



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Mecànica**

**ESTUDI I VALIDACIÓ DE MODIFICACIONS DE  
L'AERODINÀMICA D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Marc Antonell Rebellón  
**Director:** Jordi Ivern Cacho  
**Convocatòria:** Maig 2023



## Resum

El projecte es basa en realitzar millores aerodinàmiques mitjançant canvis en el disseny d'un Volkswagen Golf Mk6. En aquest treball es realitzaran estudis mitjançant la extensió Flow Simulation de SolidWorks, aquesta extensió permet generar simulacions de fluids molt realistes i dels quals es poden extreure moltes dades i resultats. En el cas d'aquest treball es realitzarà una simulació d'un túnel de vent el qual estudia els moviments i les forces que l'aire aplica sobre el cotxe, per tal de realitzar millores aerodinàmiques i aconseguir un millor pas de corba.

Per realitzar el disseny es crearan diferents models de les peces que es volen modificar i es compararan entre si per veure les característiques de cada una. Un cop s'hagi realitzat la comparació es decidirà quina de les peces és més adient per aquest projecte. Finalment s'obtindrà un disseny del cotxe amb cada una de les peces definitives acoblades amb el qual es realitzarà un estudi final i es compararà amb els resultats de l'estudi del cotxe amb les peces de sèrie.

Apart aquest projecte inclourà una sèrie d'explicacions del procés de muntatge de cada una de les peces per tal de facilitar als possibles clients la informació necessària per realitzar un canvi de peces. Així doncs, es donarà un seguit de passos per poder realitzar un muntatge ràpid i senzill de totes les peces que es vulguin adaptar.

## Resumen

El proyecto se basa en realizar mejoras aerodinámicas mediante cambios en el diseño de un Volkswagen Golf Mk6. En este trabajo se realizarán estudios mediante la extensión Flow Simulation de SolidWorks, esta extensión permite generar simulaciones de fluido muy realistas y de los cuales se pueden extraer muchos datos y resultados. En el caso de este trabajo se realizará una simulación de un túnel de viento donde se estudia el movimiento y las fuerzas que el aire genera sobre el coche, para así poder realizar mejoras aerodinámicas y conseguir un mejor paso de curva.

Para realizar el diseño se crearán distintos modelos de las piezas que se quieren modificar y se compararán entre ellos para ver las características de cada una. Una vez se haya realizado la comparación se decidirá que piezas son más adecuadas para este proyecto. Finalmente se obtendrá un diseño del coche con cada una de las piezas definitivas acopladas con las que se realizará un estudio final y se comparará con los resultados del estudio del coche con las piezas de serie.

Además, este proyecto incluye una serie de explicaciones del proceso de montaje de cada una de las piezas para facilitar a los posibles clientes la información necesaria para realizar el cambio de piezas. Así pues, se dará una secuencia de pasos para poder realizar un montaje rápido y sencillo de todas las piezas que se desean montar.

## **Abstract**

The project is based on making aerodynamic improvements through changes in the design of a Volkswagen Golf Mk6. In this work, studies will be carried out using the SolidWorks Flow Simulation extension, which allows for highly realistic fluid simulations from which a great deal of data and results can be extracted. In the case of this work, a wind tunnel simulation will be carried out to study the movement and forces that the air generates on the car, in order to make aerodynamic improvements and achieve better cornering performance.

To create the design, different models of the parts that are to be modified will be created and compared to study the characteristics of each one. Once the comparison has been made, it will be decided which parts are more suitable for this project. Finally, a design of the car with each of the definitive parts attached will be obtained, and a final study will be carried out and compared with the results of the study of the car with its original parts.

Additionally, this project includes a series of explanations of the assembly process for each of the parts, to provide to potential customers the necessary information to make these changes. Thus, a sequence of steps will be provided to enable a quick and easy assembly of all the desired parts.

## Agraïments

Aquesta memòria és el resultat de un gran esforç posat durant mesos per tal de realitzar el treball que simbolitza el final de la carrera universitària. Degut al significat m'agradaria primer de tot agrair el gran esforç que ha posat el tutor d'aquest treball Jordi Ivern, el qual tot i la gran llista de problemes que han sorgit al llarg del transcurs d'aquest treball mai ha dubtat que aconseguiríem el resultat que volíem. Ha estat un tutor que m'ha donat molt suport i sempre ha intentat donar les millors eines per tal de poder resoldre els dubtes que anaven sorgint durant ell treball.

Per altre banda també m'agradaria donar les gràcies al professor Sergio Gómez, el qual va ser professor meu de l'assignatura Validació del Disseny i el qual em va ensenyar la majoria de les eines utilitzades en aquest projecte. Gràcies a la seva assignatura impartida vaig decidir realitzar aquest treball degut als coneixements apresos sobre l'ús de les diferents extensions de SolidWorks. A la vegada també ens ha donat suport en algun tema relacionat amb l'ús del programa i en la recerca d'alguns errors que no enteníem durant el treball.

Finalment, agrair a tota la gent que m'envolta (familiars, amics i parella) que han estat donant-me forces i no deixant mai que em superés la pressió en aquests moments de dificultat on semblava que mai s'acabaria. Una vegada quasi acabat el treball puc dir que ha valgut la pena aquesta experiència, ha estat un temps d'esforç i superació constant que finalment dona els seus fruits.

## Glossari

**C<sub>x</sub>**: Coeficient aerodinàmic

**C<sub>l</sub>**: Coeficient lift

**C<sub>d</sub>**: Coeficient drag

**F1**: Fórmula 1

**VW**: Volkswagen

**SolidWorks**: Programa de disseny i simulacions en 3D

**Flow Simulation**: Extensió de SolidWorks que genera estudis de fluids

**Domini computacional**: Àrea seleccionada on es realitza el Flow Simulation

**Wizard**: Pestanya per iniciar amb la configuració del Flow Simulation

**Malla**: Estructura generada per subdivisions que es generen en el model a estudiar

**Assemblatge**: Unió d'un conjunt de peces mitjançant relacions de posició

**Flow Trajectory**: Trajectòria del fluid

**Goals**: Resultats a obtenir

**GrabCAD**: Llibreria 3D online gratuïta

**Downforce o Força Lift**: Força generada per l'aire sobre un cotxe en direcció a terra

**Força Drag**: Força generada per l'aire i el pes sobre un cotxe en direcció horitzontal a terra

**Sustentació**: Força generada (en direcció contrària a terra) per un cos al entrar en contacte amb un fluid

# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>IV</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>V</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del treball .....	1
1.2. Motivació .....	1
1.3. Requeriments previs.....	2
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>3</b>
2.1. Objectius del treball.....	3
2.2. Abast del treball.....	3
<b>3. MARC TEÒRIC</b>	<b>5</b>
3.1. Principis de l'aerodinàmica.....	5
3.2. Aerodinàmica aplicada als cotxes.....	7
3.3. Parts aerodinàmiques d'un vehicle .....	9
3.4. Història i evolució de l'aerodinàmica en cotxes.....	11
<b>4. MODELS UTILITZATS</b>	<b>13</b>
<b>5. OBTENCIÓ DE LA CARROSSERIA</b>	<b>14</b>
5.1. Passos realitzats per generar el modelatge .....	16
5.2. Selecció del material utilitzat .....	18
<b>6. METODOLOGIA PER REALITZAR ELS ESTUDIS EN SOLIDWORKS</b>	<b>20</b>
<b>7. RESULTATS DELS ESTUDIS</b>	<b>27</b>
7.1. Estudi del model de sèrie .....	27
7.2. Estudi dels alerons .....	29
7.2.1. Aleró nº 1 .....	29
7.2.2. Aleró nº 2 .....	33
7.2.3. Aleró nº 3 .....	36



7.2.4.	Aleró nº 4.....	39
7.3.	Estudi dels splitters o faldons .....	42
7.3.1.	Splitter nº1.....	42
7.3.2.	Splitter nº2.....	46
7.3.3.	Splitter nº3.....	49
7.3.4.	Splitter nº4.....	53
7.4.	Estudi dels difusors .....	57
7.4.1.	Difusor nº 1.....	57
7.4.2.	Difusor nº 2.....	61
7.4.3.	Difusor nº 3.....	64
7.4.4.	Difusor nº 4.....	67
7.5.	Estudi del les aletes laterals .....	70
7.6.	Estudi final.....	73
<b>8.</b>	<b>NORMATIVA D'HOMOLOGACIÓ</b> .....	<b>78</b>
<b>9.</b>	<b>MÈTODE DE MUNTATGE DE LES PECES</b> .....	<b>79</b>
<b>10.</b>	<b>ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>83</b>
<b>11.</b>	<b>PLÀNOLS</b> .....	<b>85</b>
	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>86</b>
	<b>ANÀLISI ECONÒMICA</b> .....	<b>89</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>91</b>
	<b>ANNEX 1</b> .....	<b>95</b>

## Índex de figures

Figura 1: Esquema de velocitats i pressions d'un perfil alar (Font: [21])	5
Figura 2: Forces que actuen en un perfil alar (Font: [1])	7
Figura 3: Forces drag i downforce aplicades a un cotxe (Font: [4])	8
Figura 4: Splitter d'un cotxe (Font: [6])	9
Figura 5: Aleta lateral dreta d'un cotxe (Font: [6])	9
Figura 6: Entrades i sortides d'aire d'un cotxe (Font: [6])	10
Figura 7: Difusor d'un cotxe (Font: [6])	10
Figura 8: Aleró d'un cotxe (Font: [6])	11
Figura 9: Spoiler d'un cotxe (Font: [20])	11
Figura 10: Elements a partir dels quals es genera una malla (Font: [22])	13
Figura 11: Generació de malla de diferents dimensions (Font: [26])	13
Figura 12: Imatge del model 3D descarregat	14
Figura 13: Model 3D tancat mitjançant l'eina "Coser Superfícies"	15
Figura 14: Reixa del model 3D per on entrava aire	15
Figura 15: Assemblatge model 3D amb rodes	15
Figura 16: Sòlid amb imatges inserides del model	16
Figura 17: Tall realitzat mitjançant l'eina "Corte barrido"	17
Figura 18: Model 3D dissenyat	17

Figura 19: Assemblatge model 3D dissenyat amb rodes	18
Figura 20: Exemple d'un domini computacional	21
Figura 21: Primera pàgina de la configuració general de l'estudi	22
Figura 22: Segona pàgina de la configuració general de l'estudi	22
Figura 23: Tercera pàgina de la configuració general de l'estudi	23
Figura 24: Quarta pàgina de la configuració general de l'estudi	23
Figura 25: Configuració del domini computacional	24
Figura 26: Configuració de la malla global	25
Figura 27: Configuració i selecció de superfícies per generar la malla local	25
Figura 28: Resultats a obtenir al realitzar l'estudi	26
Figura 29: Diagrama de velocitats del model inicial	28
Figura 30: Trajectòria de partícules del model inicial	28
Figura 31: Disseny del primer aleró	29
Figura 32: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 1	31
Figura 33: Ampliació de la figura 32	31
Figura 34: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 1 visió posterior	32
Figura 35: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 1 visió propera a l'aleró	32
Figura 36: Disseny del segon aleró	33
Figura 37: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 2	34

Figura 38: Ampliació de la figura 37 _____	35
Figura 39: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 2 _____	35
Figura 40: Disseny del tercer aleró _____	36
Figura 41: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 3 _____	37
Figura 42: Ampliació de la figura 41 _____	38
Figura 43: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 3 visió posterior _____	38
Figura 44: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 3 visió de l'aleró _____	38
Figura 45: Disseny del quart aleró _____	39
Figura 46: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 4 _____	40
Figura 47: Ampliació de la figura 46 _____	41
Figura 48: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 4 visió posterior _____	41
Figura 49: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 4 visió de l'aleró _____	42
Figura 50: Disseny del primer splitter _____	42
Figura 51: Diagrama de velocitats del model 1 dels splitters _____	44
Figura 52: Ampliació de la figura 51 _____	44
Figura 53: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter	145
Figura 54: Pla on s'ha seccionat el model _____	45
Figura 55: Trajectòria de partícules del model del splitter 1 _____	45
Figura 56: Disseny del segon splitter _____	46

Figura 57: Diagrama de velocitats del model del splitter 2	47
Figura 58: Ampliació de la figura 57	47
Figura 59: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter	248
Figura 60: Pla on s'ha seccionat el model	48
Figura 61: Trajectòria de partícules del model del splitter 2	48
Figura 62: Disseny del tercer splitter	49
Figura 63: Diagrama de velocitats del model del splitter 3	50
Figura 64: Ampliació de la figura 63	51
Figura 65: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter	351
Figura 66: Pla on s'ha seccionat el model	51
Figura 67: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats	52
Figura 68: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 3	52
Figura 69: Trajectòria de partícules del model del splitter 3 amb visió propera	52
Figura 70: Trajectòria de partícules del model del splitter 3 amb visió general	53
Figura 71: Disseny del quart splitter	53
Figura 72: Ampliació de la figura 72	55
Figura 73: Diagrama de velocitats del model del splitter 4	55
Figura 74: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 4	55
Figura 75: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats	55

Figura 76: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 4 amb vista de secció _____	56
Figura 77: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció _____	56
Figura 78: Trajectòria de partícules del model del splitter 4 _____	57
Figura 79: Disseny del primer difusor _____	57
Figura 80: Diagrama de velocitats del model del difusor 1 _____	59
Figura 81: Ampliació de la figura 80 amb vista seccionada _____	59
Figura 82: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 1 _____	60
Figura 83: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció _____	60
Figura 84: Trajectòria de partícules del model del difusor 1 _____	60
Figura 85: Disseny del segon difusor _____	61
Figura 86: Diagrama de velocitats del model del difusor 2 _____	62
Figura 87: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 2 _____	63
Figura 88: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció _____	63
Figura 89: Trajectòria de partícules del model del difusor 2 _____	63
Figura 90: Disseny del tercer difusor _____	64
Figura 91: Diagrama de velocitats del model del difusor 3 _____	65
Figura 92: Ampliació de la figura 91 _____	65
Figura 93: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 3 _____	66

