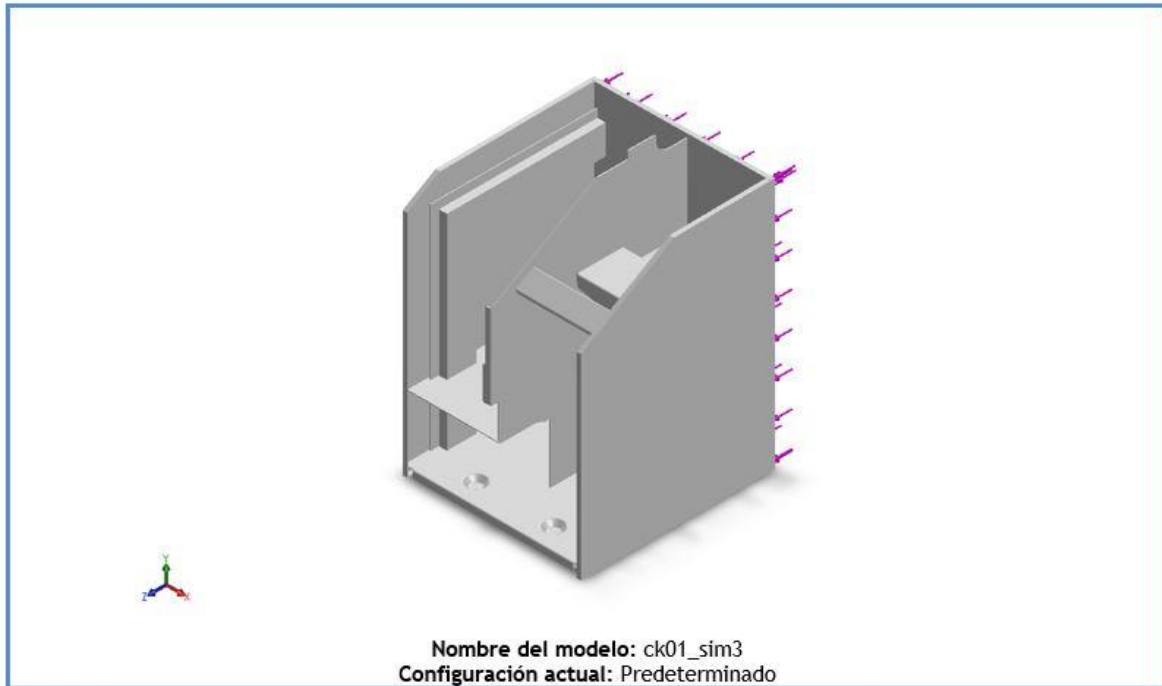







## A.2 RESULTATS TEST CK01 AMB 500 N FORÇA POSTERIOR

### Información de modelo



Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
brep_1 	Sólido	Masa: 12.1411 kg Volumen: 0.00154664 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 118.983 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01_estandar\CK01 - FINAL\ck01_sim3.SLDPRT Aug 29 17:18:17 2019



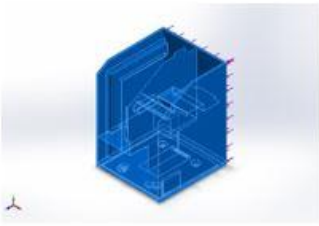
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	500 N Darrera
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01_estandar\CK01 - FINAL)

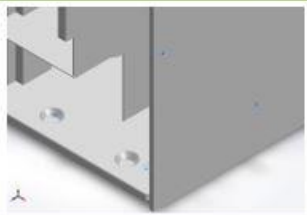
### Unidades

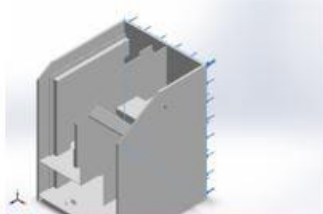
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acer DC01 EN 10130</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.26e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 2.66e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.1e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 2.7e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(brep_1)(ck01_sim3)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0542412	0.271402	-499.963	499.964
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

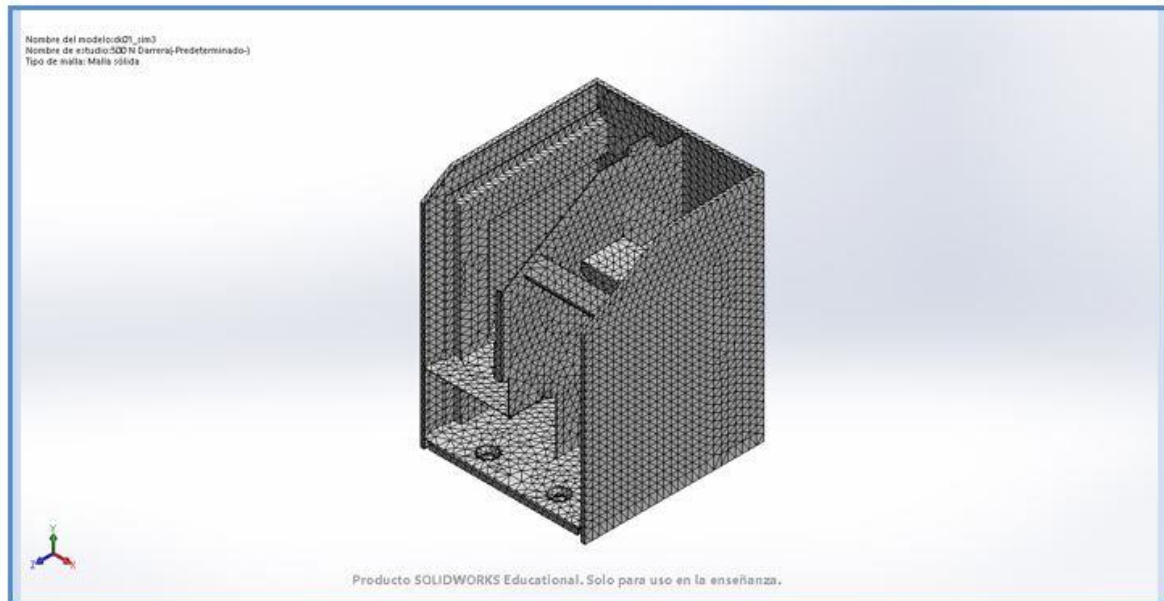
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 500 N		

## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	14.0658 mm
Tolerancia	0.703292 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	71726
Número total de elementos	35454
Cociente máximo de aspecto	74.839
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	1.28
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	39.6
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:19
Nombre de computadora:	



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

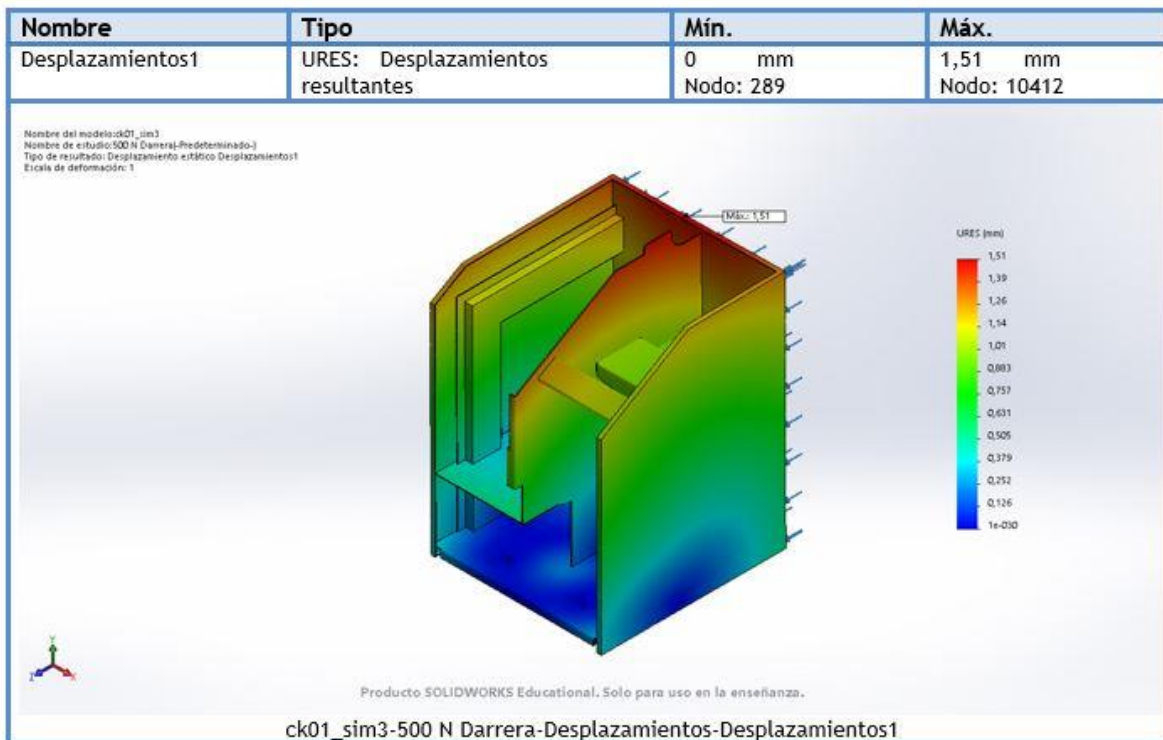
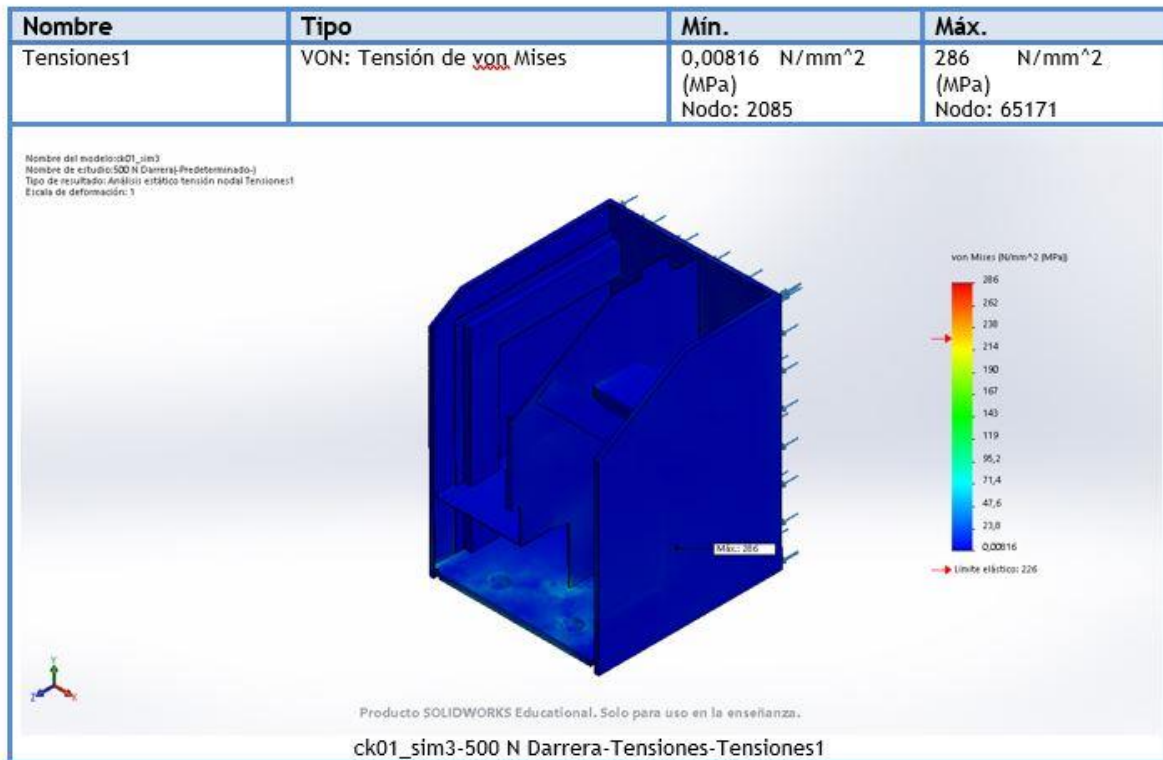
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0542412	0.271402	-499.963	499.964

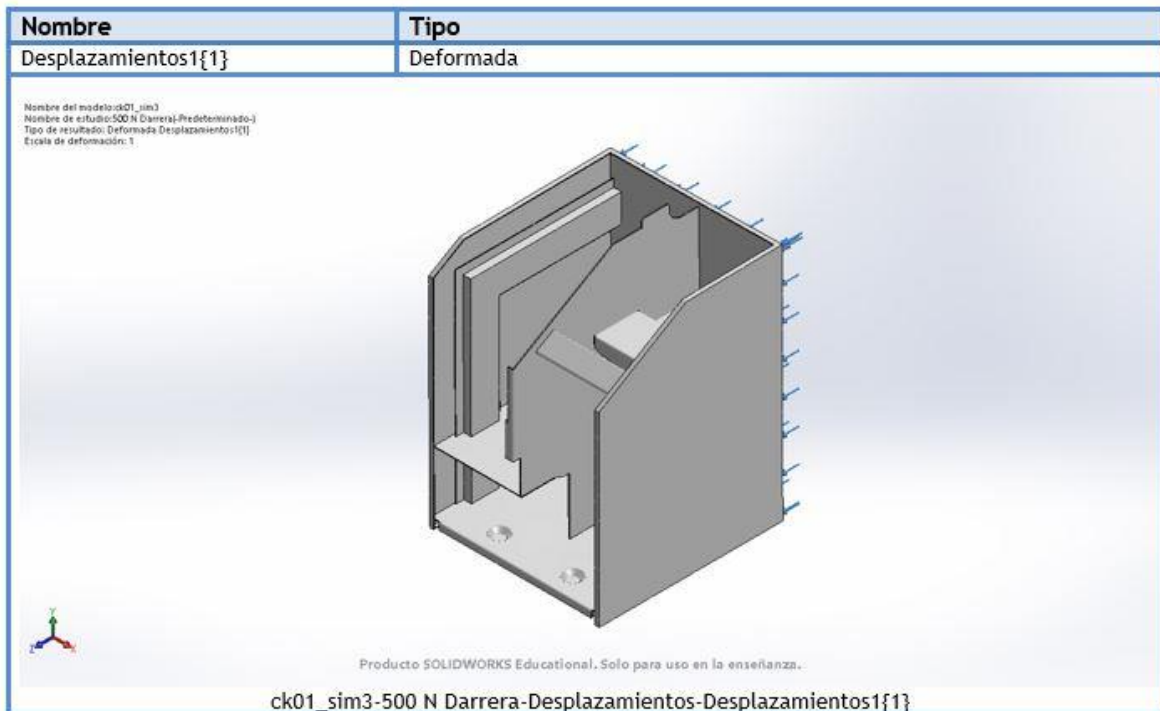
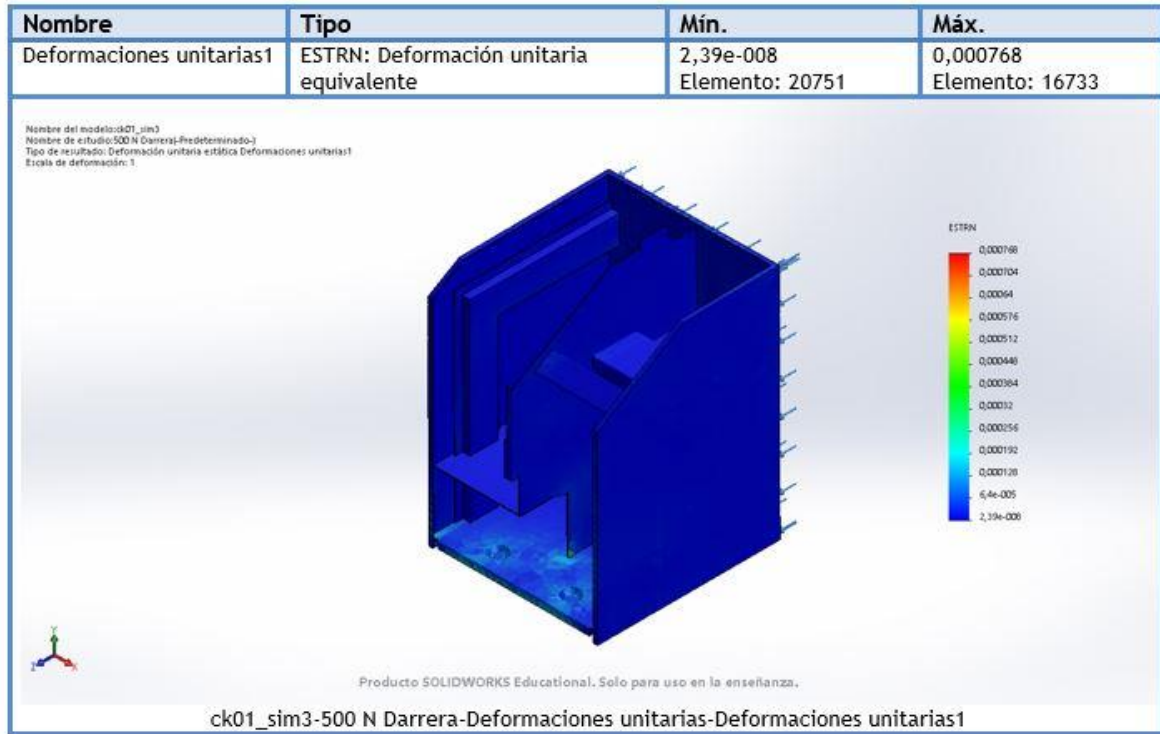
### Momentos de reacción