Figura 94: Pla on s'ha realitzat la vista de secció	66
Figura 95: Trajectòria de partícules del model del difusor 3	67
Figura 96: Disseny del quart difusor	67
Figura 97: Diagrama de velocitats del model del difusor 4	68
Figura 98: Ampliació figura 97	69
Figura 99: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 4	69
Figura 100: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció	69
Figura 101: Trajectòria de partícules del model del difusor 4	70
Figura 102: Disseny de les aletes laterals	71
Figura 103: Desplaçament del fluid aplicat a la superfície de les aletes	72
Figura 104: Diagrama de velocitats del model de les aletes laterals	73
Figura 105: Vista lateral del disseny final del cotxe	74
Figura 106: Vista posterior del disseny final del cotxe	74
Figura 107: Vista davantera del disseny final del cotxe	74
Figura 108: Diagrama de velocitats del model final del cotxe	76
Figura 109: Ampliació de la part posterior del cotxe de la figura 108	76
Figura 110: Ampliació de la part davantera del cotxe de la figura 108	76
Figura 111: Vista general de la trajectòria de partícules del model final	76
Figura 112: Vista davantera de la trajectòria de partícules del model final	77

---

Figura 113: Vista posterior de la trajectòria de partícules del model final _____	77
Figura 114: Imatge de la part posterior del Volkswagen Golf _____	79
Figura 115: Peça a desmuntar per tal de muntar l'aleró (Font: [23]) _____	80
Figura 116: Para-xocs davanter Volkswagen Golf (Font: [24]) _____	81
Figura 117: Cinta doble cara 3M (Font: [25]) _____	82



## Índex d'equacions

Equació 1. Equació de la suma de pressions i velocitats de Bernoulli	5
Equació 2. Desglossament de l'equació 1	5
Equació 3. Equació de la força	6
Equació 4. Equació de la càrrega aerodinàmica	7
Equació 5. Equació de la resistència aerodinàmica	8
Equació 6. Consum energètic	83
Equació 7. Consum energètic per peça	84
Equació 8. Emissions de CO2	84

## Índex de taules

Taula 1. Comparativa de materials _____	19
Taula 2. Desglossament pressupost projecte. _____	90

# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del treball

El projecte sorgeix a partir de la realització d'una optativa amb el professor Sergio Gómez Gonzalez anomenada Validació del Disseny. Optativa en la qual s'aprenen moltes eines noves del programa SolidWorks les quals poden ser molt útils en un futur en el món laboral. A partir d'aquesta assignatura i la realització de les pràctiques a l'empresa Bymar-Park S.L. on s'han dut a terme dissenys de moltes màquines partint de zero, s'ha ajuntant una gran fascinació per aquest programa i unes ganes per aprendre més sobre el tema. Arribant a la conclusió que el treball havia de tenir alguna cosa a veure amb el programa SolidWorks.

Conjuntament amb la voluntat d'utilitzar aquest programa es va pensar en realitzar un TFG en el qual s'aprenguessin coses de cara a un futur, és per això que finalment es realitza aquest treball enfocat en el camp de l'automoció (pensant en un futur lloc de treball en el qual seria de gran interès estar).

## 1.2. Motivació

Una vegada decidit l'origen del treball en el qual centrar-nos, es busca concretar en que es basarà el treball, és per això que la idea des d'un principi és buscar algun tema en el qual l'estudiant pugui sentir-se còmode treballant tantes hores com és fer un TFG. Per aquest motiu ens centrem en una de les motivacions més grans de l'estudiant que son els cotxes i l'automoció. Més concretament el treball motiva d'una manera molt gran a l'estudiant ja que tracta de realitzar un disseny i fer un seguit d'estudis del seu propi cotxe, fet que fa augmentar les ganes de realitzar i obtenir solucions del problema que es busca que és millorar l'aerodinàmica del cotxe.

A la vegada també és de gran ajuda veure com han sigut útils moltes de les assignatures realitzades durant la carrera de les quals s'ha pogut extreure coneixements que s'aplicaran durant tota la realització del treball. Això augmenta també les ganes de seguir aprenent i estudiant ja que dona els seus fruits després de quatre anys estudiats.

### 1.3. Requeriments previs

Abans de començar amb el treball han sigut necessaris una sèrie de coneixements i objectes per realitzar aquests tipus de treball ja que sense ells es fa molt més difícil la realització d'aquest.

Primer de tot al tractar-se d'un projecte basat en l'estudi en SolidWorks s'ha d'obtenir la llicència. Sense aquesta llicència subministrada per la UPC hagués sigut de gran cost la realització d'aquest treball.

Segon requeriment per realitzar el projecte és un ordinador amb unes bones característiques gràfiques, de processador i memòria ja que SolidWorks és un programa que ocupa molta memòria al instal·lar-lo. A més al no fer servir només la part de disseny, sinó que també es dona ús de l'extensió de simulació aquesta consumeix molts recursos de l'ordinador. Per la qual cosa tenir un bon ordinador és vital pel tema de la realització dels càlculs mitjançant el Simulation.

Tercer requeriment bàsic per dur a terme el treball ha sigut haver pogut cursar les dues assignatures obligatòries que hi ha al llarg de la carrera de Enginyeria Mecànica de Expressió Gràfica. On t'ensenyen a dissenyar i crear tot tipus de peces en 3D i et fan una introducció d'algunes de les extensions que té el programa SolidWorks.

Quart i útil requeriment bàsic en aquest treball és haver pogut realitzar l'optativa de Validació del Disseny, aquesta assignatura ensenya amb molta més profunditat als estudiants totes les eines disponibles de SolidWorks, ja sigui en FlowSimulation, Motion, o altres extensions del programa. Gràcies als coneixements obtinguts en aquesta assignatura és molt més acceptable poder fer un treball com és aquest amb la importància que té i estant segur del que s'està realitzant.

## 2. Introducció

### 2.1. Objectius del treball

L'objectiu en aquest projecte és millorar l'aerodinàmica d'un Volkswagen Golf Mk6 mitjançant el disseny de noves peces. La idea inicial és realitzar diferents models de cada una de les peces que es volen modificar o implementar en el cotxe i comparar-les entre elles.

Per cada tipus de peça hi haurà una comparació entre els diferents dissenys, d'on finalment s'obindrà una conclusió sobre quin d'aquests és més adequat per les característiques que té el cotxe. Un cop escollit un model de cada tipus de peça a implementar al cotxe és crearà un acoblament amb totes les millores realitzades al model 3D sobre el qual s'ha començat el treball i es realitzarà una simulació del resultat final.

Un cop s'hagi obtingut els resultats finals es realitzarà una comparació de la simulació del cotxe amb les peces de sèrie (tal i com surt de fàbrica) amb la simulació on hi ha totes les modificacions i es veuran com han afectat els canvis en el cotxe.

Per finalitzar el treball de manera més professional no només es centrarà en l'estudi del cotxe sinó que també s'observaran i resoldran les necessitats de possibles clients, per tant s'explicarà tot el procés de canvi i muntatge de les peces que es realitzaran durant el projecte.

### 2.2. Abast del treball

L'abast d'aquest treball pot arribar molt més enllà del que s'ha realitzat durant aquest projecte. En aquest cas el projecte s'ha centrat en modelar una sèrie de peces que es creien bastant necessàries de cara a obtenir una millora notable en l'aerodinàmica del cotxe. En aquest treball s'han fet modificacions de les peces principals que afecten a l'aerodinàmica com son alerons, splitter, difusor, aletes laterals,... Però també s'ha de tenir en compte que es podrien fer molts més canvis dels realitzats en el model 3D.

Alguns punts que es podrien haver seguit modificant en cas de tenir més temps per realitzar el treball o en el cas de fer un segon treball sobre el tema podrien ser els passos de roda, les entrades d'aire de tant de la part frontal com del capó, modificacions en la suspensió per tal de poder baixar el cotxe obtenint així un menor pas d'aire per la part inferior del cotxe. Apart de moltes idees que hi ha per

poder aprofitar les entrades d'aire per refrigerar parts del cotxe que agafen altes temperatures a l'hora de conduir a grans velocitats com poder ser els discos i les pastilles de fre o el mateix motor del cotxe entre d'altres.

### 3. Marc teòric

L'aerodinàmica és l'estudi d'un gas al entrar en contacte amb un cos o objecte. En la majoria de casos es parla de l'aerodinàmica com l'afecte que fa l'aire al interaccionar amb una superfície sòlida (en aquest cas amb un cotxe).

Al tenir un sòlid en moviment l'aire genera una força de resistència contrària al sentit de moviment del cotxe que varia en funció de les físiques d'aquest cos i de l'entorn en el que està. És per això que quan es parla de l'estudi de l'aerodinàmica, aquest es basa en un estudi de la mecànica dels fluids especialitzat en els principis i les lleis existents entre un cos i el seu entorn.

#### 3.1. Principis de l'aerodinàmica

Els principis físics utilitzats per entendre l'aerodinàmica són el principi de Bernoulli i les lleis de Newton.

##### Principi de Bernoulli:

L'experiment de Daniel Bernoulli explica que la pressió interna d'un fluid decreix a mesura que la velocitat del fluid incrementa o dit d'un altre manera, en un fluid en moviment en el que no s'afegeix ni s'elimina cap energia, la suma de la pressió i la velocitat en qualsevol punt és constant.

$$\rho + v = k$$

Equació 1. Equació de la suma de pressions i velocitats de Bernoulli

De forma més desglossada ens queda com

$$\rho + \frac{1}{2} \rho v^2 = k \quad \frac{1}{2} \rho v^2 = \rho d$$

Equació 2. Desglossament de l'equació 1

Informació de les equacions:

$\rho$ =pressió en un punt donat

$d$ =densitat del fluid

$v$ =velocitat en el punt donat

$\rho d$ = pressió dinàmica

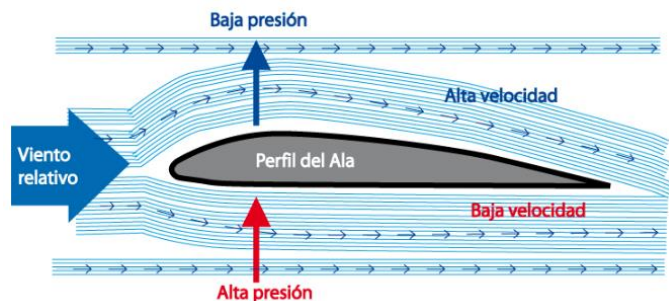


Figura 1: Esquema de velocitats i pressions d'un perfil alar (Font: [21])

**Lleis de Newton:**

- 1a llei: La primera llei de Newton o llei de inèrcia diu que qualsevol objecte està en estat de repòs o en moviment uniforme en línia recte si no és que es veu obligat a canviar aquest estat per l'efecte d'una força externa.

Això vol dir que un cos no varia de direcció, es comença a moure o parar-se si no te una força externa suficientment gran com per superar la seva inèrcia.

- 2a llei: La segona llei de Newton exposa que l'acceleració que experimenta un objecte és proporcional a la força que actua sobre ell mateix, la qual és inversament proporcional a la seva massa.

En resum, la força constant aplicada sobre un cos s'observa que té una acceleració resultant inversament proporcional a la massa del cos i directament proporcional a la força aplicada.

$$F = m \cdot a$$

*Equació 3. Equació de la força*

- 3a llei: La tercera llei de Newton afirma que per cada força d'acció hi ha una força de reacció amb la mateixa intensitat però de sentit contrari. Pel què es pot entendre que si dos cossos entren en contacte i un aplica una força sobre l'altre, aquest exercirà una força igual en sentit oposat.

**Forces que actuen a l'aerodinàmica**

- Empenta o impuls: És la força encarregada en moure el cos endavant. En el cas d'un cotxe aquesta força es creada pel motor d'aquest.
- Resistència o fricció: És la força que actua en sentit contrari al moviment del cos. Aquesta es creada a partir de la interacció del cos amb l'aire. Una superfície més gran i més rugosa farà augmentar aquesta força ja que tindrà més superfície de contacte amb el vent. El estudi d'aquest tipus de força es duen a terme en túnels de vent mitjançant col·locant sensors a la superfície a estudiar per tal de obtenir les dades necessàries per millorar la forma del cos.
- Pes: És la força amb la qual la terra atrau el cos cap avall per l'acció de la gravetat.



- Sustentació: És la força que genera un cos al entrar en contacte amb un fluid, realitzada de baix cap a dalt (perpendicular al vent relatiu)

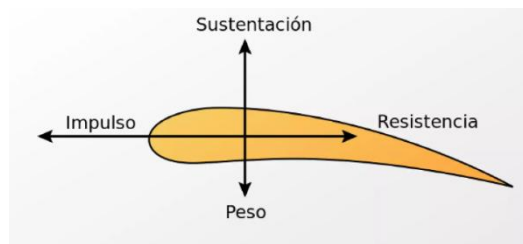


Figura 2: Forces que actuen en un perfil alar (Font: [1])

### Millores a aplicar en cada tipus de força

El que es busca en aquest treball és millorar l'aerodinàmica d'un cotxe, degut a que no podem variar la força aplicada del motor. S'intenta buscar una disminució de la fricció amb la carrosseria creant menys resistència per tal de millorar la velocitat del cotxe i disminuir el consum del vehicle.

A les forces aplicades verticalment es busca l'equilibri adequat entre, el pes que s'obté en la creació del cotxe i la sustentació, obtenint una millor fricció amb el terra i millorant l'estabilitat a altes velocitats. A diferència que amb els avions en el cotxe es busca que la sustentació no tingui una diferència de pressions tant gran com perquè es produeixi l'elevació del cotxe (ja que es torna inestable).

## 3.2. Aerodinàmica aplicada als cotxes

Quan parlem de l'aerodinàmica d'un cotxe parlem de dos conceptes més generals i no de quatre com en un perfil alar. Aquests dos conceptes són la càrrega i la resistència aerodinàmiques.

- La **càrrega aerodinàmica o down force (L)** actua perpendicularment al cotxe i és generada per les forces de pressió que trobem al voltant del cotxe. Aquesta en els cotxes sempre va en direcció cap al terra.

$$L = \frac{1}{2} \rho A C_L V^2$$

Equació 4. Equació de la càrrega aerodinàmica

A → àrea transversal del vehicle

$\rho$  → densitat del fluid

V → velocitat de desplaçament del cotxe

$C_L$  → coeficient de la càrrega aerodinàmica

- La **resistència aerodinàmica o drag (D)** és la força que va en sentit contrari al moviment del monoplaça.

$$D = \frac{1}{2} \rho A C_D V^2$$

Equació 5. Equació de la resistència aerodinàmica

A → àrea frontal del vehicle

$\rho$  → densitat del fluid

V → velocitat de desplaçament del cotxe

$C_D$  → coeficient drag

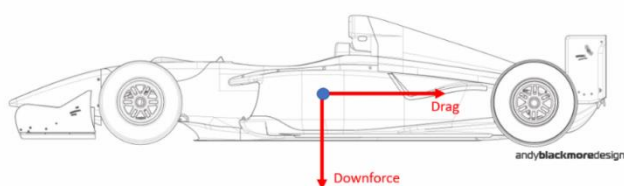


Figura 3: Forces drag i downforce aplicades a un cotxe (Font: [4])

## Coeficient aerodinàmic o Cx

El coeficient aerodinàmic és una dada creada com a la resistència que crea una planxa de metall d'un metre, és un número adimensional que depèn únicament de la forma geomètrica del cos. Els cotxes dels quals disposa la majoria de la població es troben entre un valor del Cx d'entre 0,25 i 0,40. Els cotxes que es troben per sota d'aquest interval són cotxes molt aerodinàmics, de normal estem parlant de prototips o cotxes de competició.

Un altra dada important pel càlcul de l'aerodinàmica és el frontal, que genera la resistència aerodinàmica. Pel càlcul es té en compte tant les dimensions com la forma d'aquest, ja que un cotxe petit amb un Cx elevat pot tenir millor aerodinàmica que un cotxe gran amb un Cx inferior.

### 3.3. Parts aerodinàmiques d'un vehicle

Aquest treball estudia la millora de l'aerodinàmica d'un Volkswagen Golf V. Es tracta d'un cotxe de carrer, per la qual cosa es parlarà de les parts que es poden estudiar en l'aerodinàmica d'aquest tipus d'automòbils. En el cas dels cotxes de competició com els Fórmula 1 o Fórmula E es poden realitzar molts més canvis per millorar la seva aerodinàmica.

Per la millora de les parts es busca que el vehicle desplaci a través de l'aire amb el menor fregament possible i a la vegada intentar tenir la màxima adherència a terra. Per poder millorar aquests aspectes es poden modificar moltes parts d'un cotxe, en aquest apartat parlarem de les més essencials.

- **Splitter o faldons:** Es tracta d'un element que es troba a la part inferior del frontal del cotxe. Acostuma a tenir una forma allargada i plana. Fan la funció de dividir el flux de l'aire en dos, un dels flux va cap a sobre de la carrosseria a una alta pressió i l'altre una pressió baixa per sota. Així s'anul·la pràcticament l'entrada de l'aire per sota el cotxe i es genera una càrrega descendent.



Figura 4: Splitter d'un cotxe (Font: [6])

- **Aletes:** A l'estudiar un cotxe de carrer, aquest té les rodes tapades per la carrosseria, per això podem afirmar que no porten cap classe d'aleró al davant com a la F1. Per això sumat als faldons es col·loquen als laterals del frontal unes aletes que generen més càrrega descendent i que canalitzen aire netejant així el flux del cotxe.



Figura 5: Aleta lateral dreta d'un cotxe (Font: [6])

- **Entrada i sortida d'aire:** Les entrades es torben al frontal del cotxe, per sobre dels faldons. Aquestes entrades deixen passar l'aire que refrigera o alimenta el motor. Sobre el capó o als parafangs és molt freqüent trobar les sortides d'aire calent, deixant així espai perquè constantment es mogui l'aire per l'interior de la carrosseria (motor, radiador, frens). En alguns casos les sortides d'aire s'aprofiten per enviar aire a les rodes i així netejar la turbulència que aquestes creen a més de refredar les altes temperatures dels frens.



Figura 6: Entrades i sortides d'aire d'un cotxe (Font: [6])

- **Difusor:** El difusor el trobem a la part posterior del cotxe, entre el maleter i el terra. Amb la mateixa funció que els faldons, aquest s'encarrega d'augmentar la velocitat de l'aire per sota del cotxe creant així una zona de baixes pressions que millora l'adherència del cotxe (generant una càrrega aerodinàmica descendent). També fan la funció de reduir la turbulència a la part posterior del cotxe.



Figura 7: Difusor d'un cotxe (Font: [6])

- **Aleró i spoiler:** Es tracta de dos elements pràcticament idèntics entre ells. Per una banda, tenim el més petit i senzill que és el spoiler, enganxat al maleter del cotxe com si fos part d'aquest. Mentre que l'aleró és molt més gran i està separat de la carrosseria (enganxat per un o dos suports). Tenen la mateixa funció que una ala d'avió però en sentit oposat, aquests s'encarreguen de dirigir l'aire cap a dalt.

Al parlar d'una peça externa al cotxe aquesta genera també una resistència aerodinàmica, és per això que els equips de competició disposen d'un regulador per escollir la posició dels alerons en funció del lloc on estiguin competint.



Figura 8: Aleró d'un cotxe (Font: [6])



Figura 9: Spoiler d'un cotxe (Font: [20])

### 3.4. Història i evolució de l'aerodinàmica en cotxes

Si es fa un repàs de la història dels primers automòbils, els dissenys eren molt rectangulars, alts i amb un motor amb poca potència com el cas del conegut Ford T. Aquest tenia una capota de roba que creava resistència amb l'aire. Donat que es tractava d'un cotxe molt lent, l'aerodinàmica no rebia la importància que tenen els cotxes del present, ja que no arribaven a grans velocitats.

Al començament del segle XX ja es van començar a incorporar petits components aerodinàmics.

Durant el 1921, Edmund Rumpler dissenya el "Cotxe llàgrima", el cotxe va ser dissenyat inspirant-se amb una gota d'aigua, el qual tenia només un Cx de 0,27. Va impressionar a gran part del sector de l'automòbil pel modern disseny de l'època.

L'any 1930 a Amèrica es va crear el Chrysler Airflow, aquest estava inspirat en la forma d'un ocell. Aquest motor dividia el pes del cotxe per igual en els dos eixos. Donat que era l'època de la Gran Depressió no va ser un cotxe amb èxit.

A partir dels anys 50-60 els enginyers de carreres van experimentar variant les formes de la carrosseria dels cotxes de competició amb el que van obtenir una millora en la velocitat dels cotxes. Amb el que empreses molt conegudes com a Citroën o Porsche van crear models molt àgils però a la vegada poc accessibles de cara als compradors (ja que eren cotxes d'alta gamma).

A la dècada del 1980 es va crear l'Audi 100, un sedan molt més accessible per a tothom i amb un Cx de 0,30.

La creació d'aquests últims models es va poder dur a terme gràcies a la implementació de túnels de vent com a eina d'estudi, l'elevat cost de producció d'aquests conductes ha acabat amb la creació dels simuladors per ordinador que s'utilitzen avui en dia.

## 4. Models utilitzats

### Model de mallat

SolidWorks utilitza per mallar l'anàlisi d'elements finits. Es tracta d'una tècnica numèrica la qual crea una malla a partir d'un model geomètric, aquest es subdivideix en fraccions petites simples (anomenats elements) que s'uneixen mitjançant uns punts en contacte (nodes).

Aquest mètode d'elements finits uneix els resultats obtinguts per cada un dels elements obtenint un resultat més precís donat que s'estudia cada part de la geometria per separat.

El programa crea una malla automàtica a la regió a estudiar si no se li dona més informació a tot el domini computacional creat (en el cas d'aquest projecte es tracta del domini on hi ha la geometria del cotxe i una zona on tenim aire circulant).

El mallat automàtic genera unes dimensions d'elements globals en tot el domini seleccionat, es tracti d'una zona més complexa o no, per la qual cosa si es vol obtenir un mallat amb millors resultats s'ha de fer ús de l'eina Malla local.

Aquesta eina permet generar una malla refinada al nivell que es cregui necessari amb elements més petits a les zones més complexes de la peça i obtenir així resultats més precisos.

### Model físic

Per escollir el model físic a utilitzat s'ha d'aconseguir un model que no varii les condicions respecte al cotxe original de cada a obtenir resultats verídics. És per això que es busca un model amb les mateixes dimensions o a escala per tal de poder fer una bona comparació amb la realitat.

Tenint aquestes necessitats es procedirà a buscar diferents models 3D del cotxe i s'observaran les compatibilitats amb el programa que es farà servir per realitzar l'estudi.

Un cop aconseguit el model es compara el Cd del mode 3D amb la realitat (Cd=0.32), confirmant així que és un model molt fiable.

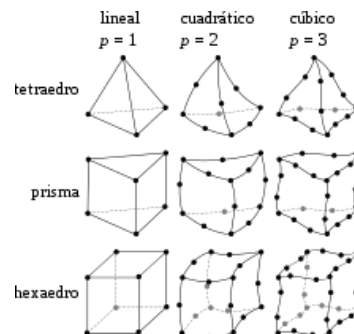


Figura 10: Elements a partir dels quals es genera una malla (Font: [22])

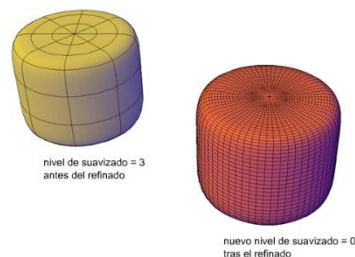


Figura 11: Generació de malla de diferents dimensions (Font: [26])

## 5. Obtenció de la carrosseria

Mitjançant diferents llibreries 3D d'internet (GRABCAD, 3dcontentcentral,...) s'ha buscat diferents carrosseries del model seleccionat per realitzar el treball: Volkswagen Golf MK6.

S'han trobat pocs models realitzats en aquestes pàgines, dels quals molts es tractaven de models 3D de pagament o amb poca qualitat en comparació a l'original, és per això que finalment s'ha decidit descarregar per la realització de les simulacions el següent model:

- VW G6 GTI-Masupha: Es tracta d'un model 3D de la carrosseria mitjançant superfícies, el qual inclou un model de rodes per acoblar.

El model descarregat és un dels exemples que s'ha trobat amb més similituds al cotxe real, és per això que s'ha escollit aquest. S'ha detectat que el model té una escala diferent a la real, ja que no encaixen les mesures del disseny amb les reals; tot i això es creu que es podran extreure conclusions bastant precises, ja que a l'estar a escala tot variarà i obtindrem resultats molt similars a si estigués a l'escala real.

Per poder prosseguir amb la realització de les simulacions s'han modelat algunes coses del model descarregat.

1. Donar que la carrosseria descarregada per realitzar l'estudi només disposava de les superfícies del cotxe amb "gruix zero", s'ha hagut d'aplicar una per una a totes les superfícies un gruix per tal de poder realitzar l'estudi i detectar les zones d'impacte amb l'aire, ja que del contrari al realitzar la simulació dels fluids no detectava la superfície. Al realitzar l'anàlisi de fluids amb el SolidWorks aquest detecta un error en el càlcul del volum del fluid. És per això que s'ha anat creant un gruix a cada superfície del cotxe amb l'eina "Dar espesor".

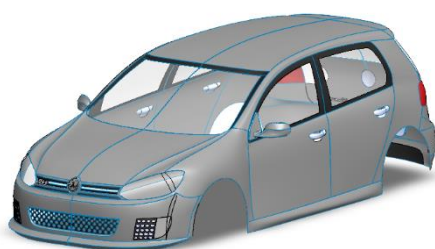


Figura 12: Imatge del model 3D descarregat

2. Al tractar-se d'un model de la carrosseria del cotxe el disseny només hi havia la xapa dibuixada, és per això que s'han creat una sèrie de superfícies per sota del cotxe per tal de tancar els baixos. Poden realitzar així un estudi extern del cotxe i no per l'interior, ja que durant el Flow Simulation al crear les superfícies inferiors no deixa passar aire per l'interior (realitzant un estudi aerodinàmic més real). Per dur a terme aquestes superfícies s'ha utilitzat les següents eines: "Rellenar Superfície" per la part inferior central del cotxe, per la part davantera i del



darrere. En canvi, per realitzar els quatre passos de roda amb aquesta eina donava una geometria molt diferent a la desitjada, així doncs s'ha hagut de crear les superfícies utilitzant dues eines diferents: "Rellenar Superfície" i "Superfície Limitante". Per acabar amb aquesta part del disseny del cotxe s'han unit les superfícies entre elles amb l'eina "Coser Superfície" per evitar forats per on entrés aire i s'ha donat gruix a totes elles amb l'eina "Dar espesor" per evitar les superfícies amb gruix zero que donen error en la simulació.