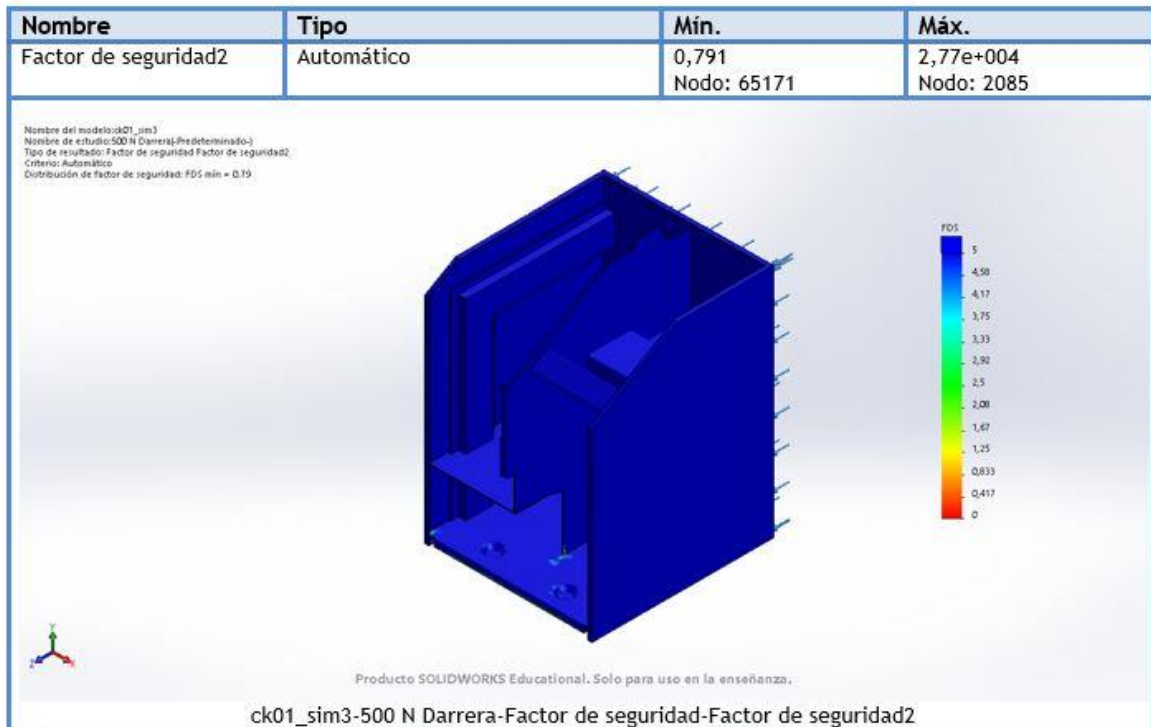
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



### Resultados del estudio

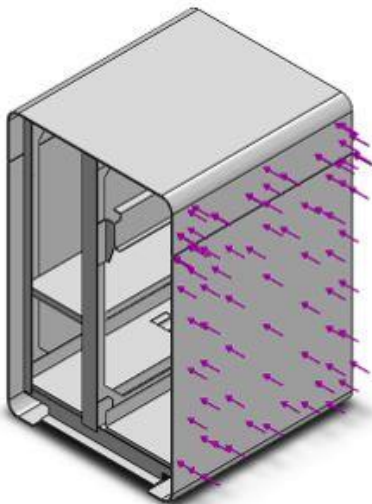

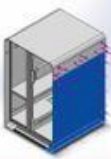


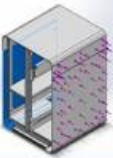
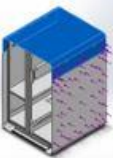




## A.3 RESULTATS TEST CK01 EVO 3MM 500 N FORÇA LATERAL

### Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
brep_1 	Sólido	Masa: 9.2524 kg Volumen: 0.00117865 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 90.6735 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\ESTRUCTURA PER SIMULACIO.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019
brep_2 	Sólido	Masa: 1.48686 kg Volumen: 0.00055069 m <sup>3</sup> Densidad: 2700 kg/m <sup>3</sup> Peso: 14.5713 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019

	Sólido	Masa:1.48686 kg Volumen:0.00055069 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:14.5713 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019
	Sólido	Masa:1.55889 kg Volumen:0.000577366 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:15.2771 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019

### Propiedades de estudio

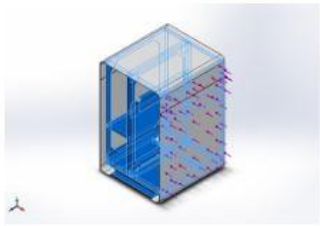
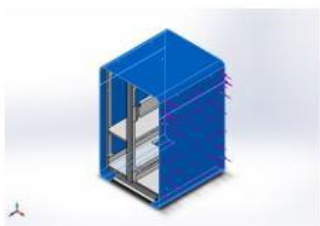
Nombre de estudio	500 N LATERAL ALUMINI 3 MM
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\RESULTAT 500 N amb hanit ultra 3 mm\ARXIUS UTILITZATS)

### Unidades

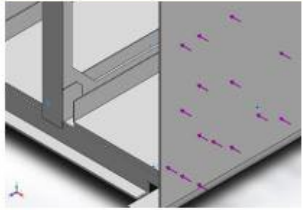
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

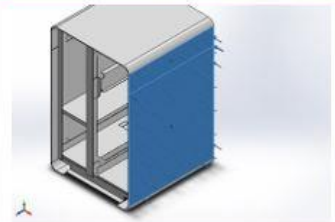


## Propiedades de material

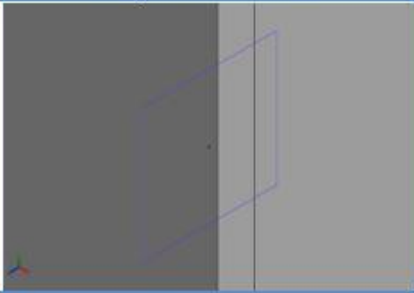
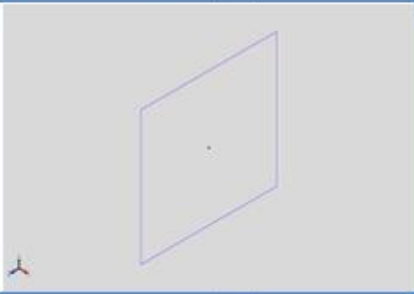

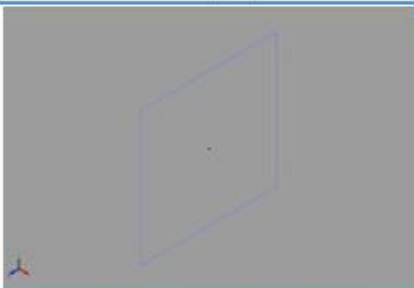
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> Acer DC01 EN 10130 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <b>von Mises</b> máx. <b>Límite elástico:</b> 2.26e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.66e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2.1e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 7850 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.2e-005 /Kelvin	Sólido 1(brep_1)(ESTRUCTURA PER SIMULACIO-1)
Datos de curva:N/A		
	<b>Nombre:</b> <b>alumi</b> ni 5754 H111 - DIN 1712/1725 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <b>von Mises</b> máx. <b>Límite elástico:</b> 1.13e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.11e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 2700 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.6e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 2.36e-005 /Kelvin	Sólido 1(brep_2)(aluminis2-1), Sólido 2(brep_3)(aluminis2-1), Sólido 3(brep_1)(aluminis2-1)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

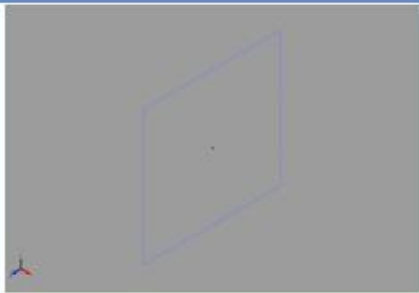
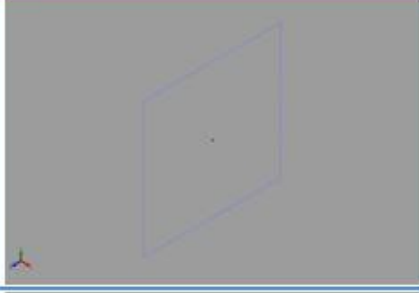
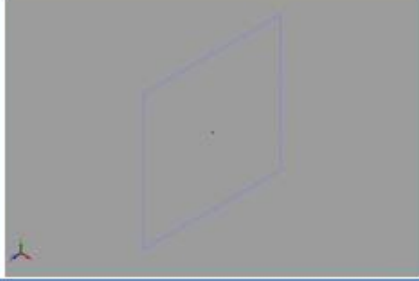

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 4 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
<b>Fuerza de reacción(N)</b>	500.078	-0.0305252	-0.0272264	500.078
<b>Momento de reacción(N.m)</b>	0	0	0	0

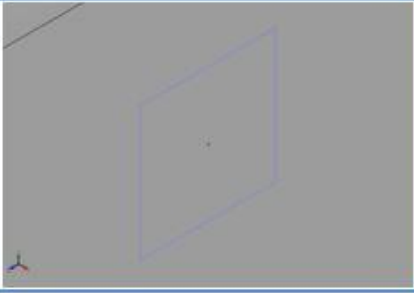
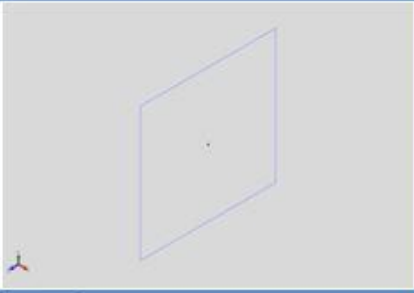
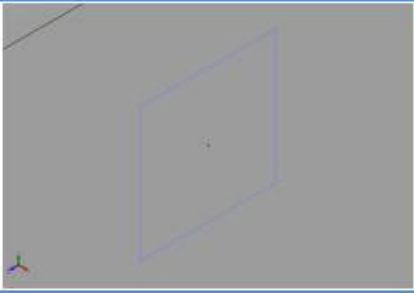
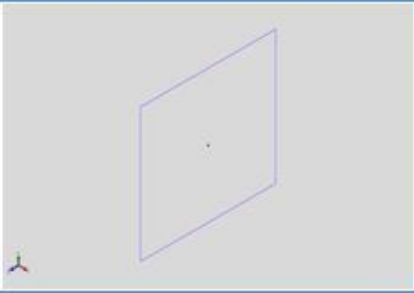
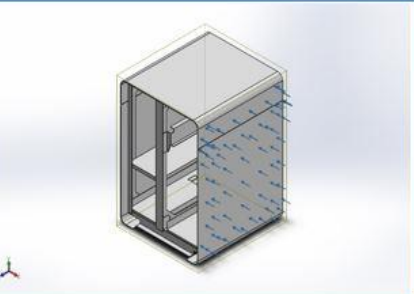
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
500 N laterals		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 500 N		

## Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-25		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-26		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-27		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-28		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)



Contacto-29		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-30		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-31		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-32		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

<p>Contacto-33</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-34</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-35</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-36</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto global</p>		<p><b>Tipo:</b> Unión rígida  <b>Componentes:</b> 1 componente(s)  <b>Opciones:</b> Mallado compatible</p>

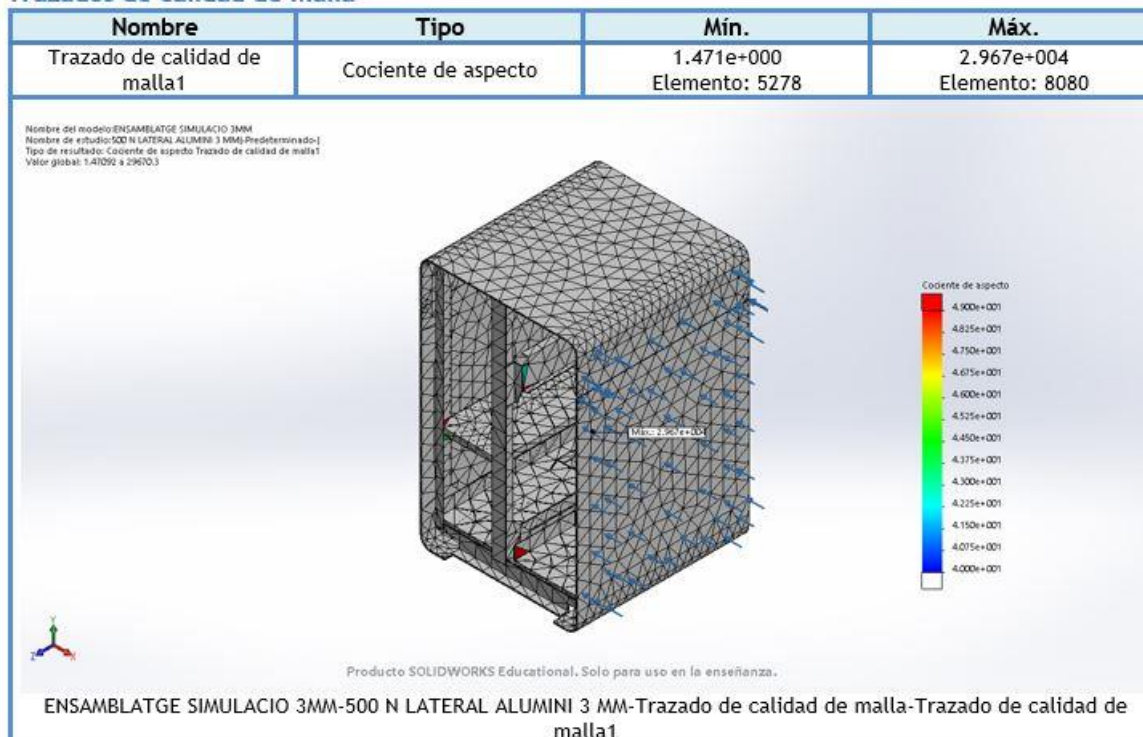
### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	32.1261 mm
Tamaño mínimo del elemento	6.42521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	30476
Número total de elementos	14247
Cociente máximo de aspecto	29670
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.653
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	54.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:13
Nombre de computadora:	