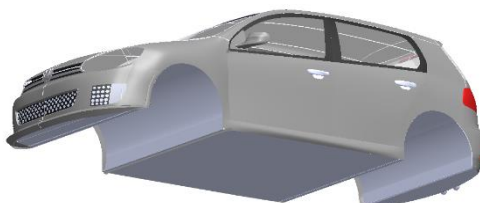


Figura 13: Model 3D tancat mitjançant l'eina "Coser Superfícies"

3. El model tenia zones sense tapar per on encara entrava aire a l'interior del cotxe tot i haver tapat la part inferior, és per això que s'ha procedit a tapar qualsevol forat detectat que donava accés a l'interior del cotxe mitjançant l'eina "Rellenar Superfície". Per detectar totes les parts que no estaven ben tancades s'ha fet ús del "Check Geometry". Alguns exemples són els forats de ventilació del para-xocs davanter. Per evitar generar més operacions per omplir les superfícies amb forats, s'ha intentat eliminar la supressió d'aquestes en les zones que era possible i així s'evita generar més operacions que facin augmentar el temps de càlcul de la simulació.



Figura 14: Reixa del model 3D per on entrava aire

4. Com a últim punt de modelatge del model descarregat s'han acoblat les quatre rodes del cotxe a la seva posició, ja que també formen part de l'aerodinàmica del cotxe. En aquest cas s'ha intentat simplificar el model de les rodes amb l'objectiu de millorar el temps de càlcul de la simulació amb el qual s'ha eliminat algunes operacions innecessàries pel disseny i que no aportaven res més que estètica a les rodes.



Figura 15: Assemblatge model 3D amb rodes

Una vegada modificat el model per tal de poder realitzar el treball s'ha provat de realitzar una simulació amb el Flow Simulation de SolidWorks. Al començament de l'estudi s'ha obtingut un procés de càlcul però a un cert punt el programa es bloquejava i es forçava el seu tancament. S'ha arribat a la conclusió que és degut a la quantitat d'operacions que s'han hagut de fer durant el modelatge per tal d'arreglar el model i que no tingués cap classe de superfície oberta.

Finalment, s'ha decidit amb el tutor del treball modelar partint de zero el nostre propi model tot i saber que no obtindrem unes dades tan reals respecte al model inicial, ja que no obtindrem la mateixa precisió en les corbes ni en els acabats de les superfícies.

## 5.1. Passos realitzats per generar el modelatge

Per tal de generar el model des del principi començarem generant un sòlid de forma rectangular on s'esculpirà el nou model.

1. Inicialment, mitjançant la creació d'un plànol del model descarregat crearem un bloc a la llibreria del programa de cada una de les vistes necessàries per realitzar el nou disseny, el qual s'utilitzarà per traçar les corbes de tall.
2. Una vegada obtinguts els diferents blocs es crearà un sòlid com el de la imatge que es pot veure a continuació. A cada un dels costats del sòlid es crearà un croquis que inclourà el bloc de la vista que correspon.

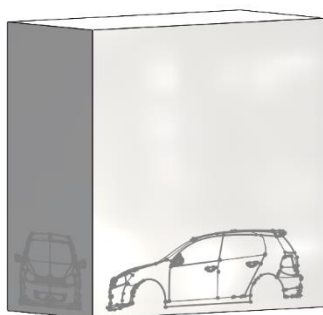


Figura 16: Sòlid amb imatges inserides del model

3. Aquest pas consisteix a anar esculpint el model mitjançant diferents eines de tall.
  - Per realitzar talls completament rectes es farà ús de l'eina "Extruir corte" on mitjançant l'eina de fer croquis "Spline" es seguiran les línies del bloc inserit i posteriorment amb l'eina comentada es tallarà la part que no es vol.
  - Per realitzar talls els quals no segueixen una línia recta s'utilitzarà l'eina "Corte barrido". Aquesta eina permet fer un tall d'una superfície no desitjada fent un croquis tancat. A la vegada aquest tall seguirà una línia de croquis que s'haurà dibuixat anteriorment i s'obtindrà un tall que segueix la direcció desitjada. Observant la imatge

inferior es pot veure com per realitzar el tall del lateral del cotxe s'ha creat un corquis de la superfície de tall que es vol eliminar. Aquest corquis segueix com a trajectòria de tall una segona línia (marcada a la imatge de color blau) la qual dirigeix el moviment del tall en funció que avança el procés (no segueix una trajectòria recta).

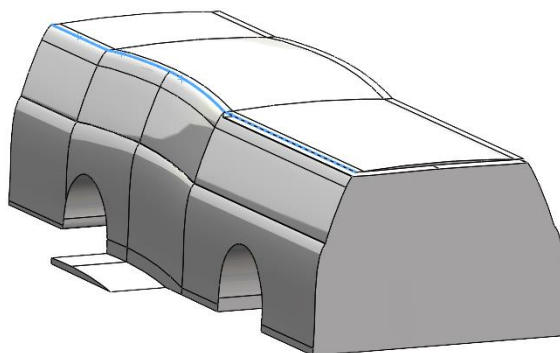


Figura 17: Tall realitzat mitjançant l'eina "Corte barrido"

4. Un cop acabat el procés de tall s'utilitza en alguna part del model l'eina "Redondeo" per mirar d'obtenir un disseny el més semblant possible a l'anterior. Tot i arribar a la conclusió que no és del tot idèntic al disseny inicial donem per vàlid el model obtingut, ja que es creu que s'han obtingut les formes i les corbes desitjades en la majoria de les superfícies. Donat que el treball no es basa en el disseny d'un cotxe sinó en la millora aerodinàmica es dona per bo el model obtingut. Durant l'estudi de la simulació del fluid es tindrà en compte la variació dels resultats, donat que hi ha superfícies que no s'han dibuixat com els retrovisors o que no han quedat exactament com al model real del cotxe.

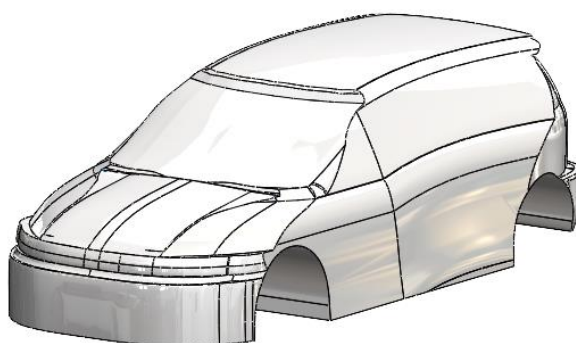


Figura 18: Model 3D dissenyat

5. Finalment, queda el detall final per poder realitzar la prova de simulació. Es tracta de dibuixar les rodes del cotxe i acoblar-les al model abans de realitzar l'estudi. Per fer aquest procés seguim la mateixa filosofia que en el model del cotxe. Realitzar un model de les rodes

mitjançant les mesures del model descarregat. Aquesta vegada es modificarà el disseny de les llantes per tal de facilitar la seva creació pel fet que no influirà a la simulació.

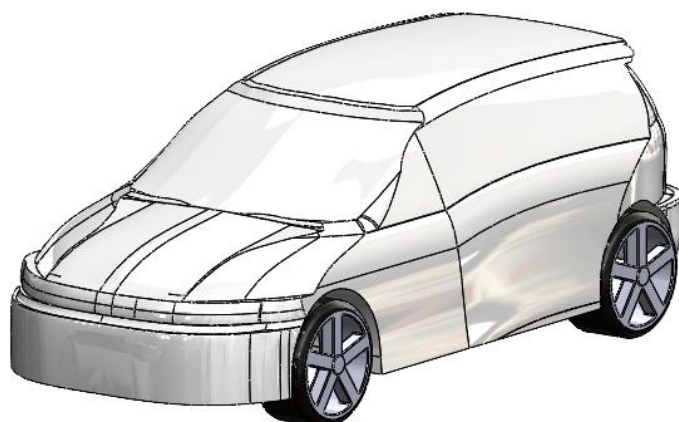


Figura 19: Assemblatge model 3D dissenyat amb rodes

## 5.2. Selecció del material utilitzat

El cotxe que s'està modificant busca millorar l'aerodinàmica del cotxe, és per això que per crear les peces busquem un mateix material per totes (unificant així l'estil i les propietats d'aquestes). Per seleccionar el material s'ha de buscar que quadri bé les característiques del material amb les que es desitgen obtenir a l'aleró del darrera (element més important de l'estudi).

Es busca un material amb el qual es puguin realitzar tot tipus de peces amb més o menys complexitat, que tinguin una bona resistència i rigidesa en concordança amb els requisits. Una de les parts més importants a la selecció del material és utilitzar un material lo més lleuger possible per reduir al màxim el pes extra del cotxe.

- **Alumini:** Es tracta d'un dels materials més usats en l'enginyeria a causa de les seves característiques, té una baixa densitat de  $2,7 \text{ g/cm}^3$  i alta resistència a la corrosió (fent molt llarga la vida de la peça amb aquest material). És un material relativament barat i es pot mecanitzar fàcilment, el que implica que sigui tou i mal·leable. Per la creació d'alerons l'alumini és un material que no augmenta molt el preu de fabricació però el qual al rebre cops queden bonys molt fàcilment i que a part té un pes superior al necessari per a aquest tipus de peces.
- **Plàstic:** Els plàstics o més ben dit polímers són materials generats per l'agrupació de monòmers que s'agrupen per mitjà d'un procés anomenat polimerització. Degut a aquest tipus d'estructura es poden agrupar mitjançant calor o pressió, poden crear així motlles per realitzar qualsevol tipus de forma a les peces. Els polímers tenen un baix cost i una baixa densitat, a la

vegada també son impermeables i resistents a la corrosió. Per acabar els alerons fets amb un polímer tenen unes propietats flexibles que no quadren amb la rigidesa que es busca a les peces. L'única solució és creant una estructura interna a l'aleró per fer-lo més rígid, però això fa augmentar el pes de la peça.

- **Fibra de vidre:** És un material on protagonitza el Silici, el qual en combinar-se amb alguns òxids com els alcalins o alúmina es crea el material. Jugant amb els percentatges de la proporció dels materials es poden obtenir propietats molt diferents. La principal característica d'aquest material és l'elevada resistència que es crea al ser un material creat mitjançant enllaços covalents. Es tracta d'un material molt resistent mecànic i a la humitat, és mal·leable i té una vida útil molt llarga. En definitiva es tracta d'un material molt lleuger que té duresa i resistència adequades per les peces i que té facilitats per ser manipulats i crear superfícies de formes complexes.

Alumini	Plàstic	Fibra de vidre
Baixa densitat	Baixa densitat	Baixa densitat
Resistent a la corrosió	Resistent a la corrosió	Resistent a la corrosió
Mecanitzable	Creació de formes complexes	Creació de formes complexes
Baix cost	Baix cost	Mal·leable
Material rígid	Material que es desgasta el color amb el sol	Baix cost
		Material dur i resistent
		Vida útil llarga

Taula 1. Comparativa de materials

En conclusió mirant tots els tipus de materials s'ha pogut seleccionar com a material més adient per a la fabricació de les peces d'aquest projecte es seleccionarà la fibra de vidre a causa de la comparació feta anteriorment. Com a punt extra a favor es tracta d'un material el qual no s'ha de pintar després de la fabricació el que evita a possibles clients uns diners extra després de la compra de les peces.

## 6. Metodologia per realitzar els estudis en SolidWorks

El SolidWorks no només és un software de dibuix en 3D, sinó que també es tracta d'un programa que realitza diferents tipus d'estudi, els quals podem separar en tres grans apartats:

- Flow: És un software d'anàlisi de fluids i transferència de calor totalment integrat. Aquest programa et permet dibuixar un model 3D i simular els fluids de l'entorn i els efectes tèrmics del sòlid.
- Motion: Es tracta d'una eina utilitzada per enginyers per entendre el funcionament i moviment dels assemblatges creats. Aquest tipus d'estudis s'encarreguen de recrear moviments mitjançant forces i impactes entre ells.
- Simulation: És una eina de disseny que es basa en l'anàlisi mitjançant elements finits . Els estudis de simulation donen resultats de deformacions, punts crítics de ruptura, optimització de materials,....

En el cas d'aquest treball es duran a terme diferents tipus d'estudi, però tots entraran dins del grup de Flow al tractar-se d'un projecte aerodinàmic d'un cotxe. Tot i saber que no és el programa més precís per realitzar aquest tipus d'estudi, es poden arribar a obtenir dades molt aproximades a la realitat de les quals obtenir les conclusions necessàries.

Per començar a realitzar el estudi, prèviament s'ha d'obtenir el model 3D a estudiar (model comentat anteriorment). Un cop obert el model s'accedeix a la pestanya de Flow Simulation i es selecciona el tipus d'estudi a realitzar. S'hauran d'escollir un seguit d'opcions en funció del tipus d'anàlisi.

### Procediment d'un estudi de Flow Simulation general

Una de les primeres opcions a escollir és el tipus de fluid (intern o extern). El fluid extern serveix per un estudi on es crea un domini quadrat que delimita la zona que es selecciona per estudiar de l'anàlisi ja que no passa per l'interior de cap cos. El que s'estudia és el fluid que hi ha en aquest domini i que passa pel voltant del sòlid que hi ha a l'interior del domini. El fluid intern en canvi serveix per realitzar un estudi on el que ens interessa és qualsevol classe de fluid que passa o es mou per l'interior d'aquest cos.

Al realitzar un estudi de l'aerodinàmica d'un cotxe el fluid que interessa és l'aire, aquest aplica una sèrie de forces al cotxe per l'exterior, així doncs es seleccionarà fluid extern.

Al tractar-se d'un fluid extern aquest no té un límit en el nostre software. Per delimitar només la zona necessària de càlcul en el programa, s'aplica un domini computacional al voltant del cos a estudiar.