### Trazados de calidad de malla



### Fuerzas resultantes

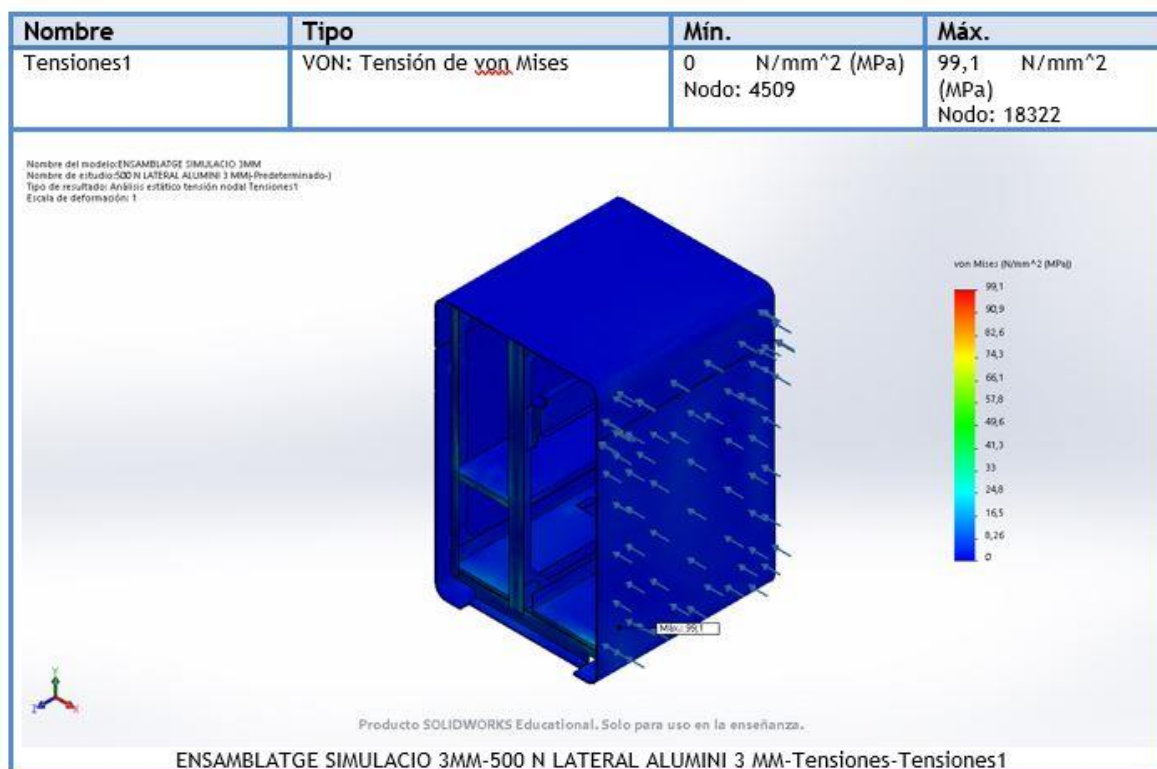
#### Fuerzas de reacción

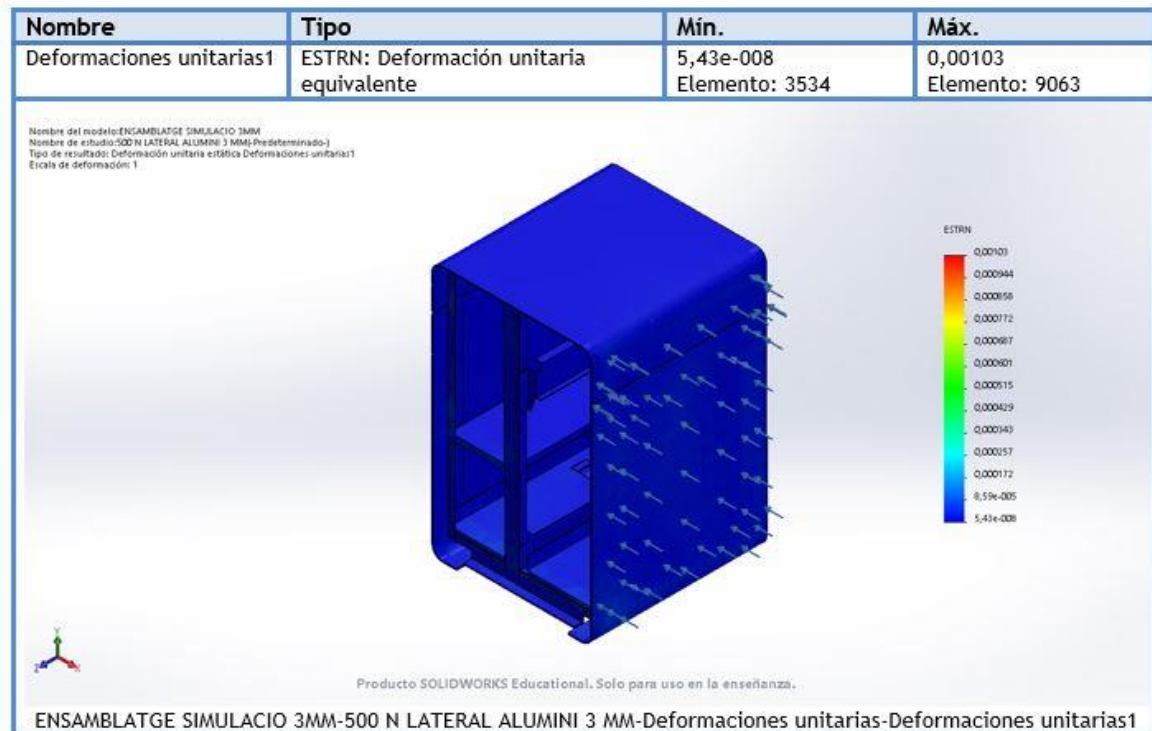
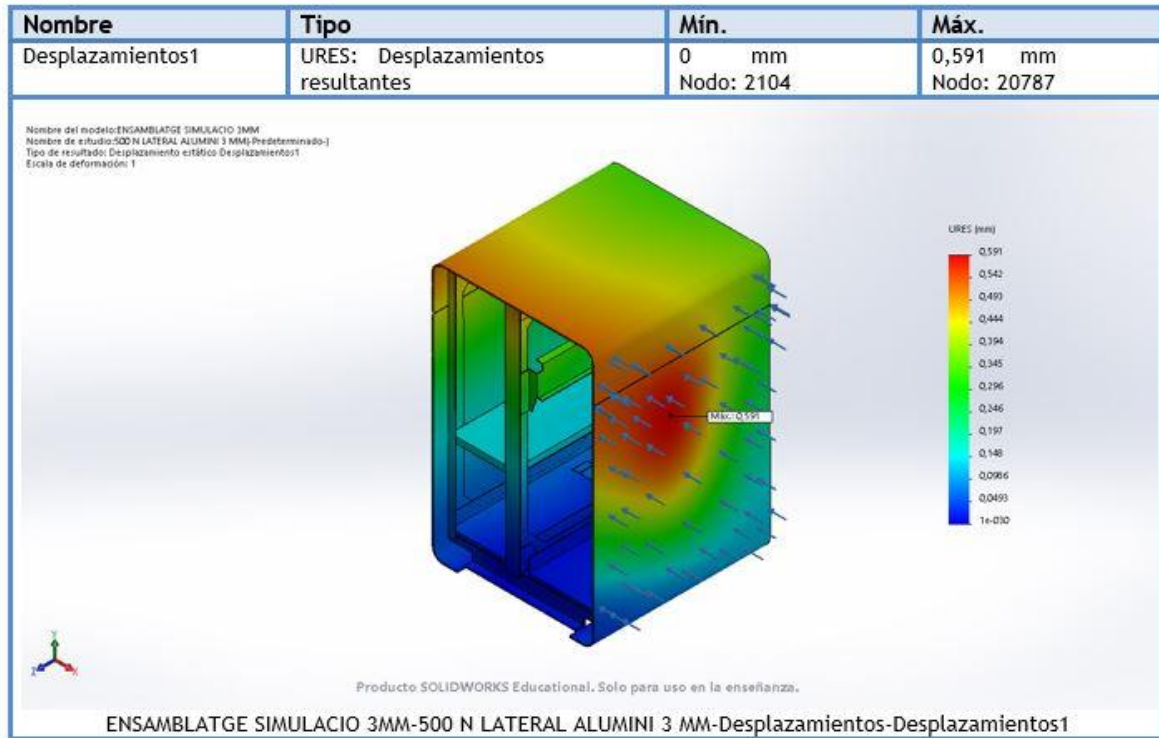
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	500.078	-0.0305252	-0.0272264	500.078

#### Momentos de reacción

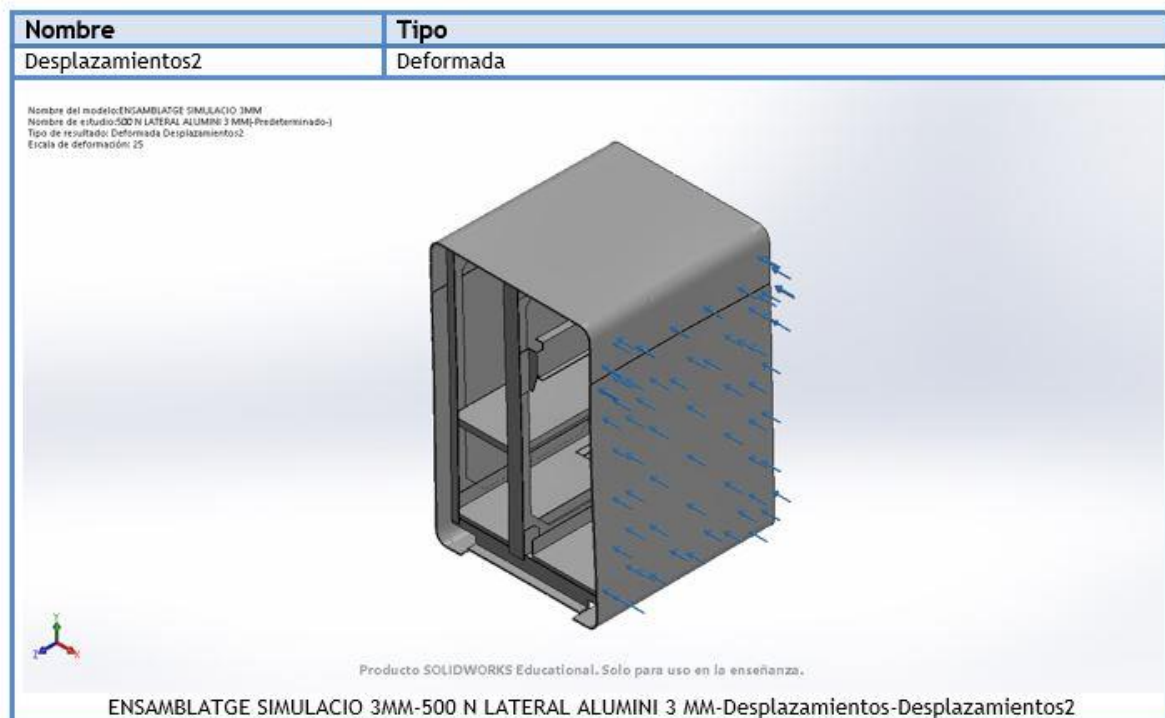
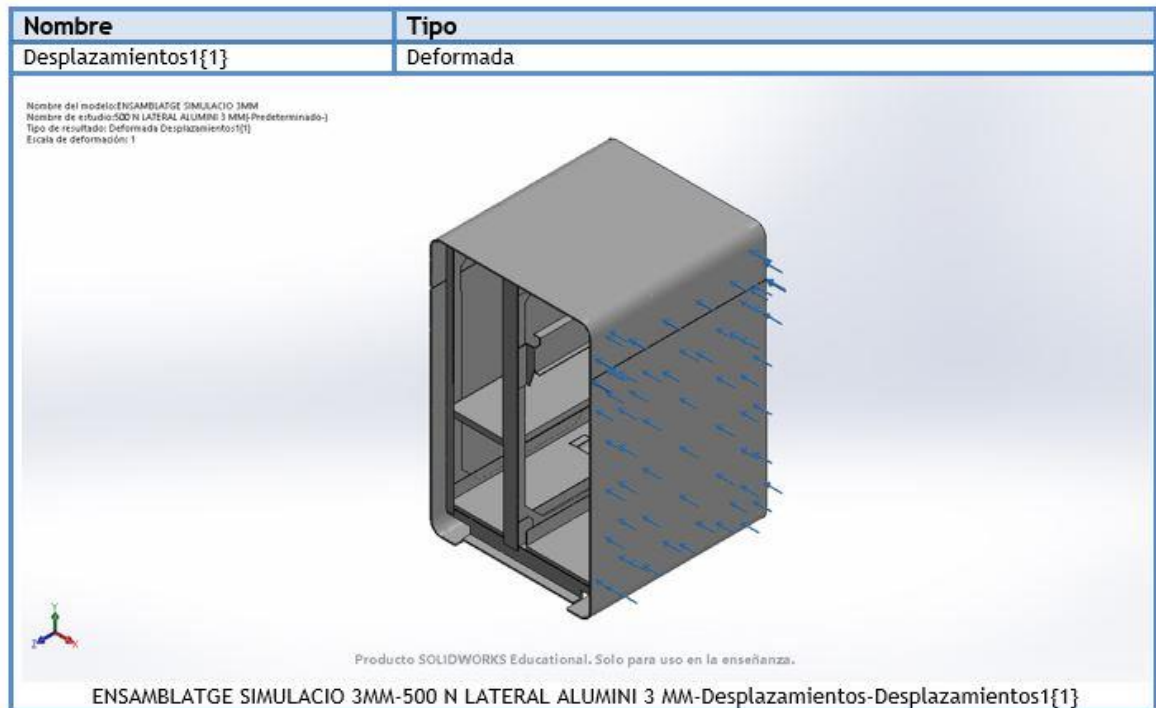
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

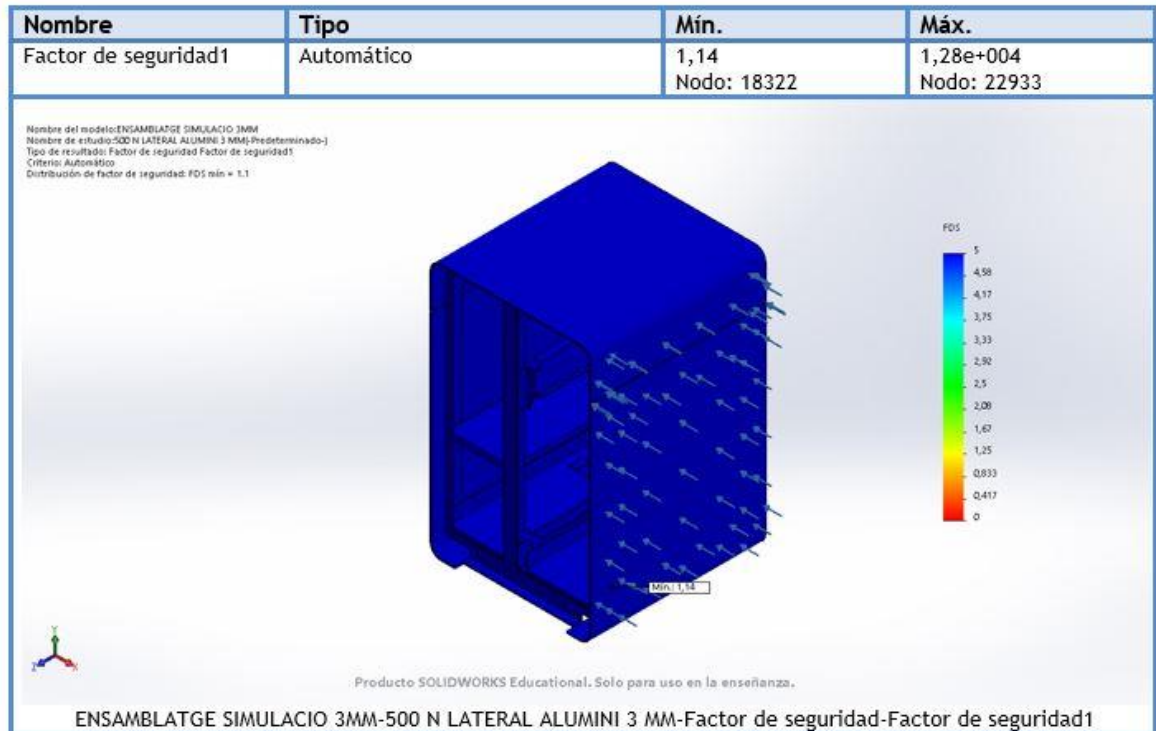
### Resultados del estudio





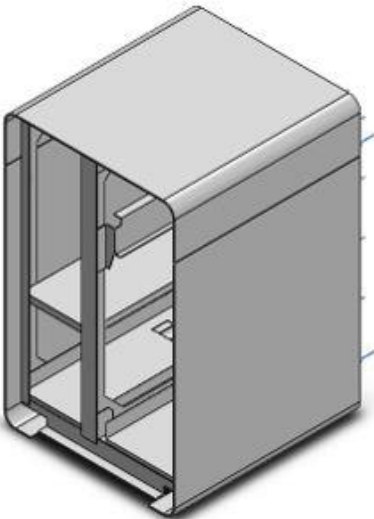








## A.4 RESULTATS TEST CK01 EVO 3MM 500 N FORÇA POSTERIOR



### Información de modelo



Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 brep_1	Sólido	Masa:9.2524 kg Volumen:0.00117865 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:90.6735 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\ESTRUCTURA PER SIMULACIO.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019
 brep_2	Sólido	Masa:1.48686 kg Volumen:0.00055069 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:14.5713 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT Aug 21 23:11:25 2019



	Sólido	<p>Masa: 1.48686 kg  Volumen: 0.00055069 m<sup>3</sup>  Densidad: 2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso: 14.5713 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT  Aug 21 23:11:25 2019</p>
	Sólido	<p>Masa: 1.55889 kg  Volumen: 0.000577366 m<sup>3</sup>  Densidad: 2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso: 15.2771 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\aluminis2.SLDPRT  Aug 21 23:11:25 2019</p>

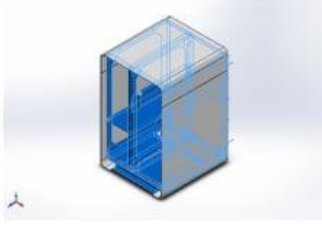
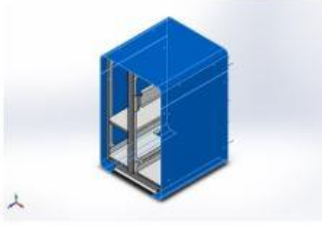
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	500 N DARRERA ALUMINI 3 MM
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 <u>Kelvin</u>
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	<u>FFEPlus</u>
Efecto de <u>rigidización por tensión (Inplane)</u> :	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\RESULTAT 500 N amb hanit ultra 3 mm\ARXIUS UTILITZATS)

### Unidades

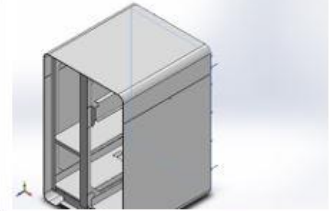
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/ <u>seg</u>
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

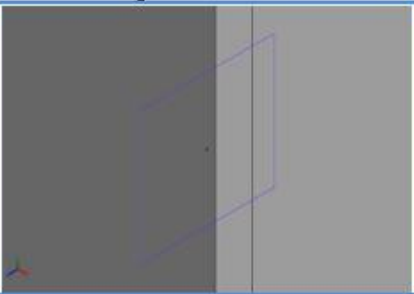
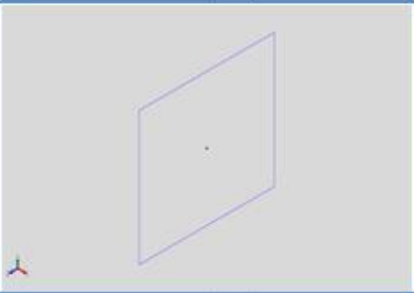
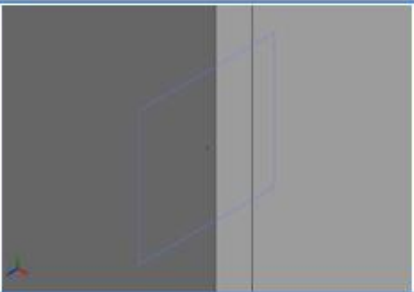
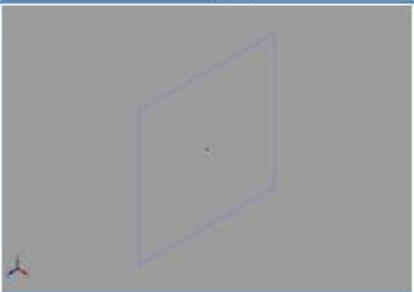
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> Acer DC01 EN 10130 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx. <b>Límite elástico:</b> 2.26e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.66e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2.1e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 7850 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.2e-005 /Kelvin	Sólido 1(brep_1)(ESTRUCTURA PER SIMULACIO-1)
Datos de curva:N/A		
	<b>Nombre:</b> <u>alumi</u> ni 5754 H111 - DIN 1712/1725 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx. <b>Límite elástico:</b> 1.13e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.11e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 2700 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.6e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 2.36e-005 /Kelvin	Sólido 1(brep_2)(aluminis2-1), Sólido 2(brep_3)(aluminis2-1), Sólido 3(brep_1)(aluminis2-1)
Datos de curva:N/A		

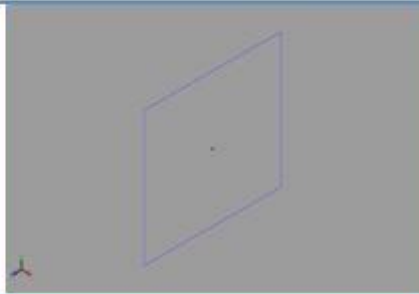

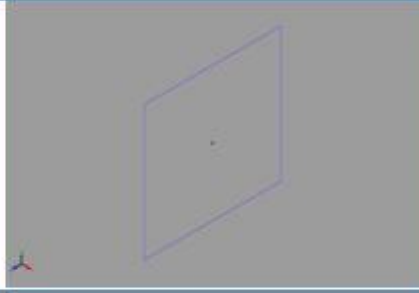
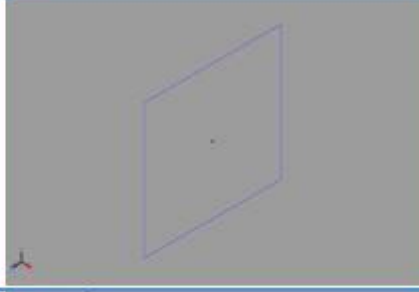

**Cargas y sujeciones**

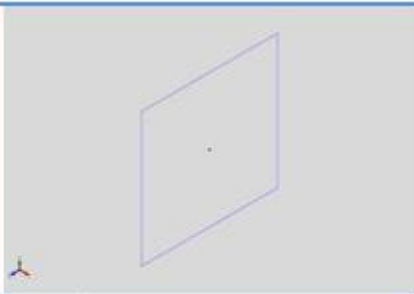
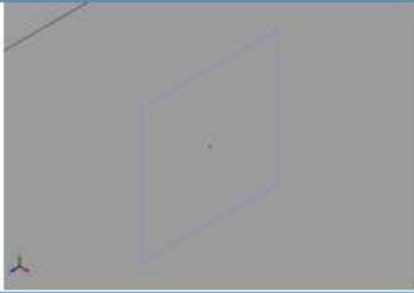
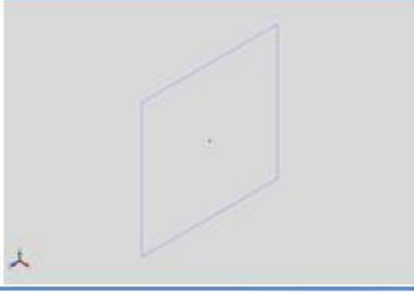