- El domini computacional és un rectangle que s'encarrega de delimitar la zona de càlcul de l'exercici. Aquests límits estan delimitats per plans ortogonals al sistema de coordenades.

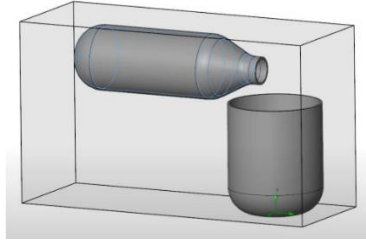


Figura 20: Exemple d'un domini computacional

Un cop escollit el tipus de fluid que s'utilitza durant l'estudi es passa a donar especificacions sobre les diferents condicions de contorn que són necessàries per realitzar l'anàlisi.

- En aquest subapartat es poden introduir tot tipus de dades sobre les entrades i les sortides de fluids, ja siguin cabals màssics, volumètric, velocitats, pressions...

Per acabar amb les opcions a seleccionar s'han de definir els objectius de l'anàlisi realitzat

- En aquest apartat el programa vol saber l'objectiu de l'estudi, en aquest cas s'observarà un desplegable amb una llarga llista de paràmetres a obtenir (aquests poden ser punts màxims, mínims, mitjanes de tots els resultats,...) on es pot triar entre paràmetres com forces, velocitats, pressions, torsions, transferències de calor, viscositats...

Un cop realitzats tots els apartats anteriors es crea una malla al voltant del model mitjançant una sèrie de passos automatitzats pel programa, en els quals subdivideix el model junt amb el domini computacional en quadrats molt petits. En aquest apartat es pot decidir la precisió de l'estudi, ja que com més subdivisions tingui la malla més càlculs farà per cada zona i més precís serà el resultat final. A la vegada també augmentarà el temps de càlcul de l'estudi.

- Per crear la malla global es pot fer de manera automàtica (on et fa escollir entre un nivell de subdivisions d'una escala entre 1 i 7, sent 1 el més petit) o es pot crear manualment (aquesta et deixa realitzar refinaments de malla en zones de més precisió i tens moltes opcions per modificar la malla del programa).

En finalitzar totes les etapes anteriors, només quedarà executar l'anàlisi (esperar el temps de càlcul) i posteriorment observar tots els resultats interessants de cara al treball.

## Procediment de l'estudi de Flow del cotxe

Dins el menú de Flow Simulation, es selecciona la pestanya Wizard per tal d'accedir a les propietats que es volen donar en aquest cas, un cop obertes s'aplicaran les següents condicions:

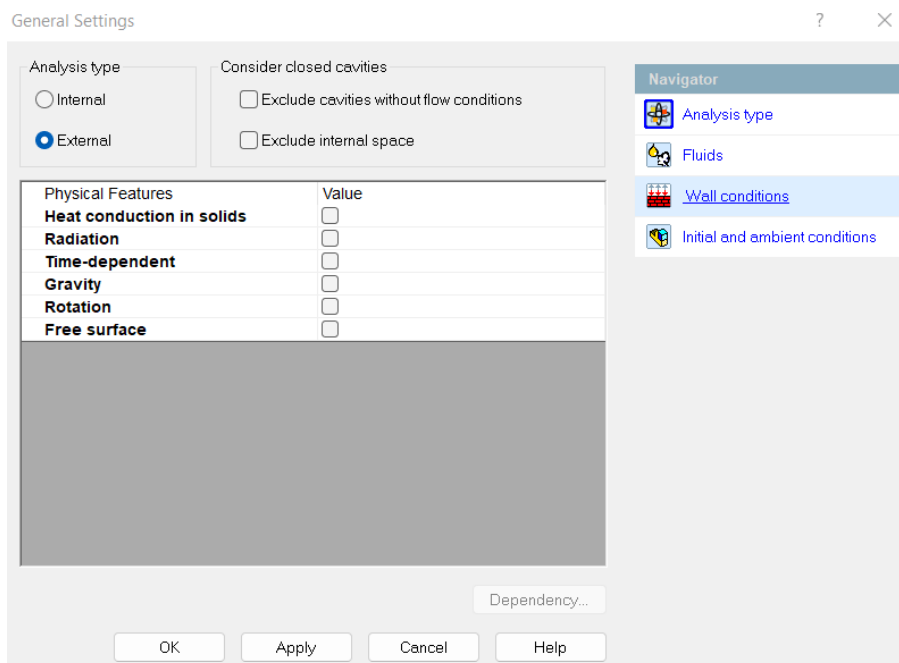


Figura 21: Primera pàgina de la configuració general de l'estudi

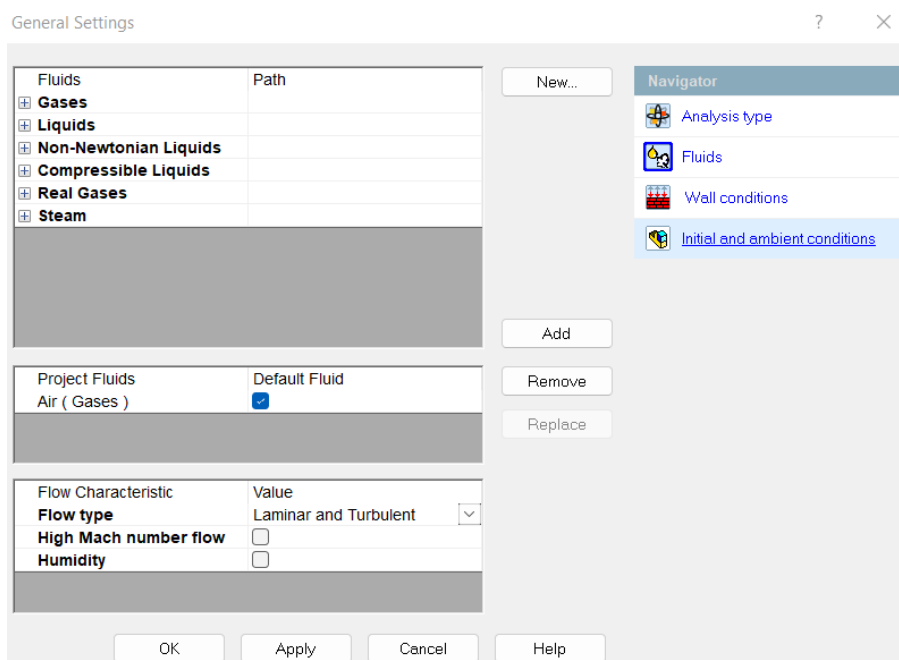


Figura 22: Segona pàgina de la configuració general de l'estudi



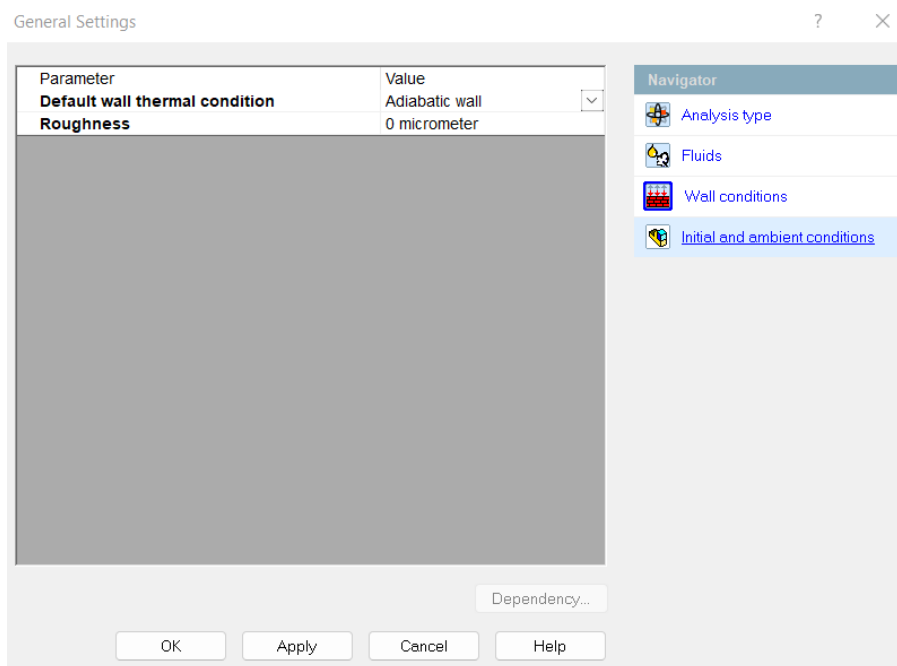


Figura 23: Tercera pàgina de la configuració general de l'estudi

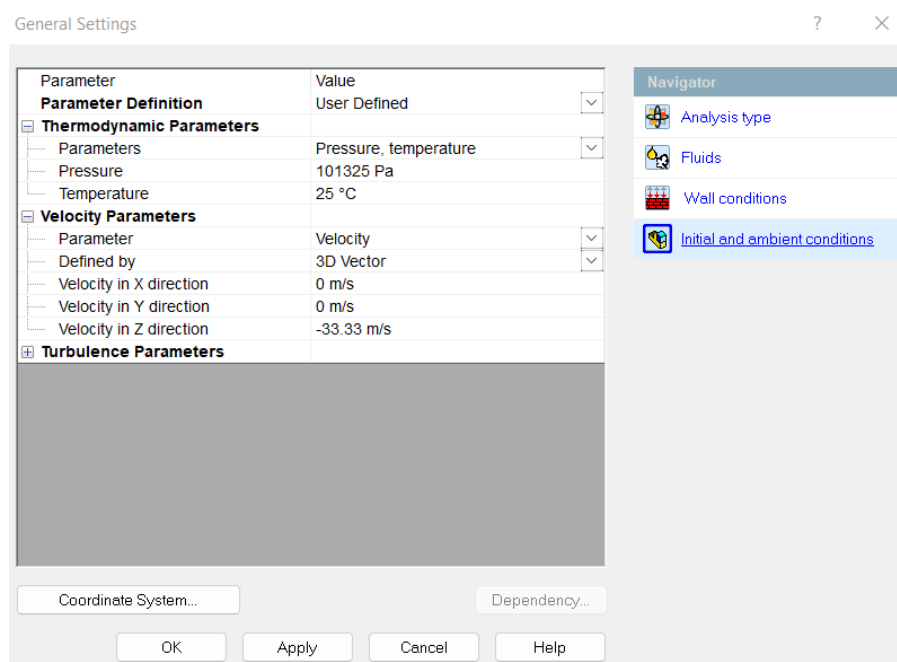


Figura 24: Quarta pàgina de la configuració general de l'estudi

Com es pot observar a les imatges anteriors s'ha aplicat una temperatura ambient establerta en 25 °C i una velocitat en l'eix del desplaçament però en negatiu ja que la força que aplica l'aire sobre el cotxe

actua en direcció contrària al seu desplaçament. Aquesta velocitat que s'ha seleccionat com a valor de  $-33,33$  m/s equival a 120 km/h, velocitat màxima permesa a les autopistes espanyoles.

Un cop seleccionades les condicions inicials de l'estudi, s'ha de crear un domini computacional el qual ocupi tot el volum del cotxe més un volum extra que serà la zona de pas de l'aire que s'estudiarà. A part en aquest domini computacional també entrarà una petita superfície que representa el terra on es recolzen les quatre rodes del cotxe. Aquest domini té les següents coordenades:

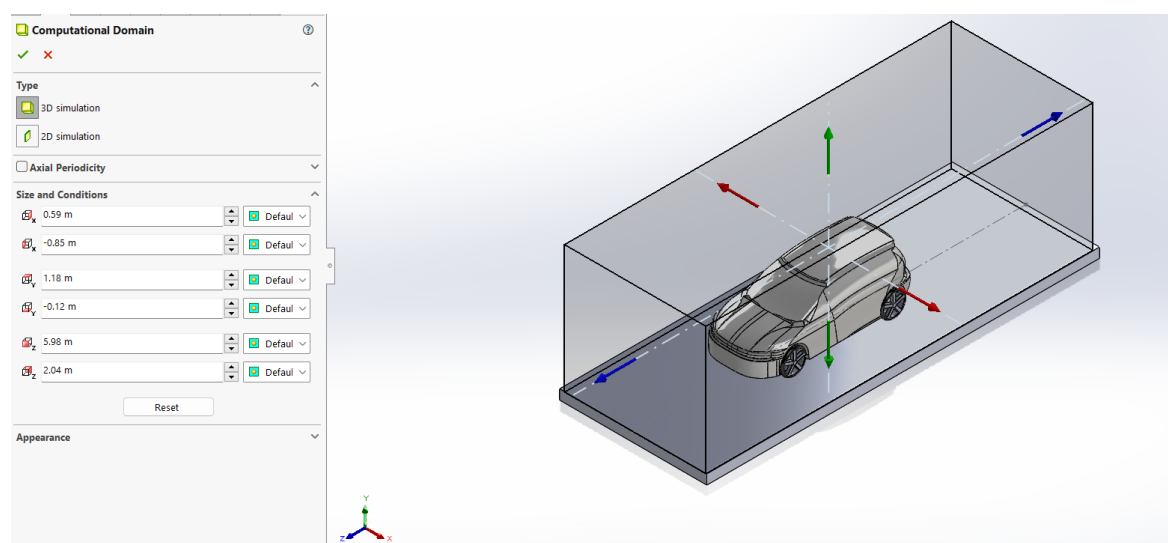


Figura 25: Configuració del domini computacional

Al tenir ja totes les condicions generals establertes i el domini computacional creat, es procedeix a establir els resultats que volem obtenir. Seleccionant la pestanya de "Goals" s'escullen com a dades a aconseguir la pressió total mitjana, la pressió estàtica mitjana, la velocitat mitjana, la velocitat i la força mitjana en l'eix Z (eix en el qual es desplaça el cotxe).

Per acabar amb la creació de l'estudi només falta aplicar una malla global i una malla local (per buscar un millor resultat del fluid sobre el cotxe. A continuació s'adjunta unes imatges de les característiques de les malles creades:

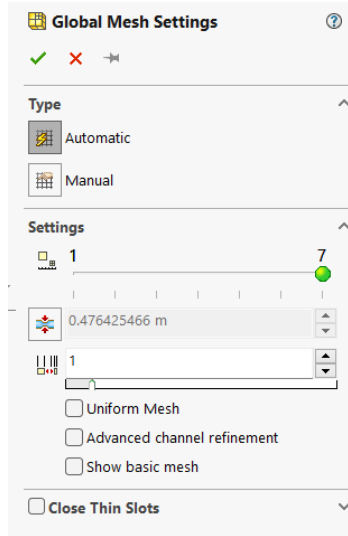


Figura 26: Configuració de la malla global

Es comença amb una malla global tant precisa com sigui possible per tal d'obtenir uns millors resultats, es defineix la malla global com a la imatge superior. Per tal d'obtenir un millor anàlisi a les zones més importants en la simulació, es crea una malla local. Es seleccionen les superfícies que han de tenir un càlcul més precís ja que es tracta de les superfícies que reben el xoc directe de l'aire.

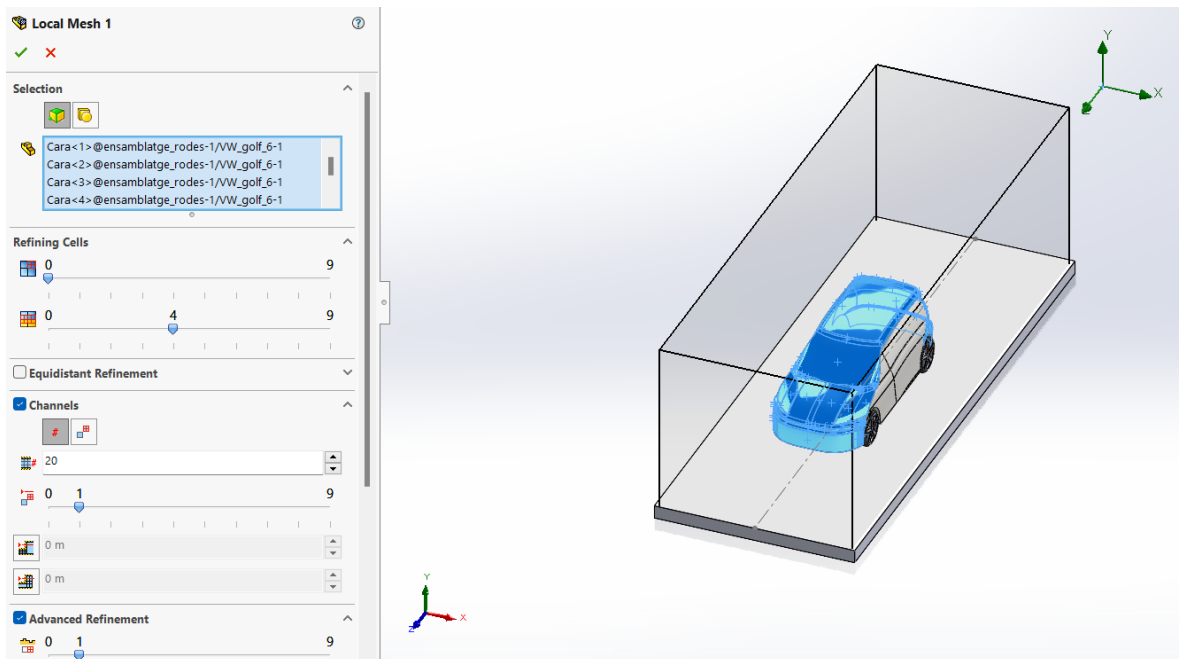


Figura 27: Configuració i selecció de superfícies per generar la malla local

Per acabar amb el procés de creació de l'estudi de Flow Simulation es seleccionaran les dades d'interès de les quals es volen obtenir resultats. Per realitzar aquest procés al desplegable del Flow que s'està creant es trobarà un apartat anomenat "Goals" on seleccionarem mitjançant el botó dret del ratolí els següents resultats.

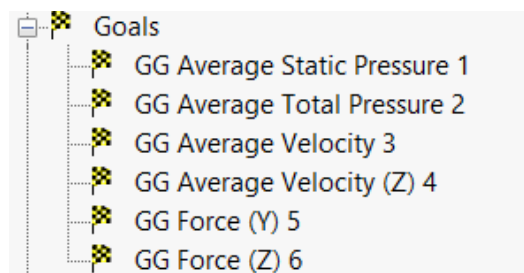


Figura 28: Resultats a obtenir al realitzar l'estudi

## 7. Resultats dels estudis

En aquest apartat es donaran a conèixer els resultats obtinguts en cada una de les peces dibuixades. Es podran observar resultats de desplaçament de partícules, velocitats, forces, entre moltes altres dades. Aquest s'aconseguiran mitjançant taules, diagrames, imatges, ...

### 7.1. Estudi del model de sèrie

En aquest apartat s'observaran s'adjuntaran els diagrames i els càlculs realitzats al model del Volkswagen Golf Mk6 de sèrie (sense cap tipus de modificació). Una vegada obtinguts els resultats es podran observar les següents imatges i veure les diferències obtingudes una vegada s'han realitzat totes les modificacions pertinent als model.

S'haurà de tenir en compte que el model és una recreació (la qual no es exacte) del model del cotxe, amb el que s'obviaran les petites diferències respecte el model real.

Primer de tot es comentaran els resultat de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 83,0656 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 16,3201 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 220 iteracions per tal de els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{\text{aire}}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 83,0656 N

**Àrea frontal total:** 0,3415 m<sup>2</sup> (molt inferior a la realitat ja que el model esta a escala)

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{106,2046}{0,5 \cdot 0,3415 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_d = 0,3698$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 16,3201 N

**Àrea transversal total:** 1,0858 m<sup>2</sup>

$$C_l = \frac{F_l}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{16,3201}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_l = 0,02285$$

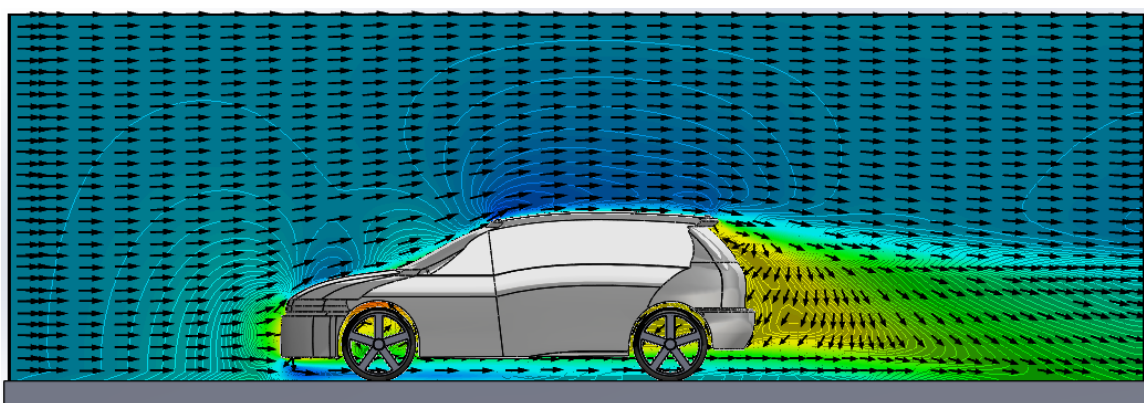


Figura 29: Diagrama de velocitats del model inicial

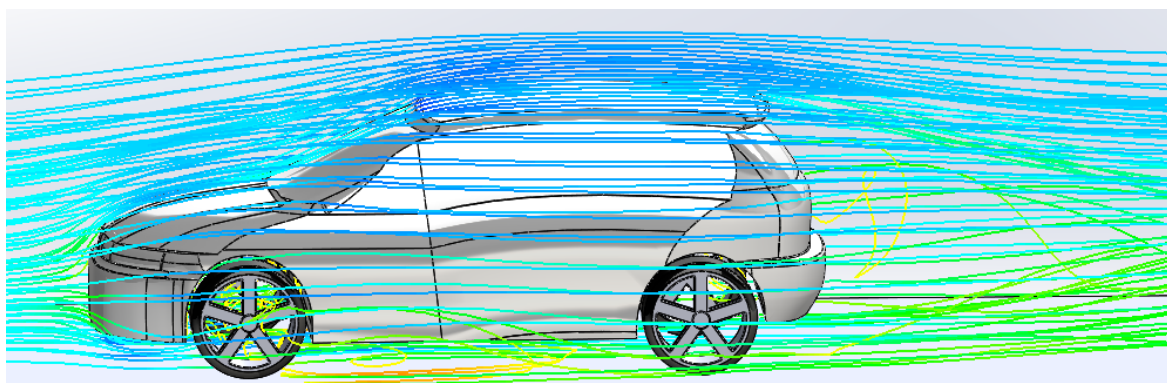


Figura 30: Trajectòria de partícules del model inicial

Finalment s'han adjuntat resultats diferents junt amb els càlculs obtinguts del model de sèrie. La primera imatge és el diagrama de velocitats del pla que talla per la meitat del cotxe de manera que es pot veure com afecten els impactes del fluid amb el cotxe. La segona imatge és el resultat de la trajectòria que segueixen les partícules en el model i com afecten els impactes amb el canvi de direcció,

en aquest cas no es tracta d'un pla sinó que es generen línies de la trajectòria en funció del número de partícules seleccionades al crear el càlcul (en aquest cas es tracta de 200 partícules).

## 7.2. Estudi dels alerons

### 7.2.1. Aleró nº 1

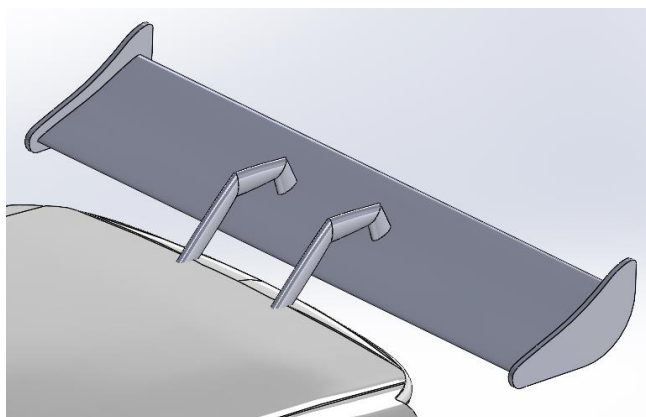


Figura 31: Disseny del primer aleró

En la imatge superior es pot observar el primer dels quatre alerons dissenyats per tal de poder ser muntats i posteriorment estudiats mitjançant l'eina Flow Simulation de SolidWorks. Aquest disseny es basa en un aleró amb dues superfícies laterals. Es pot observar una inclinació cap a dalt a la part posterior de l'aleró, aquesta inclinació fa que al rebre l'impacte de l'aire que va en contra del desplaçament del cotxe, aquest generi una força en l'eix Y (perpendicular al terra) al xocar amb la part superior de l'aleró. Aquesta força ajuda a que el cotxe obtingui una millor força de fregament amb el terra al pas de corba, fent així millorar la velocitat d'entrada de corba sense perill de realitzar cap tipus de derrapatge o patinada. Com es pot veure a la imatge superior, l'aleró va agafat amb dos suports al centre de la peça i aquests van adherits a la part posterior del cotxe.

A continuació es comentaran els resultats obtingut en la simulació del primer aleró, abans de tot es comentaran alguns detalls a destacar en els resultats. Degut a les característiques del programa amb el qual es realitza l'estudi, en comptes de donar una velocitat al model, el que es fa és una còpia del format d'un túnel de vent però mitjançant un programa. Així doncs com podeu observar a l'apartat sis del treball on s'explica la metodologia del treball, s'ha donat una velocitat de 120 km/h (velocitat màxima a les carreteres d'Espanya) a l'aire que va en contra del sentit del cotxe, fent el mateix funcionament que donant la velocitat al propi cotxe. Així es podran estudiar els resultats de l'aerodinàmica del model.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 106,2046 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 0,8999 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 213 iteracions per tal dels resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força drag:** 106,2046 N

**Àrea frontal total:** 0,3606 m<sup>2</sup> (molt inferior a la realitat ja que el model esta a escala)

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{106,2046}{0,5 \cdot 0,3606 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$C_d = 0,4478$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força lift:** 0,8999 N

**Àrea transversal total:** 1,0903 m<sup>2</sup>

$$C_l = \frac{F_l}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{0,8999}{0,5 \cdot 1,0903 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$C_l = 1,2548 \times 10^{-3}$$

El baix resultat obtingut en el càlcul del coeficient lift potser degut a que l'aleró tingui un angle d'atac massa gran i això fa desaparèixer en gran part els resultats de la força de sustentació. Al tenir una força de sustentació tant petita pot produir desprendiments de la capa límit i això pot generar punts de turbulència. Per altre banda s'ha pogut observar en el resultat del  $C_d$  com aquest ha augmentat



respecte el resultat obtingut al model sense cap tipus d'aleró, això és degut a que el aleró al tenir una gran superfície crea el xoc amb l'aire donant un resultat elevat del Cd.