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
Fuerza de reacción(N)	0.0927553	0.0719223	-500.043	500.043
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
500 N laterals		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 500 N		

## Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-25		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-26		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-27		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-28		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

Contacto-29		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-30		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-31		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-32		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-33		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

Contacto-34		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-35		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-36		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto global		<b>Tipo:</b> Unión rígida <b>Componentes:</b> 1 componente(s) <b>Opciones:</b> Mallado compatible



### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	32.1261 mm
Tamaño mínimo del elemento	6.42521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Activar

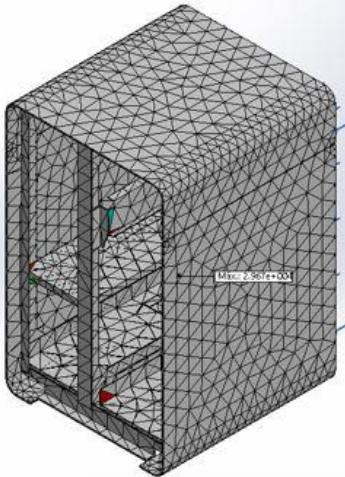
### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	30476
Número total de elementos	14247
Cociente máximo de aspecto	29670
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.653
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	54.1
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:11
Nombre de computadora:	

### Trazados de calidad de malla

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Trazado de calidad de malla1	Cociente de aspecto	1.471e+000 Elemento: 5278	2.967e+004 Elemento: 8080

Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM  
 Nombre de estudio: 500 N DARRERA ALUMINI 3 MM (Predeterminado)  
 Tipo de resultado: Cociente de aspecto Trazado de calidad de malla1  
 Valor global: 1.47092 a 29670.3



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM-500 N DARRERA ALUMINI 3 MM-Trazado de calidad de malla-Trazado de calidad de malla1

### Fuerzas resultantes

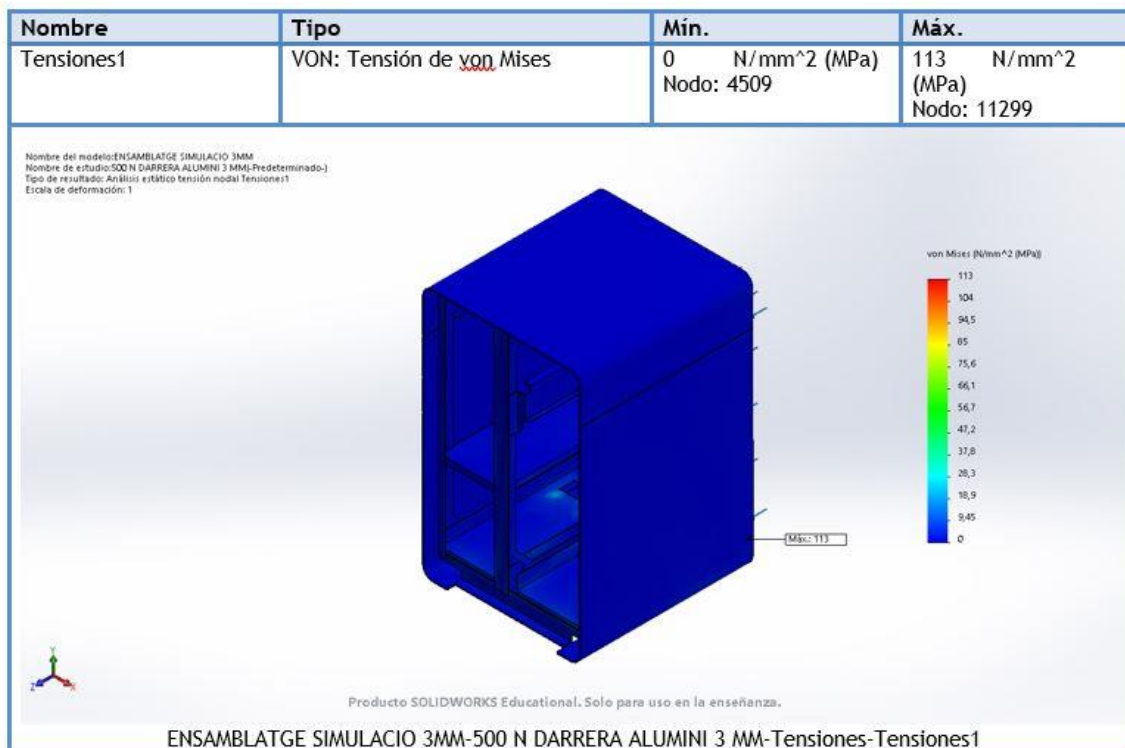
#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0927553	0.0719223	-500.043	500.043

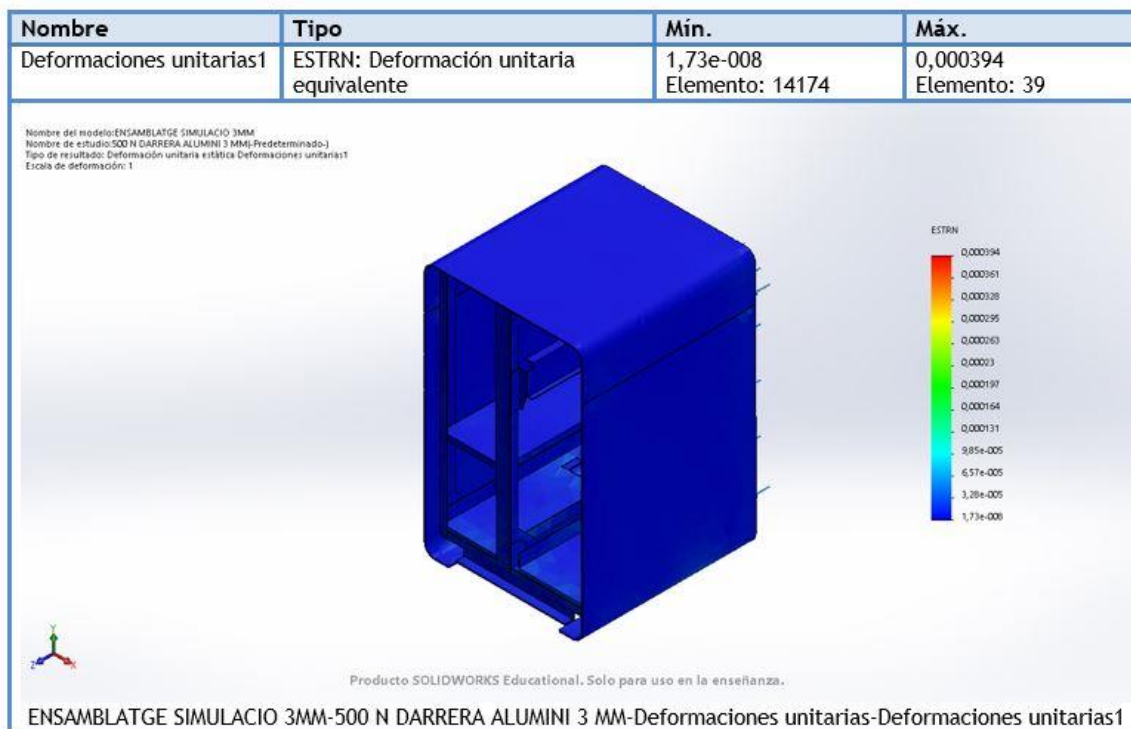
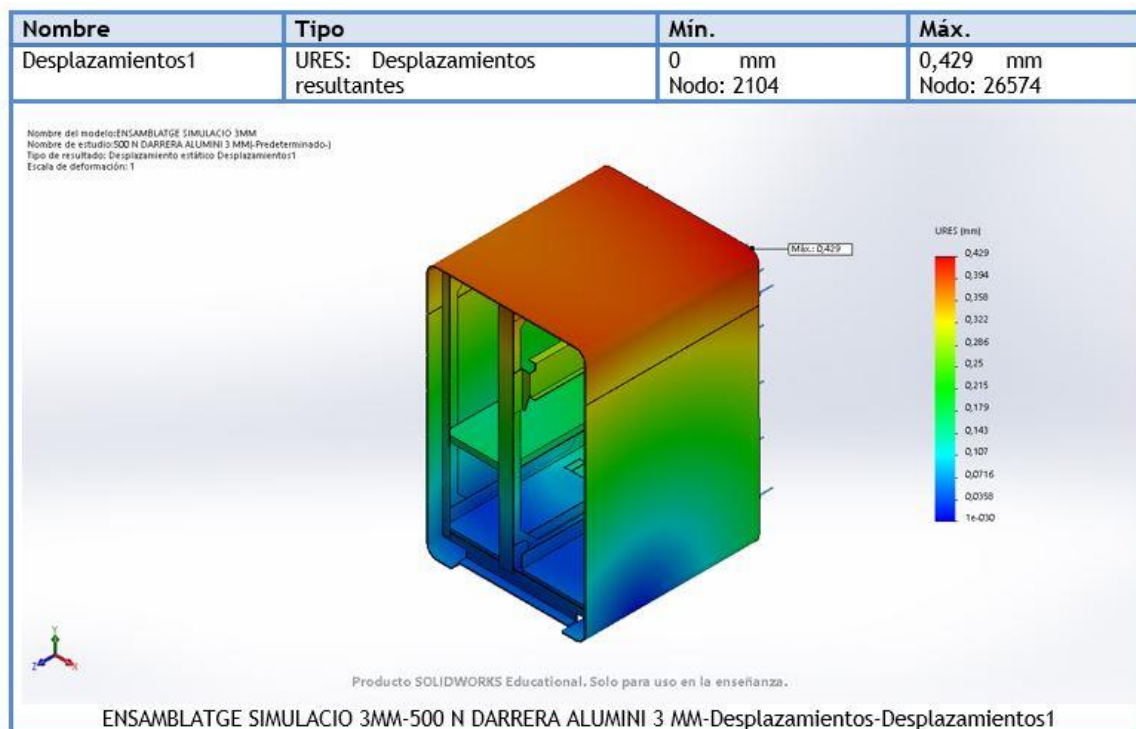
#### Momentos de reacción

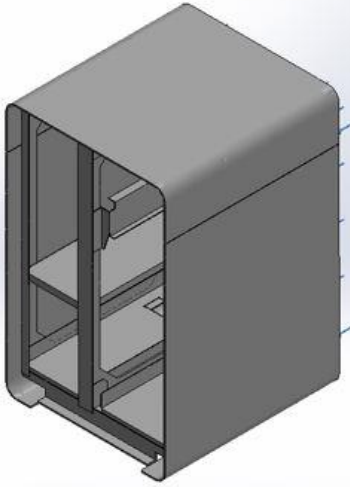
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

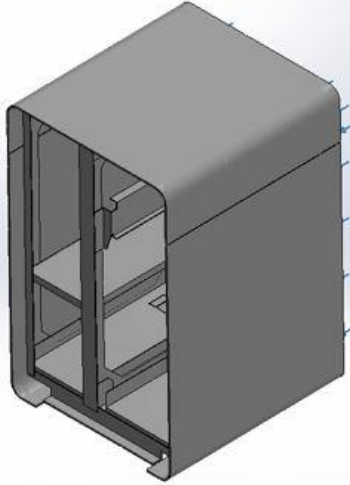
### Resultados del estudio

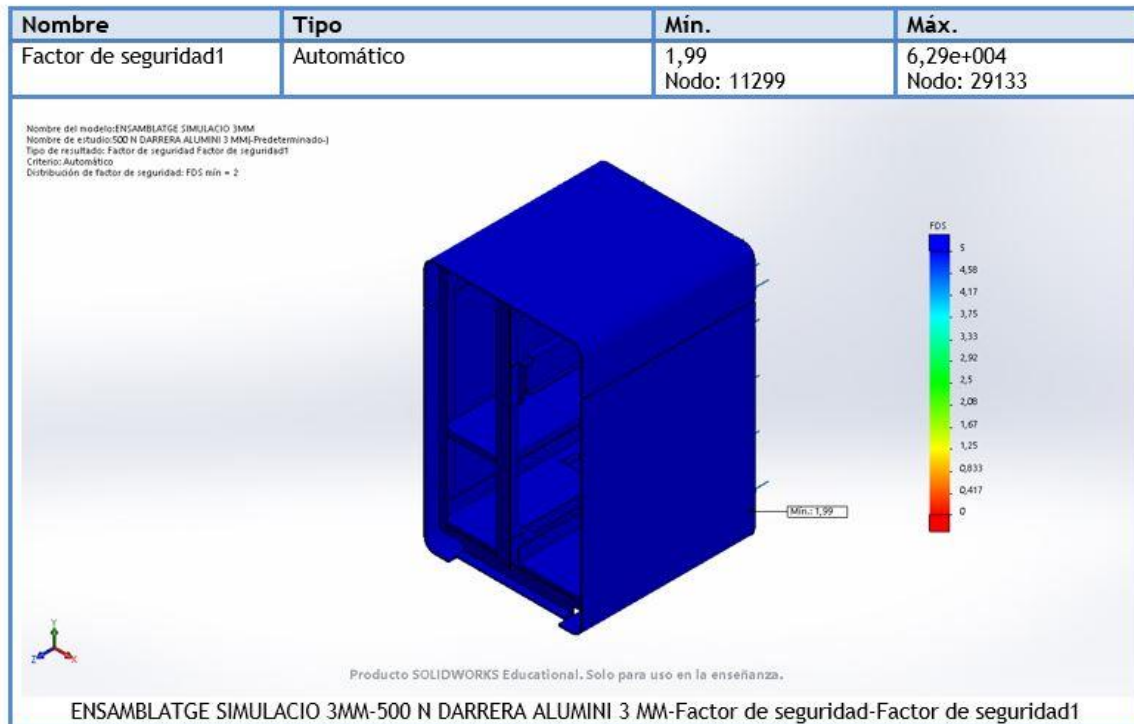






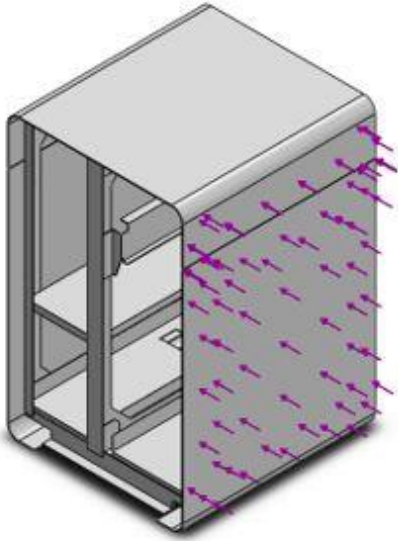
Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada
<p data-bbox="252 304 571 353">Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM                      Nombre de estudio: 500 N DARRERA ALUMINI 3 MM]-Predeterminado-)                      Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos1{1}                      Escala de deformación: 1</p>  <p data-bbox="263 801 311 855"></p> <p data-bbox="587 846 1024 869">Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p> <p data-bbox="322 882 1311 904">ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM-500 N DARRERA ALUMINI 3 MM-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}</p>	

Nombre	Tipo
Desplazamientos2	Deformada
<p data-bbox="247 1079 566 1128">Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM                      Nombre de estudio: 500 N DARRERA ALUMINI 3 MM]-Predeterminado-)                      Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos2                      Escala de deformación: 25</p>  <p data-bbox="258 1581 306 1635"></p> <p data-bbox="577 1626 1015 1648">Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.</p> <p data-bbox="327 1662 1291 1684">ENSAMBLATGE SIMULACIO 3MM-500 N DARRERA ALUMINI 3 MM-Desplazamientos-Desplazamientos2</p>	

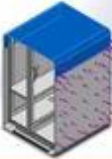
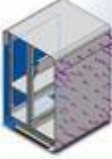


## A.5 RESULTATS TEST CK01 EVO 2MM 500 N FORÇA LATERAL

### Información de modelo



Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 2MM\_2  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
brep_1 	Sólido	Masa:1.03613 kg Volumen:0.000383751 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:10.1541 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPRT Aug 21 23:22:04 2019
brep_3 	Sólido	Masa:0.989699 kg Volumen:0.000366555 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:9.69905 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPRT Aug 21 23:22:04 2019

 <p>brep_2</p>	Sólido	<p>Masa:0.989699 kg  Volumen:0.000366555 m<sup>3</sup>  Densidad:2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso:9.69905 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2 mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPR  Aug 21 23:22:04 2019</p>
 <p>brep_1</p>	Sólido	<p>Masa:9.2524 kg  Volumen:0.00117865 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:90.6735 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\ESTRUCTURA PER SIMULACIO.SLDPR  Aug 21 23:11:25 2019</p>

### Propiedades de estudio

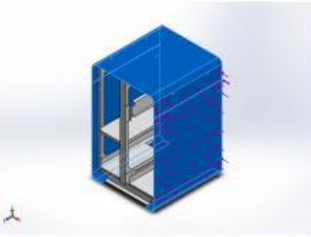
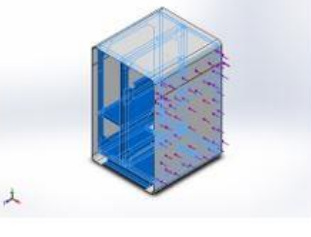
Nombre de estudio	500 N LATERAL ALUMINI 2 MM
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\2 mm)

### Unidades

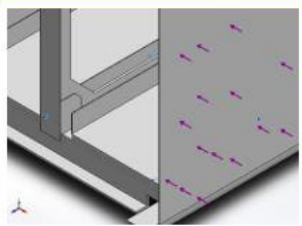
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