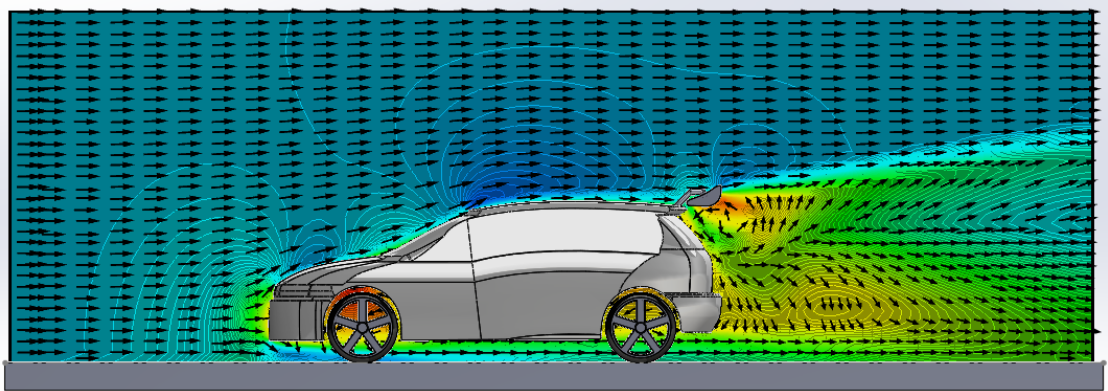


Figura 32: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 1

Analitzant la imatge superior, a primera vista es pot veure com el voltant del cotxe no té masses variacions respecte a la velocitat de l'aire. S'observa com a la part del frontal del cotxe rep el xoc de l'aire, és per això que el color del gràfic varia ja que es veu modificada la trajectòria i la velocitat en aquest punt. Veient els vectors representats a la imatge es veu com el fluid pren dues direccions al entrar en contacte amb el frontal, ja potser cap a sobre el capó o per la part inferior del cotxe. Observant la part posterior es detecta com l'aparició de l'aleró en el model genera que el fluid es desplaci cap a dalt al rebre un impacte, creant així una força de pressió contra el terra del cotxe. Aquesta força de pressió és la que es busca per tal d'obtenir una força de fregament amb el terra més alta i així poder agafar més velocitat a les corbes.

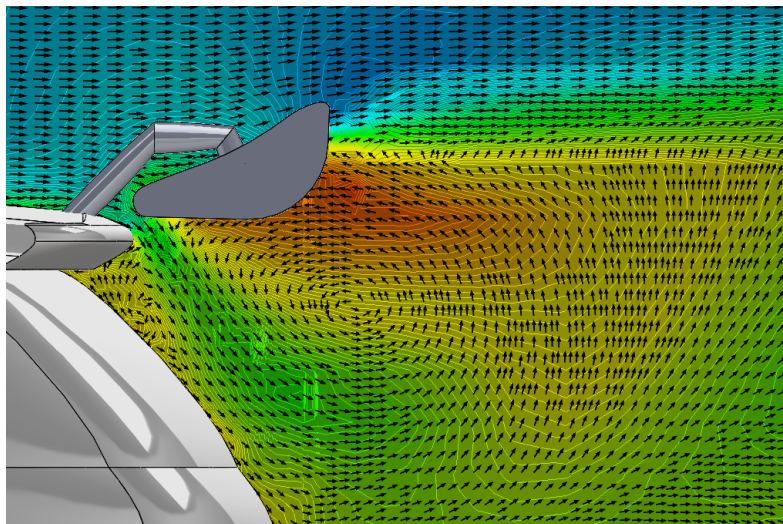


Figura 33: Ampliació de la figura 32

Si agafem la imatge superior (la qual és un zoom de la foto anterior), podem observar com el fluid passa entre el cotxe i l'aleró (cosa que no interessa massa ja que es busca el màxim contacte de l'aire amb l'aleró) o bé es desplaça cap a dalt. Un cop el fluid ha passat la zona de l'aleró es pot observar al diagrama com hi ha una zona vermella i al seu voltant hi ha zones on els vectors creen cercles i girs del fluid, es pot determinar que es tracta d'una zona de turbulència degut a l'afecte de l'aleró. Com hem comentat anteriorment potser degut al baix resultat de la força de sustentació. El que es busca és que el fluid vagi en una direcció ascendent com passa a la part superior del diagrama o ve a la part inferior, ja que la turbulència no ens interessa en aquest tipus d'estudis (es busca minimitzar aquestes zones).

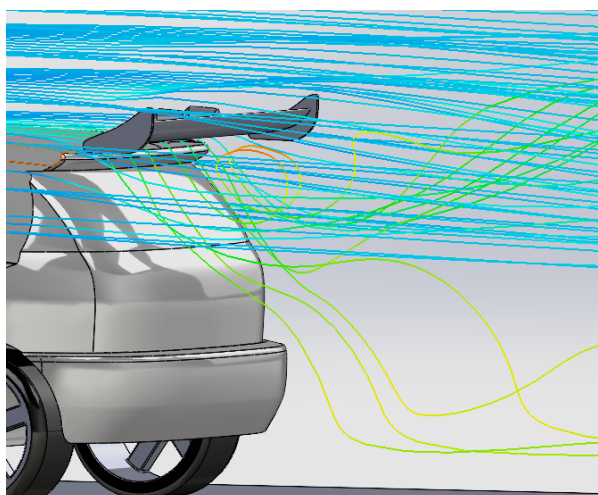


Figura 34: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 1 visió posterior

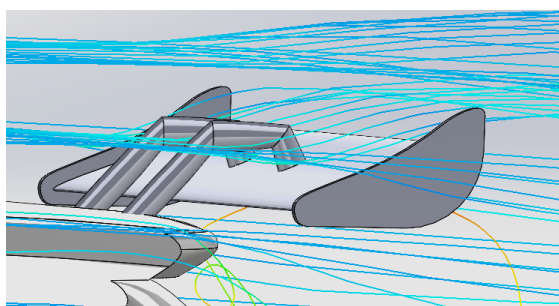


Figura 35: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 1 visió propera a l'aleró

Finalment s'ha decidit crear amb l'eina "Flow Trajectory" el moviment realitzat per les partícules. Per tal de facilitar la visualització de les línies només s'han creat a la zona que es creuen amb l'aleró, es per això que es pot apreciar que a la part inferior no apareixen línies de trajectòries de partícules.

Així doncs en les imatges es pot observar la trajectòria que fan les partícules del fluid al voltant del model dissenyat. Podem confirmar d'aquesta manera que la part més vermellosa que veiem al diagrama de velocitats que tenia forma de remolí son turbulències que es poden apreciar clarament en aquesta imatge. A més podem veure com les parts que creen aquestes turbulències son pel pas d'aire que hi ha entre l'aleró i el cotxe.

### 7.2.2. Aleró nº 2

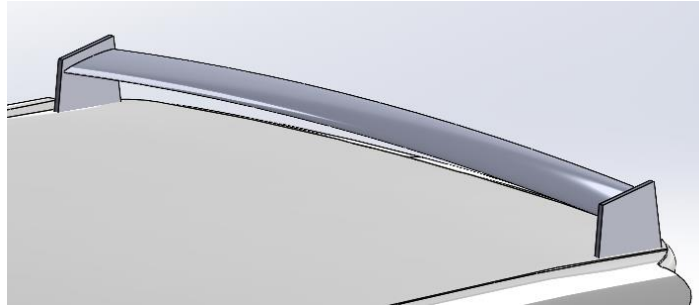


Figura 36: Disseny del segon aleró

En la imatge superior s'observa el segon aleró dels quatre que s'han dissenyat. A diferència del primer aquest es tracta d'un aleró completament diferent. És un aleró molt més petit, el qual té dos suports als extrems de cada banda de l'aleró que l'agafen al cotxe. Es tracta d'un aleró amb una petita corba al mig que fa que no sigui completament pla i a la vegada té un angle d'atac, la superfície que ocupa en general és molt inferior a l'anterior, es podrà apreciar en el càlcul de l'àrea. L'estudi s'ha realitzat amb les mateixes condicions de contorn que en el primer aleró l'única diferència és la geometria d'aquest.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 84,0724 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 15,4486 N. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 218 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ .

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 84,0724 N

**Àrea frontal total:** 0,3439 m<sup>2</sup> (molt inferior a la realitat ja que el model està a escala)

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{84,0724}{0,5 \cdot 0,3439 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_d = 0,3717$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ .

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 15,4486 N

Àrea transversal total: 1,0858 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{15,4486}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,02163$$

A diferència del primer aleró aquest s'obté un Cd molt menys elevat degut a que com hem comentat a l'inici dels resultats aquest aleró té un volum molt menys inferior al primer. Per altra banda hem vist un gran augment en el resultat de la força lift i del seu coeficient això potser degut a que en aquest cas l'angle d'atac de l'aleró és inferior al del primer estudi. Al tenir una força de sustentació més gran no produeix tants desprendiments de la capa límit i no genera tanta turbulència.

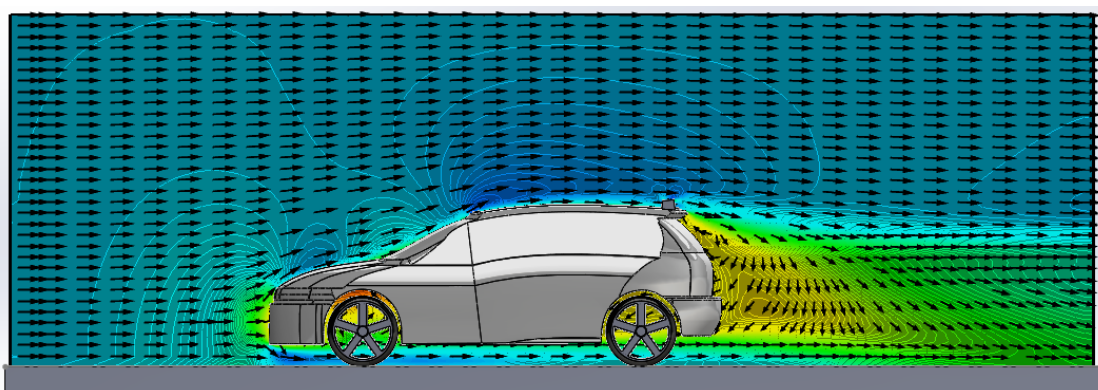


Figura 37: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 2

Com es veu en el diagrama superior de velocitats, a primera vista es pot veure com el voltant del cotxe no té masses variacions respecte al primer estudi. Si que és veritat que si mirem la part posterior del cotxe observem uns grans canvis respecte l'anterior. Observant la part posterior es detecta com varia el diagrama respecte el primer aleró. Aquest aleró no desplaça pràcticament el fluid cap a dalt, això es deu a que la superfície d'impacte de l'aleró no és suficientment gran i a la vegada l'angle d'atac i la geometria no són els adequats per trobar els resultats que es desitgen.

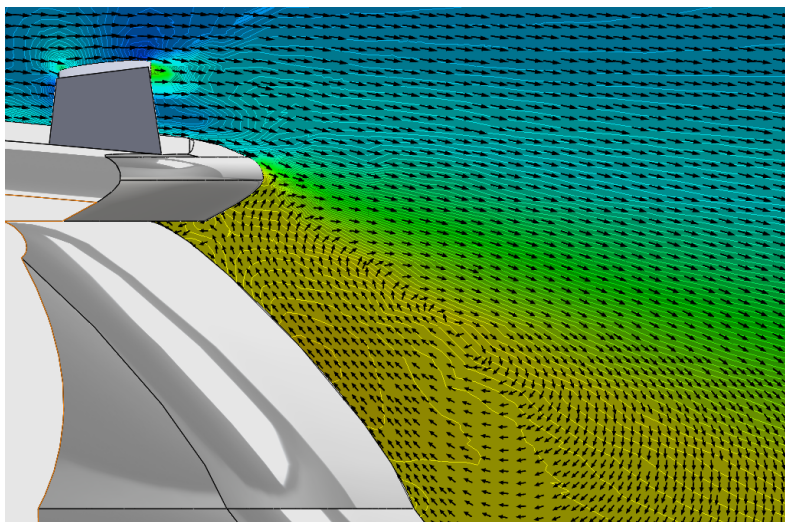


Figura 38: Ampliació de la figura 37

Si agafem la imatge superior (la qual és un zoom de la foto anterior), podem observar com el fluid genera un canvi de velocitats a l'entrar en contacte amb l'aleró i a l'acabar aquest mateix contacte al final. Un cop el fluid ha passat la zona de l'aleró a diferència del primer cas aquest no obtenim cap zona vermella i a la vegada es generen moltes menys zones de turbulència. Si que és veritat però que aquest aleró no crea pràcticament cap tipus de desplaçament ascendent de l'aire, per lo tant no ens serà de gran ajuda per tal d'enganxar el cotxe a terra a les corbes.

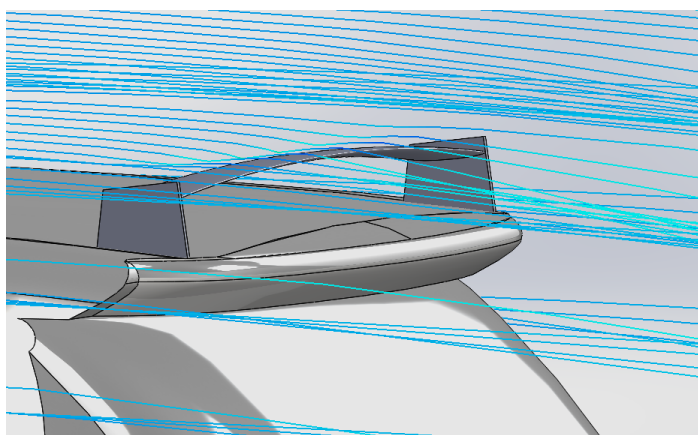


Figura 39: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 2

Finalment s'ha decidit crear amb l'eina "Flow Trajectory" el moviment realitzat per les partícules. Per tal de facilitar la visualització de les línies només s'han creat a la zona que es creuen amb l'aleró, és per això que es pot apreciar que a la part inferior no apareixen línies de trajectòries de partícules.