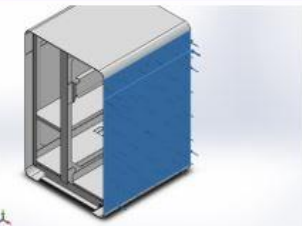


## Propiedades de material

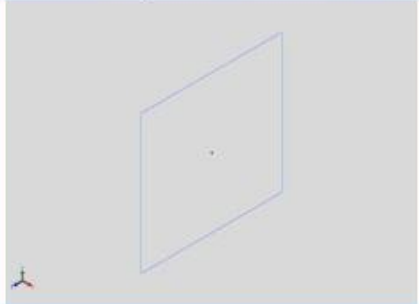
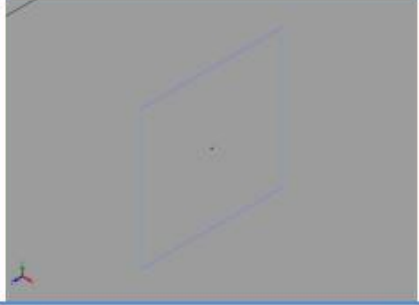
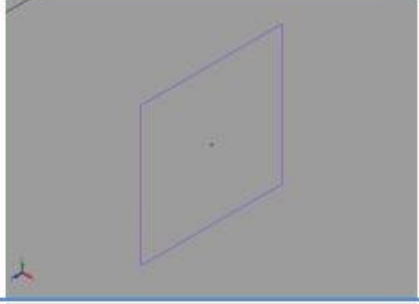
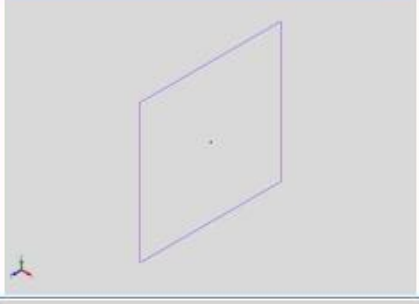
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> <u>alumi</u>ni 5754 H111 - DIN 1712/1725</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <u>von</u> Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.13e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 2.11e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 7e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33</p> <p><b>Densidad:</b> 2700 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 2.6e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 2.36e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(brep_1)(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1), Sólido 2(brep_3)(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1), Sólido 3(brep_2)(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1)</p>
Datos de <u>curva</u> :N/A		
	<p><b>Nombre:</b> Acer DC01 EN 10130</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <u>von</u> Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.26e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 2.66e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2.1e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33</p> <p><b>Densidad:</b> 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 2.7e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.2e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(brep_1)(ESTRUCTURA PER SIMULACIO-1)</p>
Datos de <u>curva</u> :N/A		

### Cargas y sujeciones

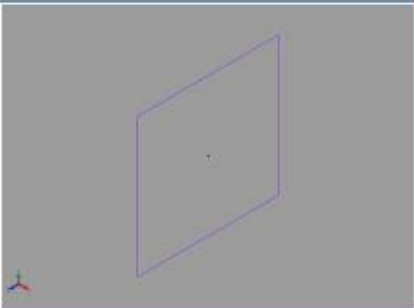
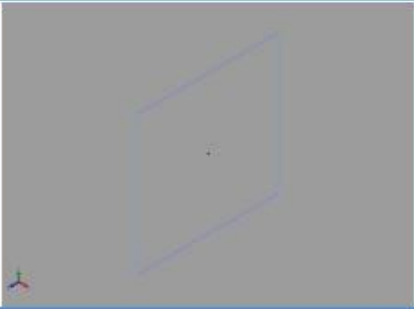
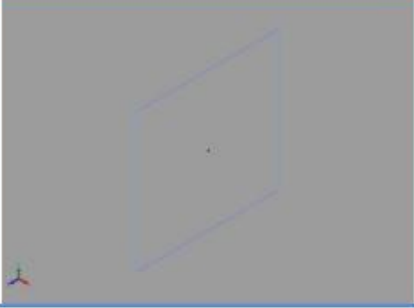
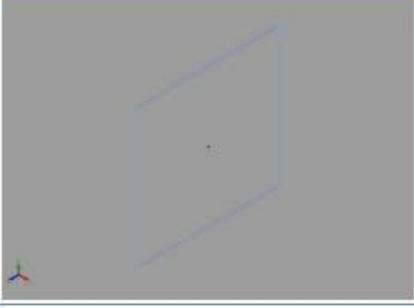
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 4 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
<b>Fuerza de reacción(N)</b>	499.973	-0.00257874	0.0162234	499.973
<b>Momento de reacción(N.m)</b>	0	0	0	0

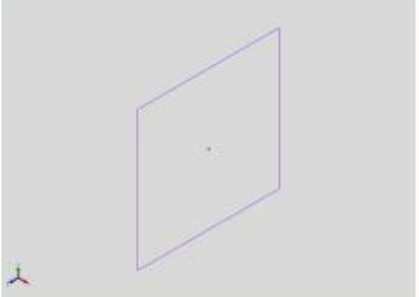
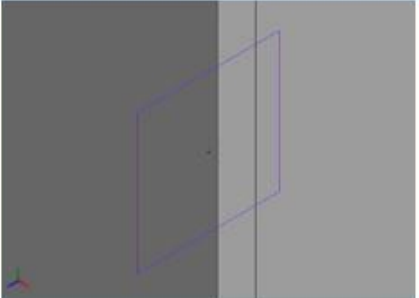
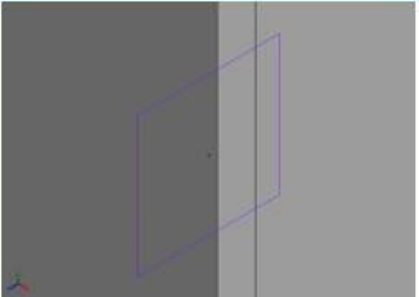
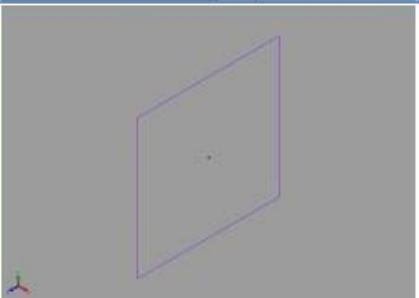
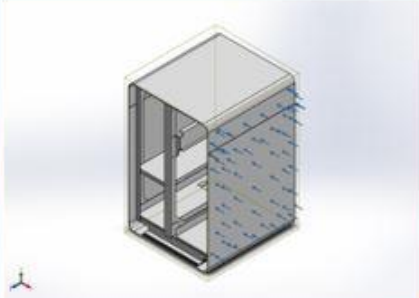
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
500 N <u>laterals</u>		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 500 N

## Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-268		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-269		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-270		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-271		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)



Contacto-272		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-273		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-274		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-275		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

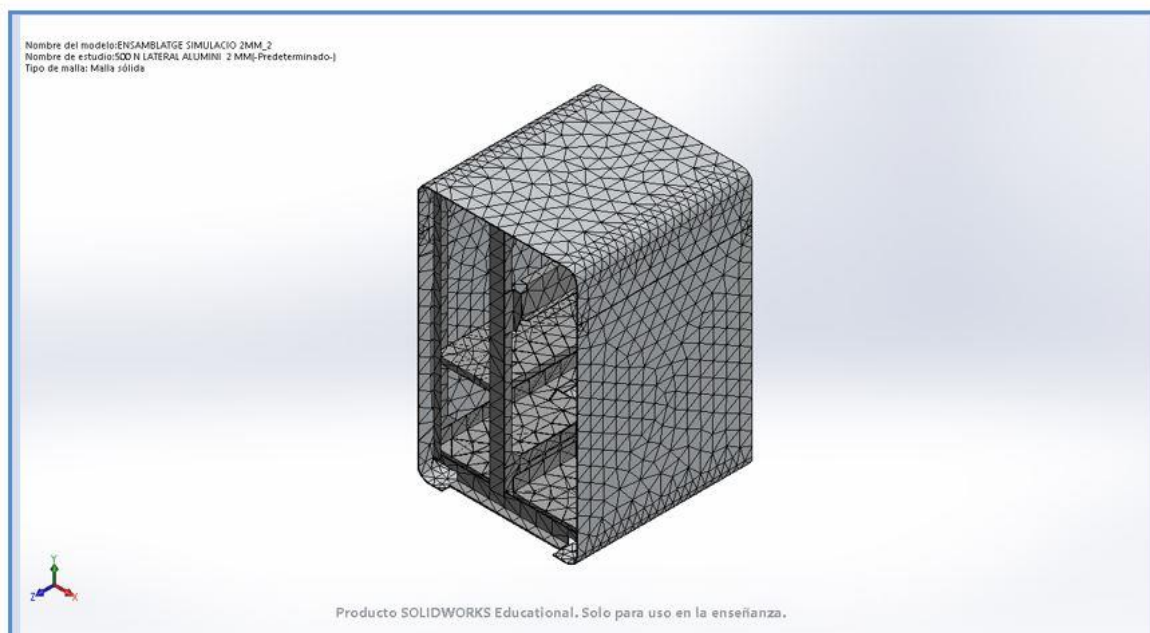
<p>Contacto-276</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-277</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-278</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-279</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto global</p>		<p><b>Tipo:</b> Unión rígida <b>Componentes:</b> 1 componente(s) <b>Opciones:</b> Mallado compatible</p>

### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	32.1261 mm
Tamaño mínimo del elemento	6.42521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Activar

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	30802
Número total de elementos	14458
Cociente máximo de aspecto	39417
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.526
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	76.3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:15
Nombre de computadora:	



### Fuerzas resultantes

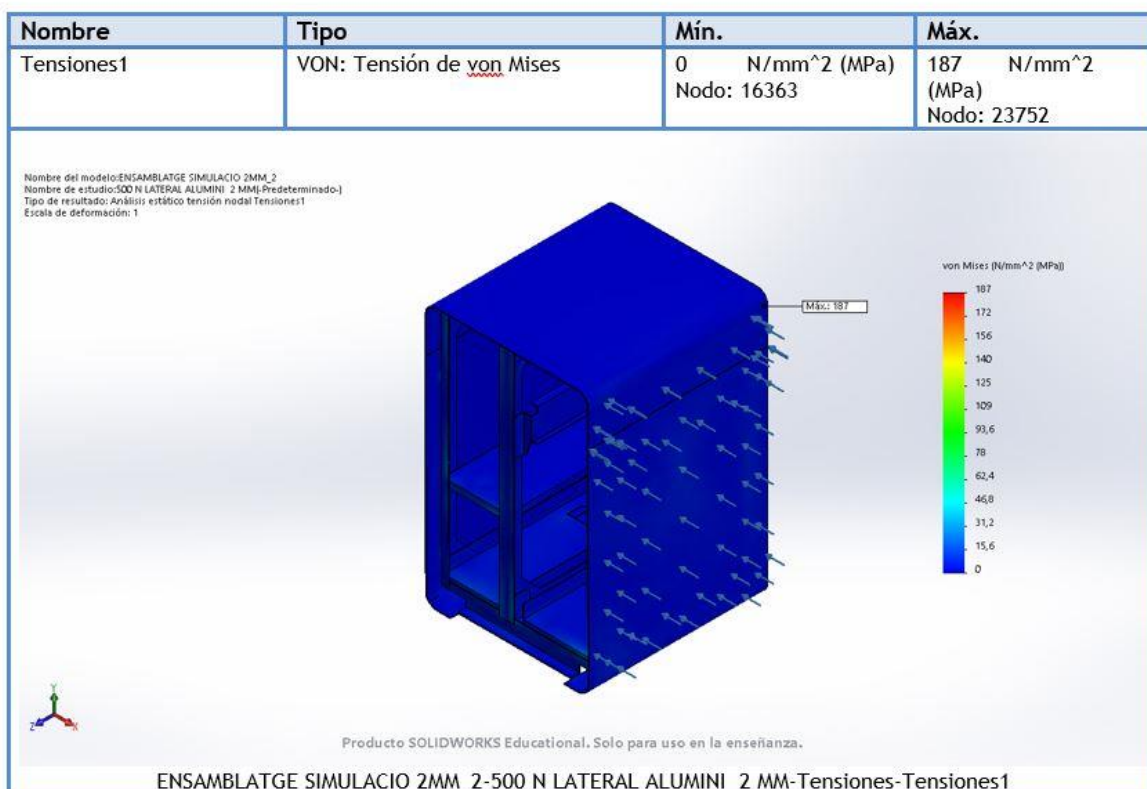
#### Fuerzas de reacción

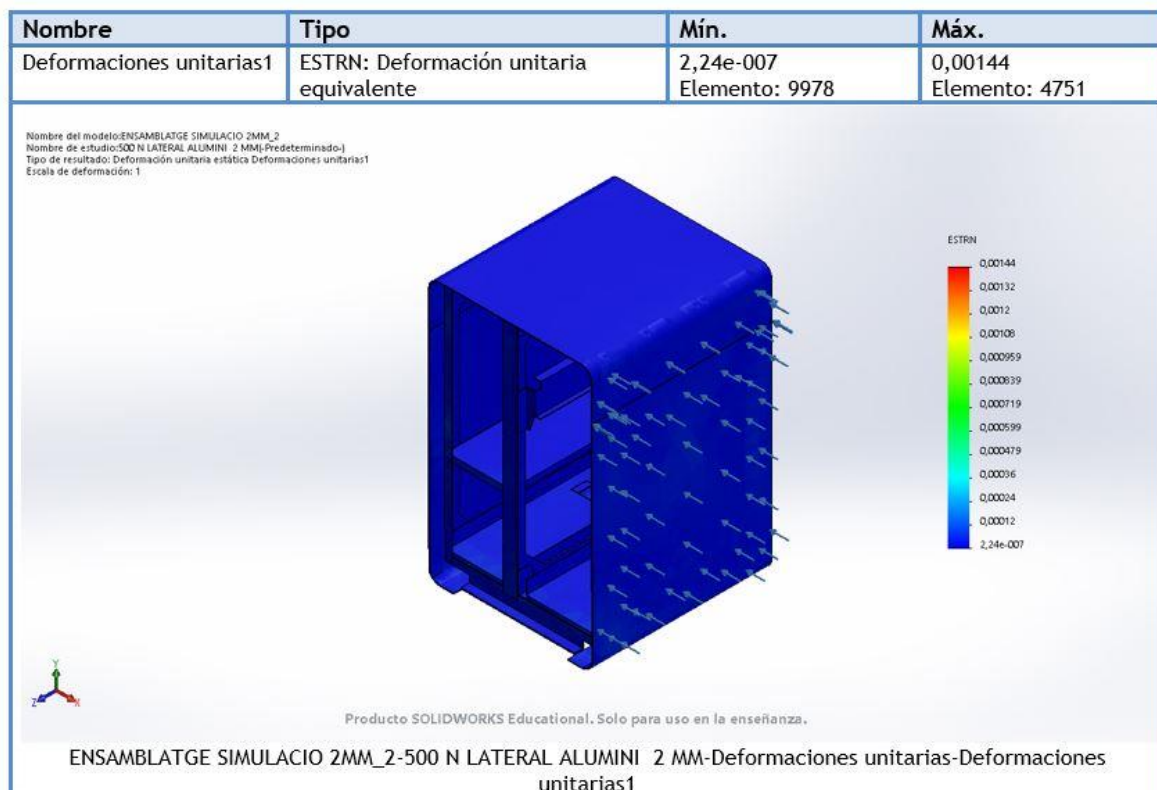
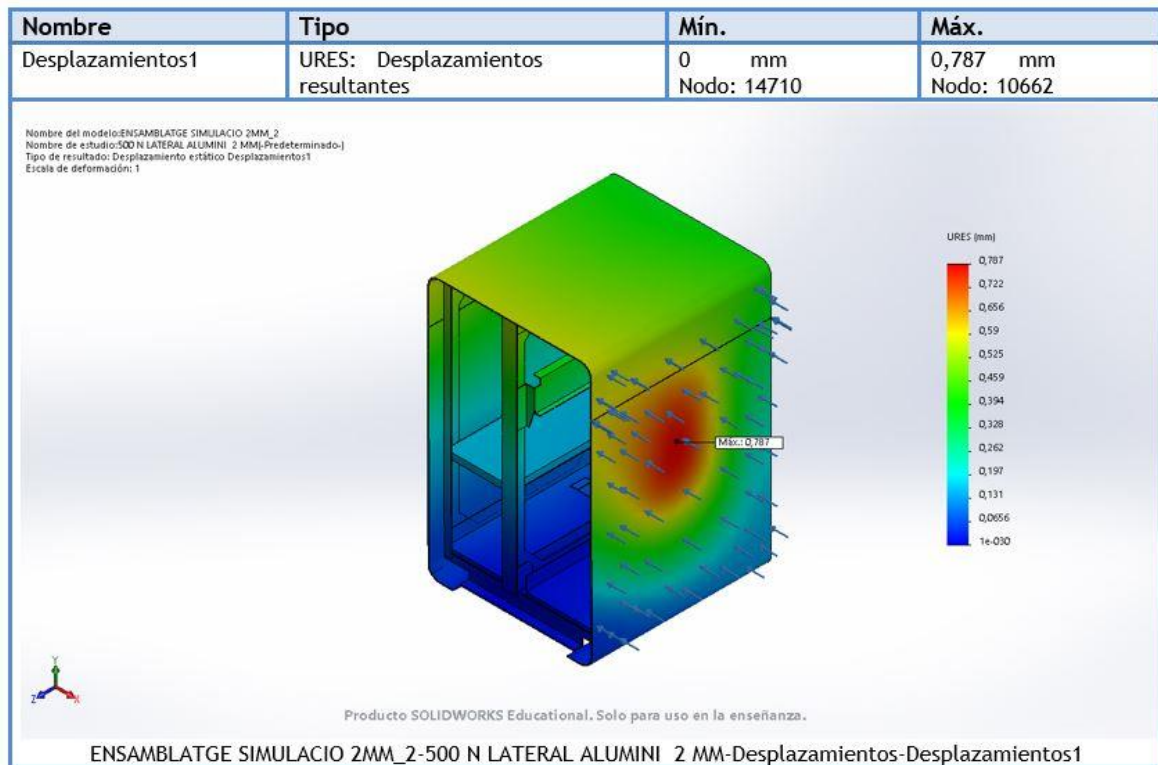
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	499.973	-0.00257874	0.0162234	499.973

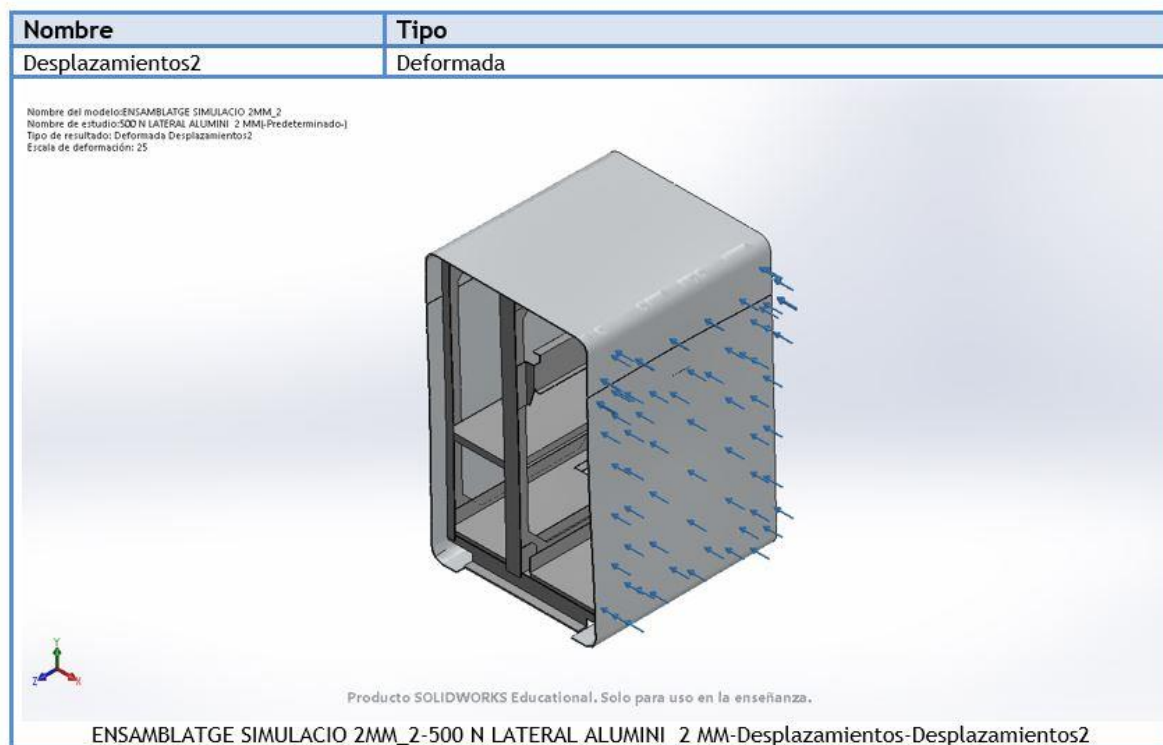
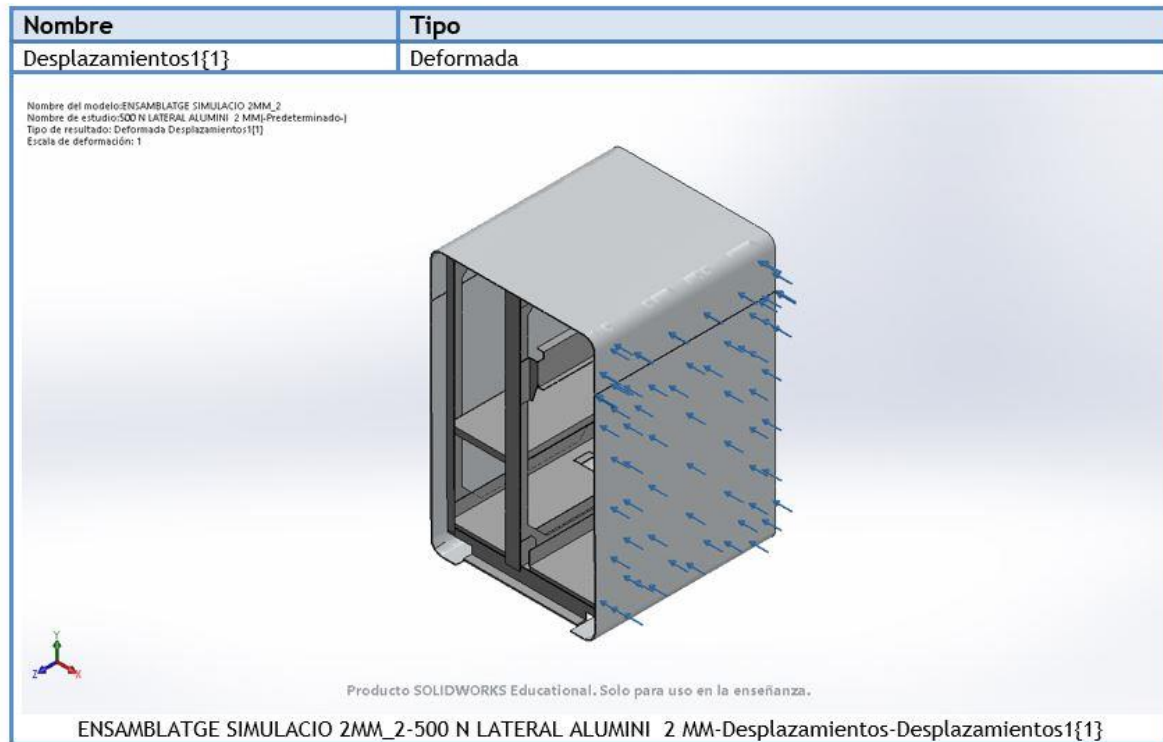
#### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

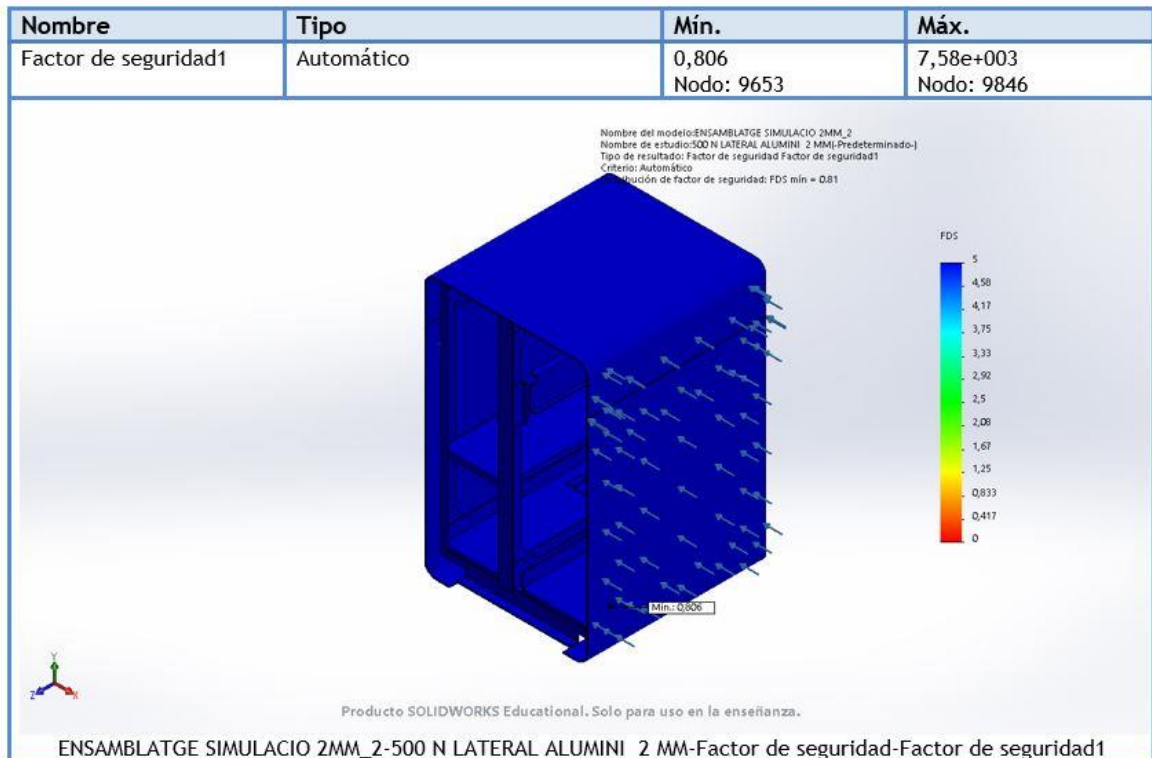
### Resultados del estudio





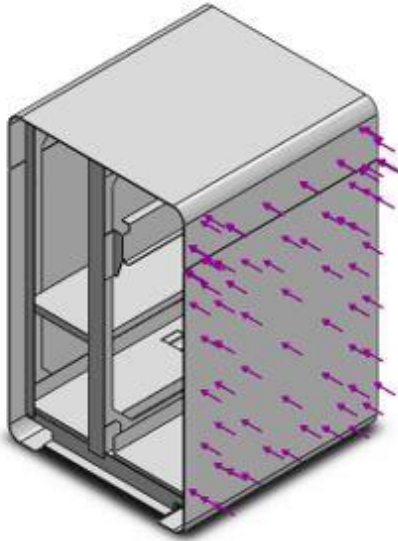




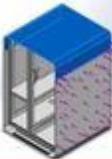



## A.6 RESULTATS TEST CK01 EVO 2MM 500 N FORÇA POSTERIOR

### Información de modelo



Nombre del modelo: ENSAMBLATGE SIMULACIO 2MM\_2  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
brep_1 	Sólido	Masa:1.03613 kg Volumen:0.000383751 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:10.1541 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPRT Aug 21 23:22:04 2019
brep_3 	Sólido	Masa:0.989699 kg Volumen:0.000366555 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:9.69905 N	C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPRT Aug 21 23:22:04 2019



 <p>brep_2</p>	Sólido	<p>Masa:0.989699 kg  Volumen:0.000366555 m<sup>3</sup>  Densidad:2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso:9.69905 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\obsolets\2 mm\ALUMINIS SIMULACIO 2MM.SLDPRT  Aug 21 23:22:04 2019</p>
 <p>brep_1</p>	Sólido	<p>Masa:9.2524 kg  Volumen:0.00117865 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:90.6735 N</p>	<p>C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\3 mm\ESTRUCTURA PER SIMULACIO.SLDPRT  Aug 21 23:11:25 2019</p>

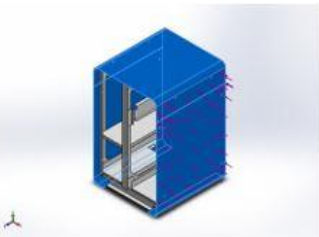
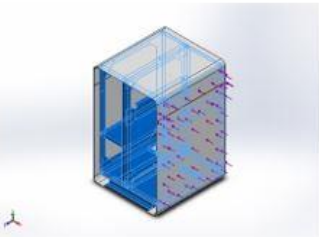
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	500 N LATERAL ALUMINI 2 MM
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\gerard\Documents\01-TFG gerard Canet - calculs\calculs agost 2019\ck01 evo\2 mm)

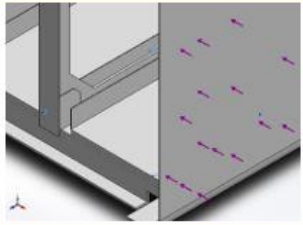
### Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

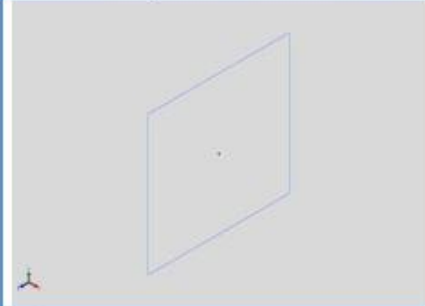
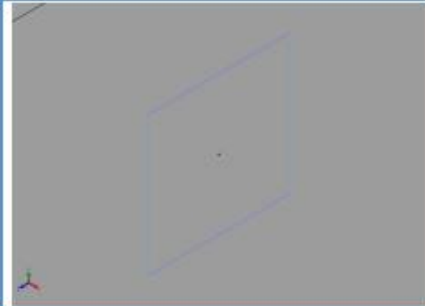
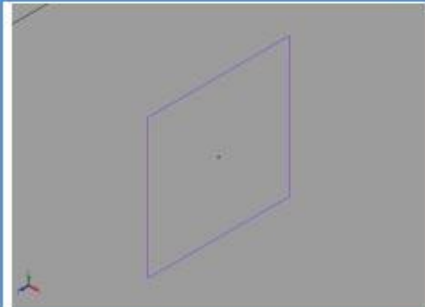
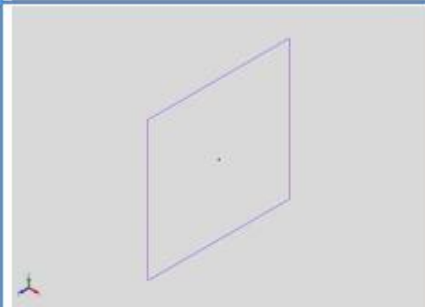
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> <u>alumi</u> 5754 H111 - DIN 1712/1725 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <u>von</u> Mises máx. <b>Límite elástico:</b> 1.13e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.11e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 2700 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.6e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 2.36e-005 /Kelvin	Sólido 1( <u>brep_1</u> )(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1), Sólido 2( <u>brep_3</u> )(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1), Sólido 3( <u>brep_2</u> )(ALUMINIS SIMULACIO 2MM-1)
Datos de <u>curva</u> :N/A		
	<b>Nombre:</b> Acer DC01 EN 10130 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de <u>von</u> Mises máx. <b>Límite elástico:</b> 2.26e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 2.66e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2.1e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.33 <b>Densidad:</b> 7850 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 2.7e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.2e-005 /Kelvin	Sólido 1( <u>brep_1</u> )(ESTRUCTURA PER SIMULACIO-1)
Datos de <u>curva</u> :N/A		

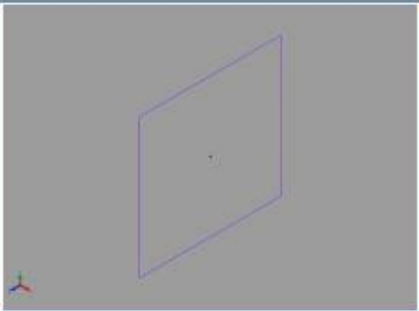
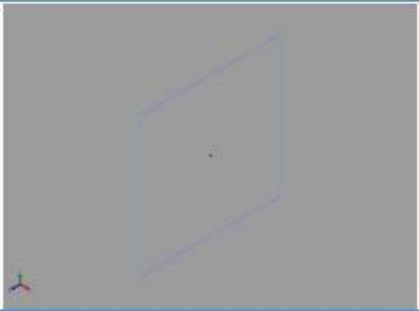

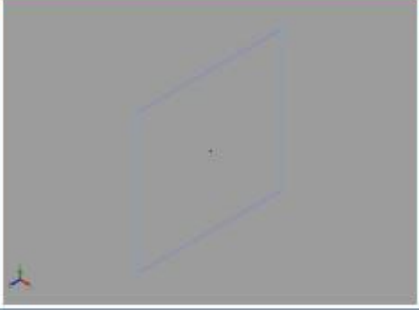
Cargas y sujeciones

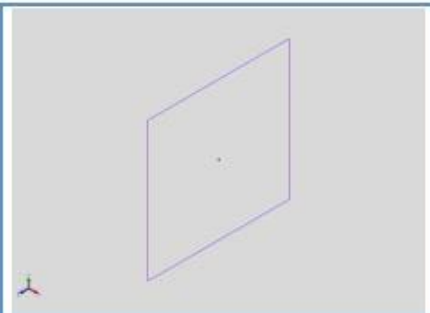
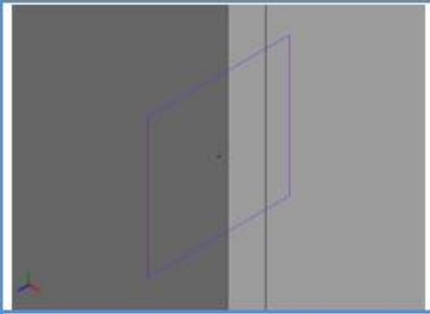
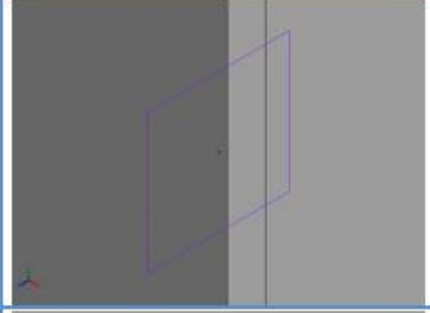
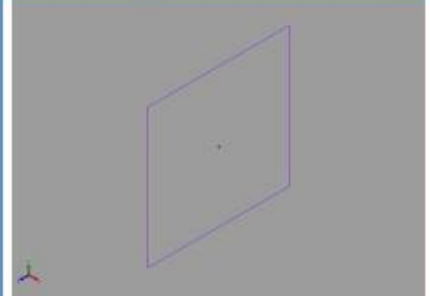
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
Fuerza de reacción(N)	499.973	-0.00257874	0.0162234	499.973
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

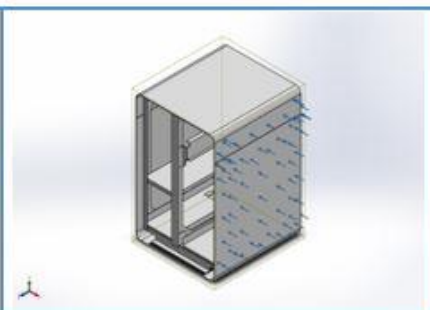
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
500 N laterals		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 500 N		

## Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-268		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-269		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-270		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-271		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

Contacto-272		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-273		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-274		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)
Contacto-275		<b>Tipo:</b> Par de contacto rígido <b>Entidades:</b> 2 cara(s)

<p>Contacto-276</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-277</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-278</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-279</p>		<p><b>Tipo:</b> Par de contacto rígido  <b>Entidades:</b> 2 cara(s)</p>

<p>Contacto global</p>		<p><b>Tipo:</b> Unión rígida  <b>Componentes:</b> 1 componente(s)  <b>Opciones:</b> Mallado compatible</p>
------------------------	---	--

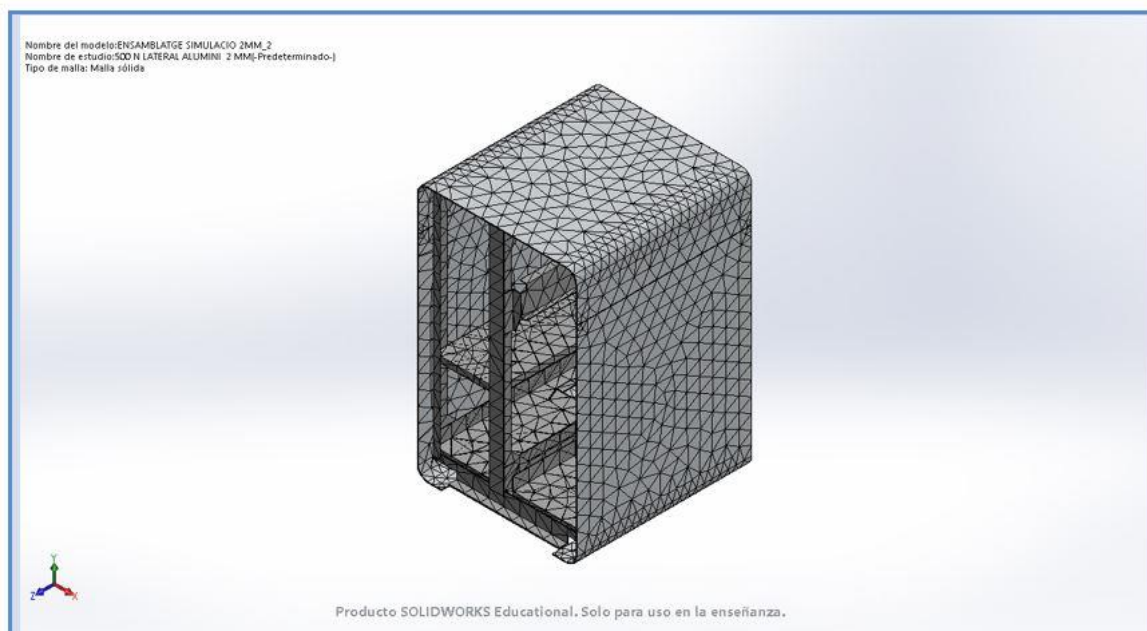


### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	32.1261 mm
Tamaño mínimo del elemento	6.42521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Activar

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	30802
Número total de elementos	14458
Cociente máximo de aspecto	39417
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.526
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	76.3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:15
Nombre de computadora:	



### Fuerzas resultantes

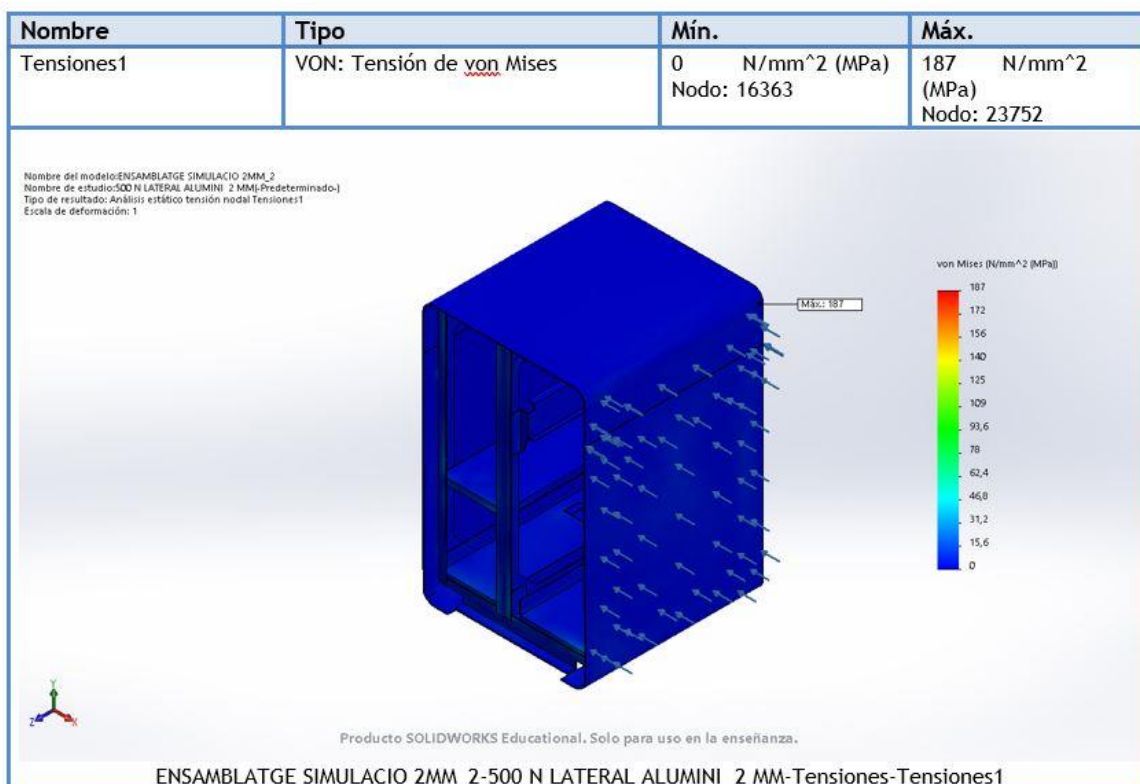
#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	499.973	-0.00257874	0.0162234	499.973

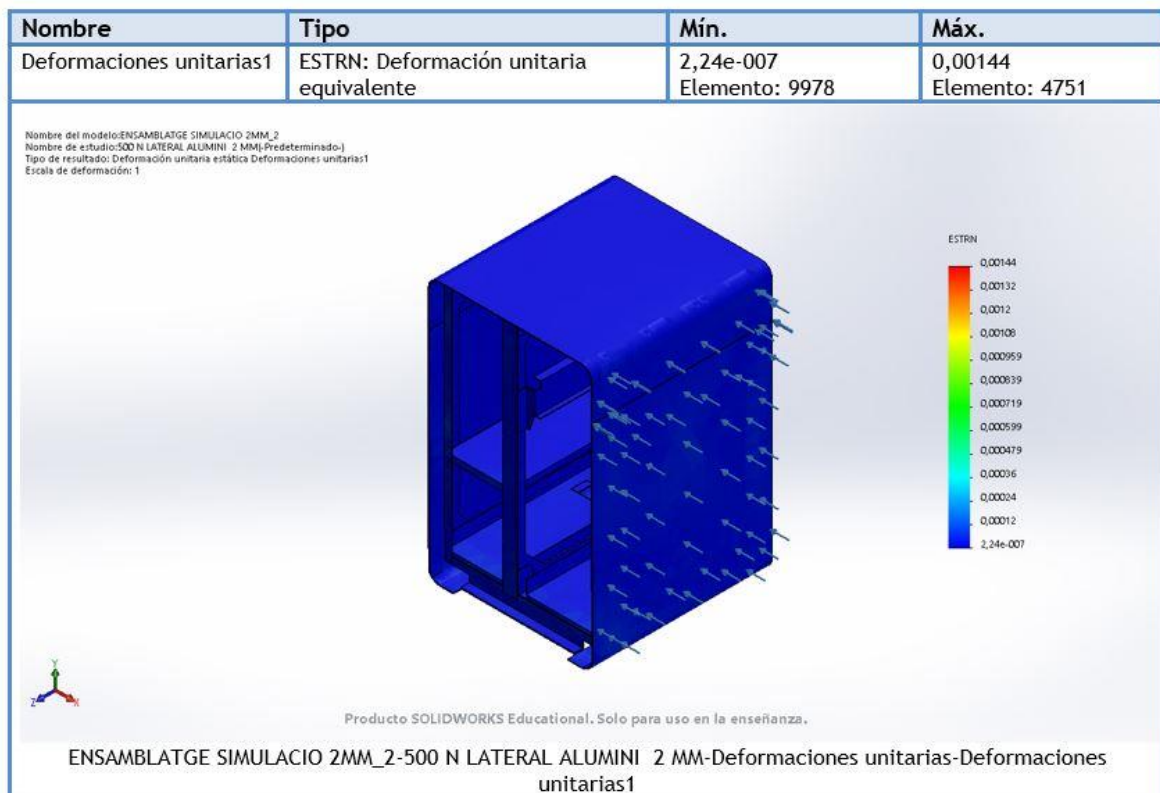
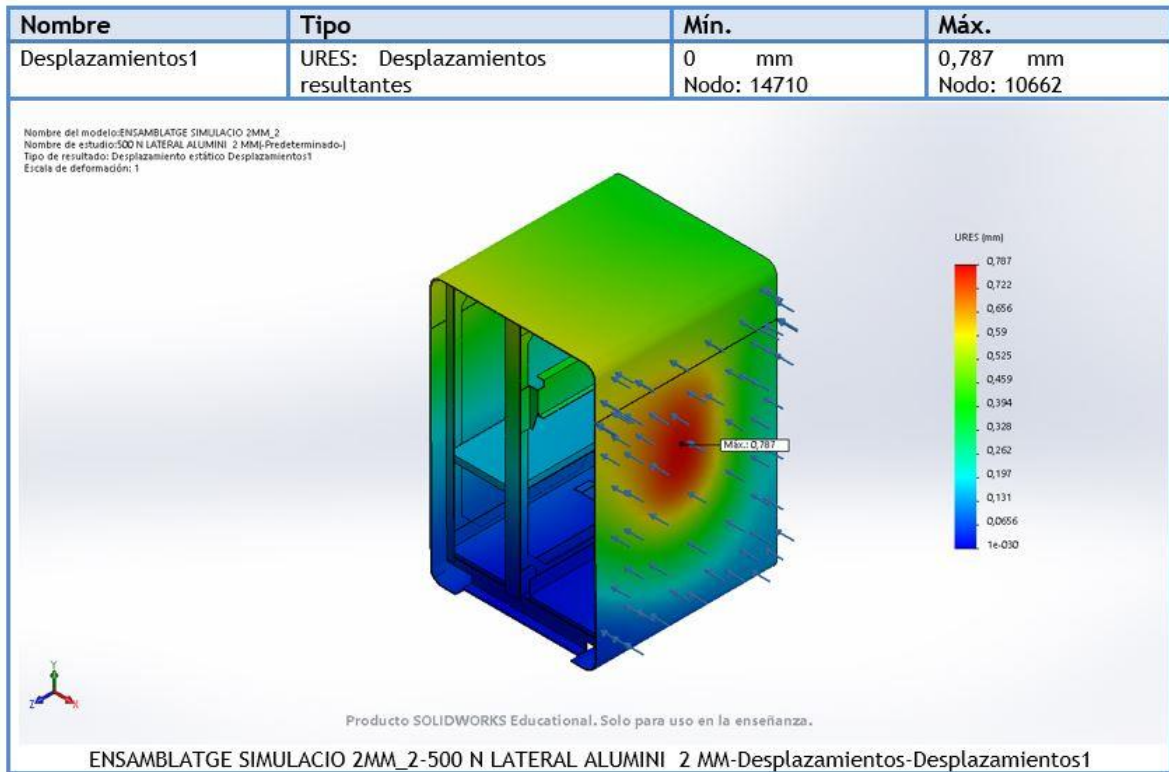
#### Momentos de reacción

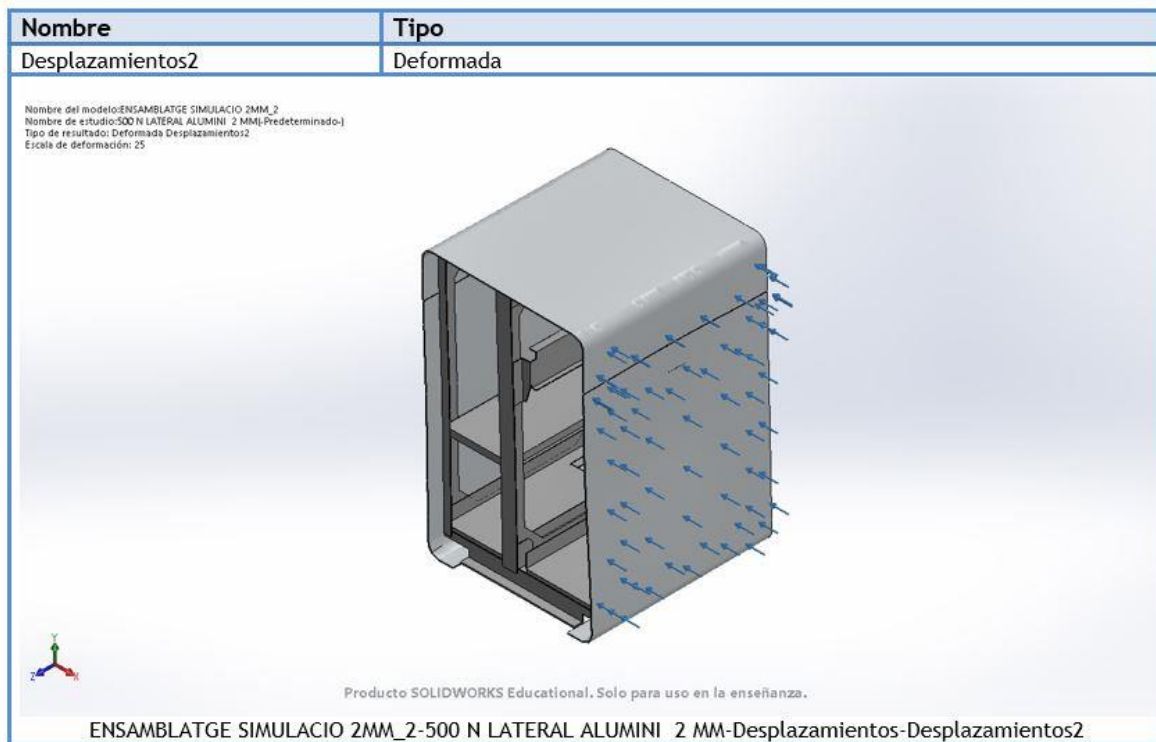
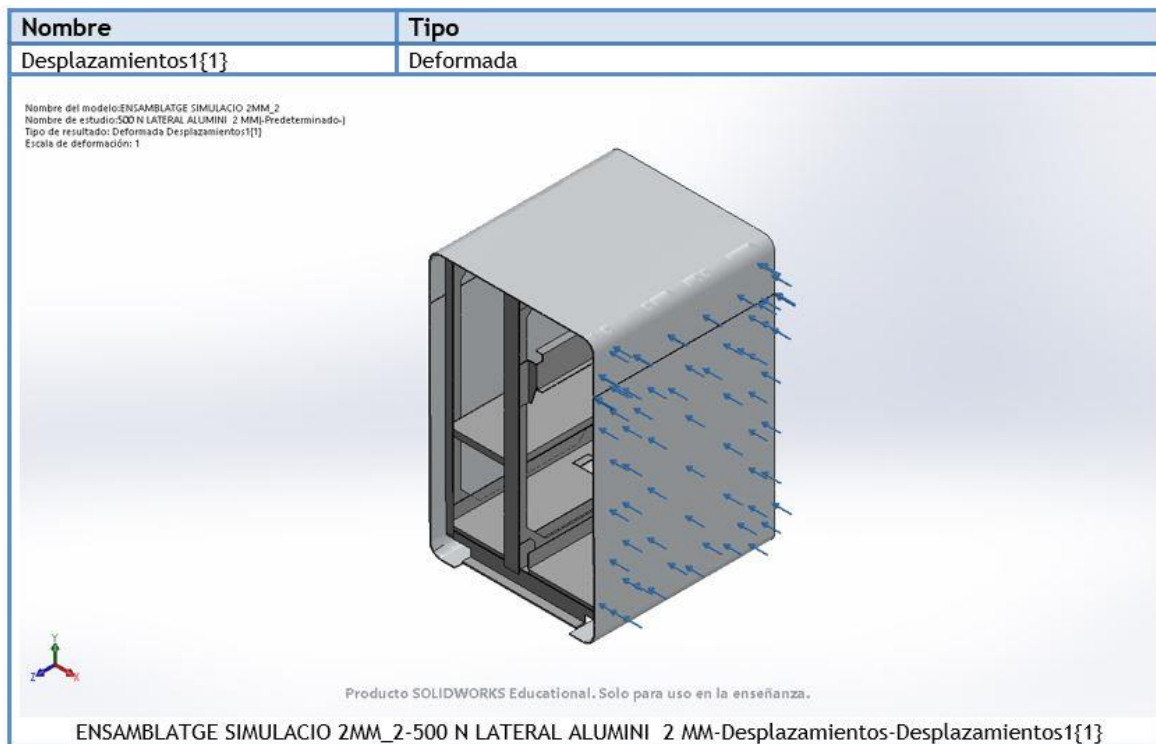
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

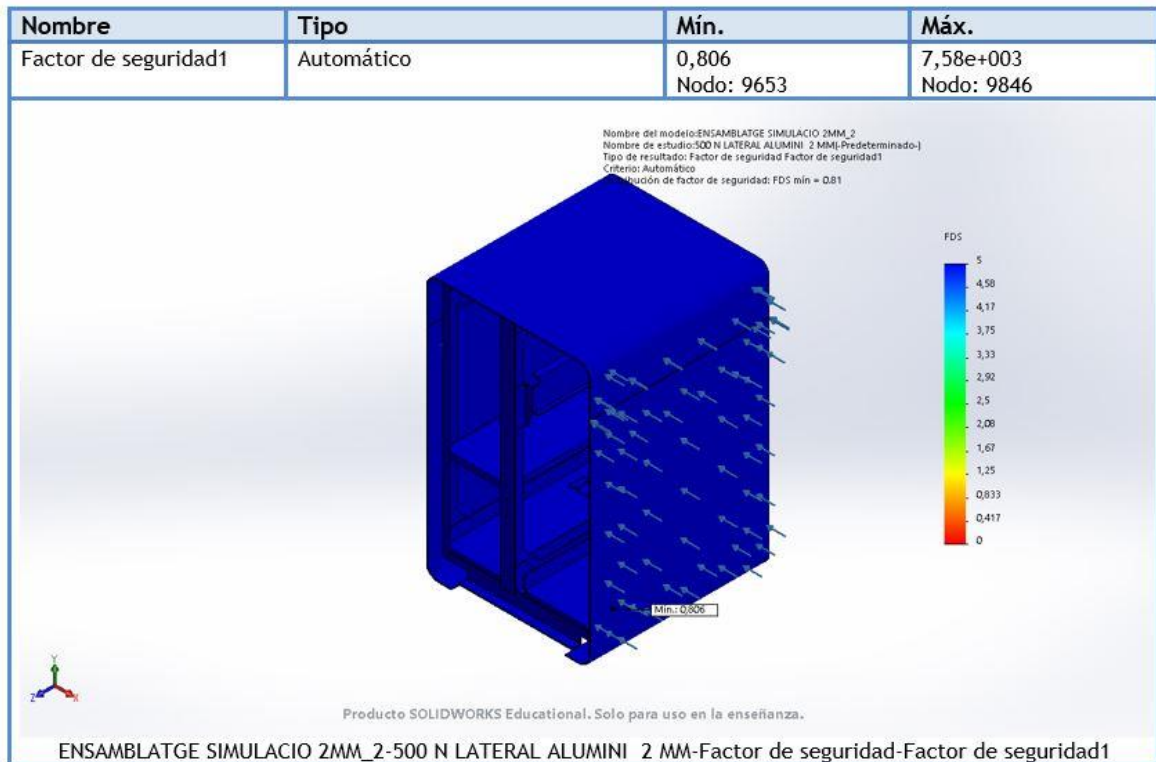
### Resultados del estudio











# **ANNEX B: TAULES VALORS ECO- INDICADOR 99**

**Producción de metales férricos (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Hierro fundido	240	Hierro fundido con >2% de carbón	1
Acero de convertidores	94	Bloques de material que sólo contienen acero primario	1
Acero de arco eléctrico	24	Bloques de material que sólo contienen chatarra (acero secundario)	1
Acero	86	Bloques de material que sólo contienen 80% de hierro primario y 20% de restos	1
Acero de alta aleación	910	Bloques de material que sólo contienen 71% de acero primario, 16% Cr, 13% Ni.	1
Acero de baja aleación	110	Bloques de material que sólo contienen 93% de acero primario, 5% de restos y 1% de materiales de aleación	1

**Producción de metales no férricos (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Aluminio 100% rec.	60	Bloques de material que sólo contienen materiales secundarios	1
Aluminio 0% rec.	780	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cromo	970	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cobre	1400	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Plomo	640	Bloques de material que contienen 50% de plomo secundario	1
Níquel enriquecido	5200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Paladio enriquecido	4600000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Platino	7000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Rodio enriquecido	12000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Zinc	3200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios (baño de calidad)	1

**Procesado de metales (en milipuntos).**

<b>Proceso</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Curvado-aluminio	0,000047	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Curvado-acero	0,00008	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Curvado-RVS	0,00011	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90°	4
Soldadura fuerte (con plata, cobre o latón)	4000	Por kg de cobresoldadura, incluyendo material de cobresoldado (45% de plata, 27% de cobre, 25% de latón)	1
Laminado en frío de rollos	18	Reducción de 1 mm en cada bandeja de 1 m <sup>2</sup> .	4
Cromado electrolítico	1100	Por m <sup>2</sup> , de 1 µm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Galvanizado electrolítico	130	Por m <sup>2</sup> , de 2,5 µm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Extrusión - aluminio	72	Por kg	4
Fresado, torneado, perforación	800	Por dm <sup>3</sup> de material eliminado sin producción de material de desecho	4
Prensado	23	Por kg de material deformado sin incluir las partes no deformadas	4
Soldado por puntos - aluminio	2,7	Por soldadura de 7 mm de diámetro, ancho de la lámina: 2 mm	4
Corte / estampación - aluminio	0,000036	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Corte / estampación - acero	0,00006	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Corte / estampación - RVS	0,000086	Por mm <sup>2</sup> de superficie de corte	4
Laminado	30	Por kg producido de láminas fuera del material del bloque	4
Zincado de bandas	4300	(Baño de zinc sedzimir) por m <sup>2</sup> , de 20-45 µm de espesor, incluyendo el zinc	1
Galvanizado en caliente	3300	Por m <sup>2</sup> , espesor de 100 µm incluyendo zinc	1
Baño de zinc (conversión µm)	49	Por m <sup>2</sup> , espesor extra µm, incluyendo zinc	1



**Producción de plástico granulado (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
ABS	400		3
HDPE	330		1
LDPE	360		1
PA 6.6	630		3
PC	510		1
PET	380		1
PET botellas	390	Para botellas	3
PP	330		1
PS (GPPS)	370	Uso general	3
PS (HIPS)	360	Gran impacto	1
PS (EPS)	360	Expandible	3
PUR absorción de energía	490		3
PUR bloques de espuma flexible	480	Para muebles, camas, ropa	3
PUR espuma dura	420	Para elaborar electrodomésticos, aislamientos, materiales de construcción	1
PUR espuma semirígida	480		3
PVC gran impacto	280	Sin estabilizador de metales (Pb o Ba) ni plastificantes (véase químicos)	1
PVC rígido	270	PVC rígido con 10% de plastificantes (estimación aproximada)	1
PVC flexible	240	PVC flexible con 50% de plastificantes (estimación aproximada)	1
PVDC	440	Para capas finas	3

**Procesado de plásticos (en milipuntos).**

<b>Proceso</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Extrusión con soplado de aire de PE	2,1	Por kg de PE granulado, pero sin producción de PE. Láminas para fabricar bolsas	2
Calandrado de láminas de PVC	3,7	Por kg de PVC granulado, pero sin producción de PVC	2
Moldeado por inyección -1	21	Por kg de PE, PP, PS y ABS granulado, pero sin producción de material	4
Moldeado por inyección -2	44	Por kg de PVC y PC, pero sin producción de material	4
Granceado, taladrado	6,4	Por dm <sup>3</sup> de material procesado, pero sin producción de material de desecho	4
Modelado por presión	6,4	Por kg	4
Moldeado de PUR por inyección	12	Por kg, sin producción de PUR ni otros posibles componentes	4
Soldadura ultrasónica	0,098	Por metro soldado	4
Moldeo o conformado en vacío	9,1	Por kg de material, pero sin producción del mismo	4

**Producción de caucho (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Gomas EPDM	360	Vulcanizado con 44% de carbono, incluyendo el moldeado	1

**Producción de materiales de embalaje (en milipuntos por kg).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Cartón de embalaje	69	Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de dilatación	1
Papel	96	Contiene 65% de papel de desecho, omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de dilatación	1
Vidrio (marrón)	50	Vidrio para envases que contiene un 61% de vidrio reciclado	2
Vidrio (verde)	51	Vidrio para envases que contiene un 99% de vidrio reciclado	2
Vidrio (blanco)	58	Vidrio para envases que contiene un 55% de vidrio reciclado	2

## Producción de productos químicos y otros (en millipuntos por kg).

Material	Indicador	Descripción	
Amoniaco	160	NH <sub>3</sub>	1
Argón	7,8	Gas inerte empleado en bombillas, soldadura de metales reactivos como el aluminio	1
Betonita	13	Para la arena de los gatos, porcelana etc.	1
Negro de humo	180	Empleado como colorante y relleno	1
Productos químicos inorgánicos	53	Valor medio de producción de químicos inorgánicos	1
Productos químicos orgánicos	99	Valor medio de producción de químicos orgánicos	1
Cloro	38	Cl <sub>2</sub> producido mediante procesos de diagrama (tecnología punta)	1
Dimetil p-pathalate	190	Como plastificante para suavizar el PVC	1
Etilenglicol / óxido de etileno	330	Como disolvente artificial y limpiador	1
Fueloil	180	Sólo para producción. Sin combustión	1
Gasolina sin plomo	210	Sólo para producción. Sin combustión	1
Diesel (Gasóleo)	180	Sólo para producción. Sin combustión	1
H <sub>2</sub>	830	Gas hidrógeno. Empleado en procesos de reducción	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	Ácido sulfúrico. Empleado para limpieza y mordentado	1
HCl	39	Ácido hidroclohidrico. Empleado para procesar metales y en limpieza	1
HF	140	Ácido fluorhídrico	1
N <sub>2</sub>	12	Nitrógeno. Empleado como atmósfera inerte	1
NaCl	6,6	Cloruro de sodio	1
NaOH	38	Sosa cáustica	1
Acido nítrico	55	HNO <sub>3</sub> . Empleado para evitar la oxidación de los metales (mordentado)	1
O <sub>2</sub>	12	Oxígeno	1
Acido fosfórico	99	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Empleado en preparados y fertilizantes	1
Polipropilen glicol	200	Utilizado como anticongelante y disolvente	1
R134a (refrigerante)	150	Sólo producción de R134. La emisión de 1 kg de R134 genera 7300 mPt	1
R22 (refrigerante)	240	Sólo producción de R22. La emisión de 1 kg de R22 genera 8400 mPt	1
Silicato (vidrio soluble)	60	Empleado en la fabricación de gel de sílice (sílica gel), detergentes y en la limpieza de metales	1
Sosa	45	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Empleado en detergentes	1
Urea	130	En fertilizantes	1
Agua descarbonizada	0,0026	Sólo procesado. No se contemplan los efectos en aguas subterráneas (si los hubiera)	1
Agua desmineralizada	0,026	Sólo procesado. No se contemplan los efectos en aguas subterráneas (si los hubiera)	1
Zeolita	160	Utilizada en procesos de absorción y en detergentes	1

## Producción de material de construcción (en millipuntos por kg).

Material	Indicador	Descripción	
Barniz alquídico	520	Producción y emisiones durante el barnizado, conteniendo 55% de disolventes	5
Cemento	20	Cemento portland	1
Material cerámico	28	Ladrillos etc.	1
Hormigón sin refuerzo	3,8	Hormigón con densidad de 2200 kg/m <sup>3</sup>	1
Vidrio templado revestido	51	Para ventanas. Cubierta de estaño, plata y níquel (77 g/m <sup>2</sup> )	1
Vidrio templado no revestido	49	Para ventanas	1
Yeso	9,9	Selenita. Empleado como relleno	1
Gravilla	0,84	Extracción y transporte	1
Cal (quemada)	28	CaO. Empleado para producir cementos. También se puede utilizar como base consistente.	1
Cal (hidratada)	21	Ca(OH) <sub>2</sub> . Empleado para fabricar mortero	1
Lana mineral	61	Para aislamientos	1
Construcción sólida	1500	Estimación para un edificio (cemento) por m <sup>3</sup> de volumen (bienes de equipo)	1
Construcción en metal	4300	Estimación para un edificio (cemento) por m <sup>3</sup> de volumen (bienes de equipo)	1
Arena	0,82	Extracción y transporte	1
Tableros de madera	39	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de crecimiento	1
Madera maciza	6,6	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO <sub>2</sub> en la fase de crecimiento	1
Uso del suelo	45	Ocupación como suelo urbano por m <sup>2</sup> al año	1



**Calor (en milipuntos por MJ).**

<b>Material</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción (se incluye la producción de carburantes)</b>	
Briqueta de carbón (estufas)	4,6	Combustión de carbón en un horno de 5-15 kW	1
Carbón para hornos industriales	4,2	Combustión de carbón en un horno industrial (1-10 MW)	1
Agglomerado de lignito	3,2	Combustión de lignito en un horno de 5-15 kW	1
Gas (calderas)	5,4	Combustión de gas en una caldera atmosférica (<100 kW) con NO <sub>x</sub> bajo	1
Gas para hornos industriales	5,3	Combustión de gas en un horno industrial (>100 kW) con NO <sub>x</sub> bajo	1
Petróleo (calderas)	5,6	Combustión de petróleo en una caldera 10 kW	1
Petróleo para hornos industriales	11	Combustión de petróleo en un horno industrial	1
Madera para combustión	1,6	Combustión de madera. Omisión de la absorción y emisión de CO <sub>2</sub>	1

**Energía solar (en milipuntos por kWh).**

<b>Tipo de placa</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>	
Placa solar de fachada m-Si	9,7	Pequeña instalación (3 kWp) con células monocristalinas, empleada en fachadas de edificios	1
Placa solar de fachada p-Si	14	Pequeña instalación (3 kWp) con células policristalinas, empleada en fachadas de edificios	1
Techo solar m-Si	7,2	Pequeña instalación (3 kWp) con células monocristalinas, empleada en techos de edificios	1
Techo solar p-Si	10	Pequeña instalación (3 kWp) con células policristalinas, empleada en techos de edificios	1

**Electricidad (en milipuntos por kWh).**

<b>Tipo de electricidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción (Se incluye la producción de carburantes)</b>	
Electricidad AV Europa (UCPTE)	22	Alto voltaje (>24 kVolt)	1
Electricidad MV Europa (UCPTE)	22	Voltaje medio (1kV-24 kVolt)	1
Electricidad BV Europa (UCPTE)	26	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Austria	18	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Bélgica	22	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Suiza	8,4	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Gran Bretaña	33	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Francia	8,9	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Grecia	61	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Italia	47	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Países Bajos	37	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Portugal	46	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1

AV.- Alto Voltaje    MV.- Medio Voltaje    BV.- Bajo Voltaje



## Transporte (en milipuntos por tkm).

Tipo de transporte	Indicador	Descripción (se incluye la producción de carburante)	
Camión de reparto <3,5 t	140	Transporte por carretera con 30% de carga, 33% de gasolina sin plomo, 38% de gasolina con plomo, 29% de diesel (38% sin catalizador). Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 16 t	34	Transporte por carretera con 40% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 28 t	22	Transporte por carretera con 40% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Camión 28 t (volumen)	8	Transporte por carretera por m <sup>3</sup> km. Se emplea cuando el factor determinante es el volumen y no la carga	1
Camión 40 t	15	Transporte por carretera con 50% de carga, Media europea incluyendo viaje de vuelta	1
Utilitario W-Europa	29	Transporte por carretera por km	1
Transporte por ferrocarril	3,9	Transporte por tren, 20% diesel y 80% mediante trenes eléctricos	1
Buque sistema fluvial	5	Transporte marítimo con 65% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque sistema oceánico	0,8	Transporte marítimo con 54% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque carguero fluvial	5,1	Transporte marítimo con 70% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Buque carguero oceánico	1,1	Transporte marítimo con 70% de carga. Media europea incluyendo el viaje de vuelta	1
Transporte aéreo medio	78	Transporte aéreo con 78% de carga. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo continental	120	Transporte aéreo en un Boeing 737 con carga del 62%. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo intercontinental	80	Transporte aéreo en un Boeing 747 con carga del 78%. Media de todos los vuelos	6
Transporte aéreo intercontinental	72	Transporte aéreo en un Boeing 767 o MD 11 con carga del 71%. Media de todos los vuelos	6

## Reciclado de basuras (en milipuntos por kg).

Material	Indicador			Descripción (valores de reciclaje de mat. primarios)	
	Total	Proceso	Prod. elim.		
Reciclado de PE	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PP	-210	86	-300	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PS	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PVC	-170	86	-250	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de papel	-1,2	32	-33	El reciclado evita producir papel virgen	2
Reciclado de cartón	-8,3	41	-50	El reciclado evita producir cartón virgen	2
Reciclado de vidrio	-15	51	-66	El reciclado evita producir vidrio virgen	2
Reciclado de aluminio	-720	60	-780	El reciclado evita producir aluminio primario	1
Reciclado de metales de hierro	-70	24	-94	El reciclado evita producir acero primario	1

## Tratamiento de residuos (en milipuntos por kg).

Tratamiento	Indicador	Descripción	
<b>Incineración</b>		Realizada en una planta de incineración de basuras europea. Medio de recuperación de energía, el 22% de la residuos urbanos de Europa es incinerada	
Incineración de PE	-19	Este indicador puede utilizarse para HDPE y LDPE	2
Incineración de PP	-13		2
Incineración de PUR	2,8	Este indicador puede utilizarse para todos los tipos de PUR	2
Incineración de PET	-6,3		2
Incineración de PS	-5,3	Producción de energía relativamente baja, también puede usarse para ABS, HIPS, GPPS, EPS	2
Incineración de nylon	1,1	Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de PVC	37	Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de PVDC	66	Liberación de energía relativamente baja	2
Incineración de papel	-12	Gran liberación de energía. Emisiones de CO <sub>2</sub> no contempladas	2
Incineración de cartón	-12	Gran liberación de energía. Emisiones de CO <sub>2</sub> no contempladas	2
Incineración de acero	-32	40% de separación magnética para reciclado, eliminando el hierro crudo (media europea)	2
Incineración de aluminio	-110	15% de separación magnética para reciclado, eliminando aluminio primario	2
Incineración de vidrio	5,1	Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
<b>Vertederos</b>		Vertederos controlados. El 78% de los residuos urbanos europeos se lleva a vertederos	
Vertederos de PE	3,9		2
Vertederos de PP	3,5		2
Vertederos de PET	3,1		2
Vertederos de PS	4,1	Este indicador también puede aplicarse a los vertederos de ABS	2
Vertederos de espuma EPS	7,4	Espuma de PS, 40 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertederos de espuma 20 kg/m <sup>3</sup>	9,7	Vertederos de espuma tipo PUR con 20 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertederos de espuma 100 kg/m <sup>3</sup>	4,3	Vertederos de espuma tipo PUR con 100 kg/m <sup>3</sup>	2
Vertedero de Nylon	3,6		2
Vertederos de PVC	2,8	Se excluye el filtrado de estabilizadores del metal	2
Vertederos de PVDC	2,2		2
Vertederos de papel	4,3	No se consideran las emisiones de CO <sub>2</sub> y metano	2
Vertederos de cartón	4,2	No se consideran las emisiones de CO <sub>2</sub> y metano	2
Vertederos de vidrio	1,4	Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de acero	1,4	Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de aluminio	1,4	Se trata de un material casi inerte. El indicador se puede aplicar a otros materiales inertes	2
Vertederos de 1 m <sup>3</sup> de volumen	140	Volumen del vertedero por m <sup>3</sup> , empleo de restos voluminosos, como espuma y derivados	2
<b>Residuos urbanos</b>		En Europa, el 22% de la residuos urbanos se incinera y el 78% se lleva a vertederos. Este indicador no es válido para residuos voluminosos y materiales secundarios	
Residuos urbanos de PE	-1,1		2
Residuos urbanos de PP	-0,13		2
Residuos urbanos de PET	1		2
Residuos urbanos de PS	2	No aplicable a espumas	2
Residuos urbanos de PA 6.6	3,1		2
Residuos urbanos de PVC	10		2
Residuos urbanos de PVDC	16		2
Residuos urbanos de papel	0,71		2
Residuos urbanos de cartón	0,64		2
Residuos urbanos de acero ECCS	-5,9	Sólo válido para acero primario	2
Residuos urbanos de aluminio	-23	Sólo válido para aluminio primario	2
Residuos urbanos de vidrio	2,2		2
<b>Basura doméstica</b>		Separación por consumidor de la Residuos destinados al reciclado (media europea)	
Papel	-0,13	44% de separación	2
Cartón	-3,3	44% de separación	2
Vidrio	-6,9	52% de separación	2