Així doncs en la imatge es pot observar la trajectòria que fan les partícules del fluid al voltant del model dissenyat. Podem confirmar d'aquesta manera que la influència en els resultats d'aquest aleró influeixen molt poc degut a les petites dimensions d'aquest, ja que desplaça molt poc el fluid com s'aprecia a la captura.

### 7.2.3. Aleró nº 3

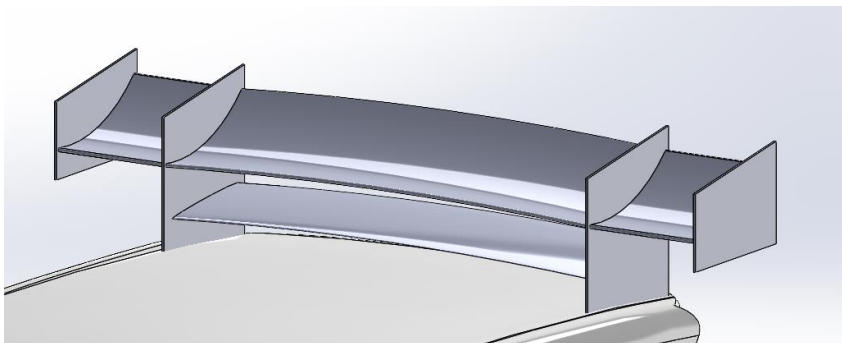


Figura 40: Disseny del tercer aleró

En la imatge superior podem observar el disseny del tercer aleró, aquest es tracta del més voluminós dels quatre que s'han dissenyat. Aquest es basa en dues diferents parts, la primera de totes es tracta de la part inferior central, on podem veure una superfície en horitzontal que va de banda a banda de cada suport. Aquesta té una certa inclinació i no està del tot en horitzontal sinó que segueix una mica la línia del sostre del cotxe per seguir la seva estètica. Si anem a la part superior central podem observar com tenim un segon nivell a l'aleró amb una altra superfície, aquesta vegada però aquesta té una inclinació més elevada i té una forma de mitja lluna per tal d'impulsar l'aire cap a dalt.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 119,6133 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 32,025 N. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 205 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ .

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 119,6133 N

**Àrea frontal total:** 0,3725 m<sup>2</sup> (molt inferior a la realitat ja que el model està a escala)

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{119,6133}{0,5 \cdot 0,3725 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_d = 0,4881$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ .

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

Força lift: 32,025 N

Àrea transversal total: 1,0858 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{32,025}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,04484$$

Com es pot observar als resultats dels càlculs anteriors en aquest model d'aleró obtenim el Cd més elevat d'entre els 4 dissenys. Això es deu a que es tracte del disseny més voluminós dels tres, al tenir més àrea de contacte també obté un resultat més elevat.

A la mateixa vegada al tenir aquest volum i dos nivells de superfície, el resultat de la força lift és el més elevat de tots els estudis, millorant així encara més la força de sustentació que s'aplica al cotxe. En aquest model el cotxe obtindrà una millora molt més elevada al pas de corba, ja que al tenir més sustentació s'agafarà el cotxe amb més força a terra a altes velocitats.

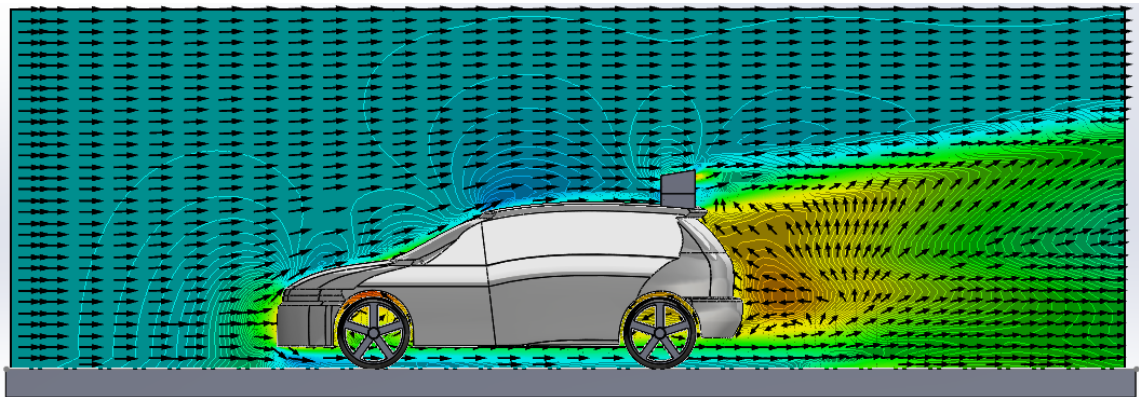


Figura 41: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 3

Analizant la imatge superior, a primera vista es pot veure com el voltant del cotxe no té variacions respecte els altres estudis. Mirant el digrama anterior per la part posterior es detecta un desplaçament molt pronunciat de l'aire en sentit ascendent, això es deu a l'impacte de l'aire amb la superfície de l'aleró. Aquesta força de pressió que genera el xoc és la que es busca per tal d'obtenir una força de fregament amb el terra més alta i així poder agafar més velocitat a les corbes.

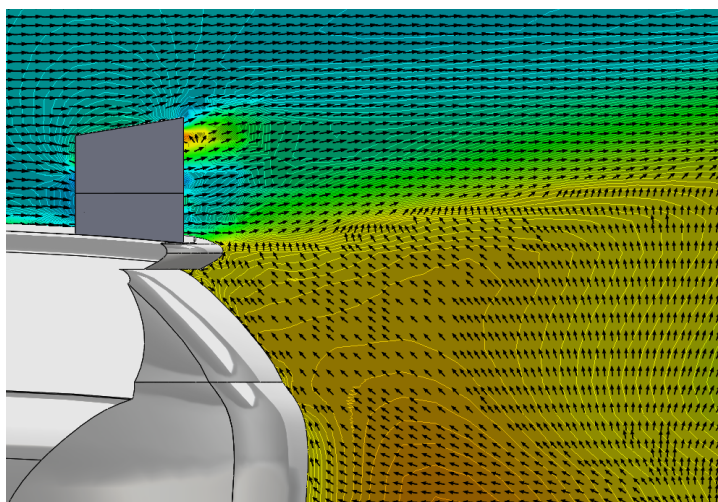


Figura 42: Ampliació de la figura 41

L'última imatge adjunta al treball és un zoom del diagrama de velocitats comentat anteriorment. En aquesta nova imatge es poden comentar alguns canvis respecte als estudis anteriors que no es podien observar a la primera imatge. Primer de tot es pot veure com varia el diagrama de velocitats un cop ha passat per l'aleró, al tenir dues superfícies per on passa l'aire es pot veure un dibuix molt característic de colors que confirma que l'aire passa per les dues superfícies i que per lo tant és útil el seu disseny. La segona observació important en aquest zoom és que, l'única zona on es pot veure algun tipus de forma amb els vectors de velocitat que simbolitzi la turbulència del fluid al passar per l'aleró és just al finalitzar el contacte amb l'aleró, això potser degut a que aquest té un angle d'atac una mica elevat i crea aquesta petita zona de turbulència. Però per altre banda en aquest model s'ha eliminat la gran turbulència que es generava un cop l'aire havia passat per l'aleró en el primer cas. Així doncs es creu que és molt més valuós eliminar la turbulència del primer cas que la petita que s'observa en aquest.

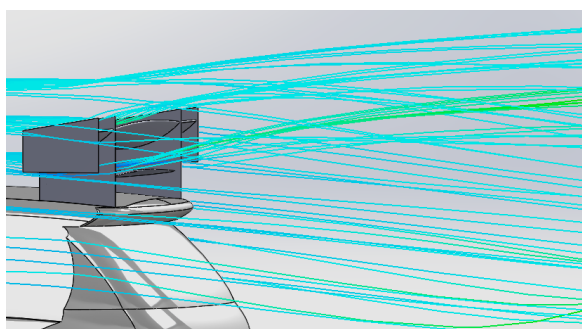


Figura 43: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 3 visió posterior

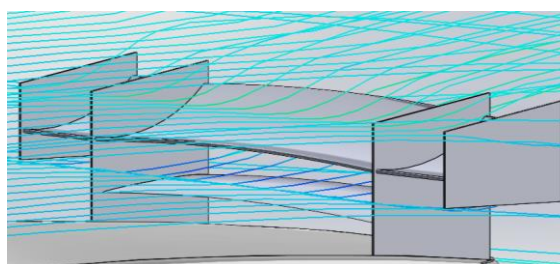


Figura 44: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 3 visió de l'aleró

Finalment, amb les dues fotografies anteriors extretes de la creació de trajectòries de partícules es pot veure com, una vegada el fluid entra en contacte amb l'aleró l'aire es desplaça per sobre i genera un



canvi de direcció i a la vegada una força contra la superfície amb la qual està en contacte (es pot observar a la imatge dreta). Per acabar, comentar que en aquest cas com s'aprecia a la imatge de l'esquerra aquest aleró no genera remolins en cap moment cosa que afavoreix el bon resultat del model dissenyat.

#### 7.2.4. Aleró nº 4

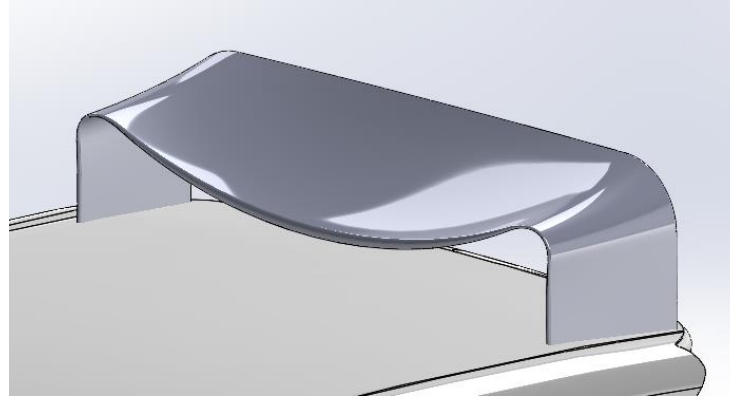


Figura 45: Disseny del quart aleró

Per acabar a la foto superior es veu el disseny de l'últim aleró que s'ha creat, aquest es tracta d'un aleró molt diferent respecte als comentats anteriorment. Es tracta d'un aleró fet d'una sola peça, al tenir una sola superfície aquest té molts punts de gir en el seu disseny. Es pot observar com es tracta d'un aleró que té una certa panxa al centre que envia de manera ascendent l'aire que impacta contra. A diferència de l'anterior tot i tenir unes grans dimensions també, aquest no té tantes subdivisions.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 105,2111 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 2,6881 N. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 207 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ .

**$\rho_{\text{aire}}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 105,2111 N

**Àrea frontal total:** 0,3607 m<sup>2</sup> (molt inferior a la realitat ja que el model està a escala)

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{105,2111}{0,5 \cdot 0,3607 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_d = 0,4435$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ .

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 2,6881 N

**Àrea transversal total:** 1,0858 m<sup>2</sup>

$$C_l = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{2,6881}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_l = 3,7637 \times 10^{-3}$$

En l'últim cas de tots el valor de la força drag i del seu coeficient és molt similar a l'aleró nº1, això es deu a que tot i tenir geometries molt diferents una respecte l'altre l'àrea d'impacte entre cada un dels models és molt similar. A la mateixa vegada es pot veure com la força lift i el seu coeficient tornen a disminuir substancialment respecte els dos últims casos, amb el qual creiem que no serà un dels candidats més adients per les necessitats desitjades.

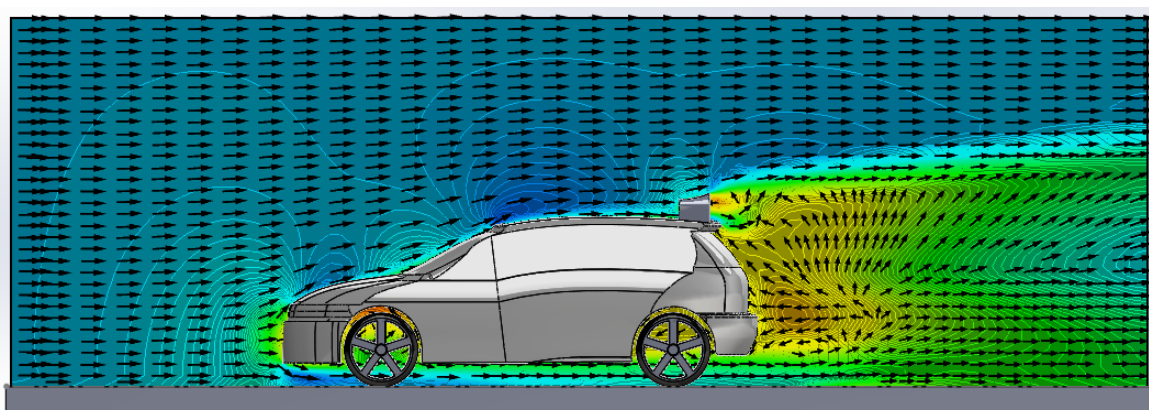


Figura 46: Diagrama de velocitats del model de l'aleró 4

Observant el diagrama de velocitats de la part superior de la pàgina es pot veure com aquest aleró de la mateixa manera que tots els anteriors té una similitud en el diagrama de velocitats de tot el voltant i el frontal del cotxe. Un cop es passa a analitzar els resultats de la part posterior al igual que el cas 1 i el cas 3 aquest presenta un desplaçament del fluid en direcció ascendent, resultat que ens interessa ja que fa el desplaçament desitjat.

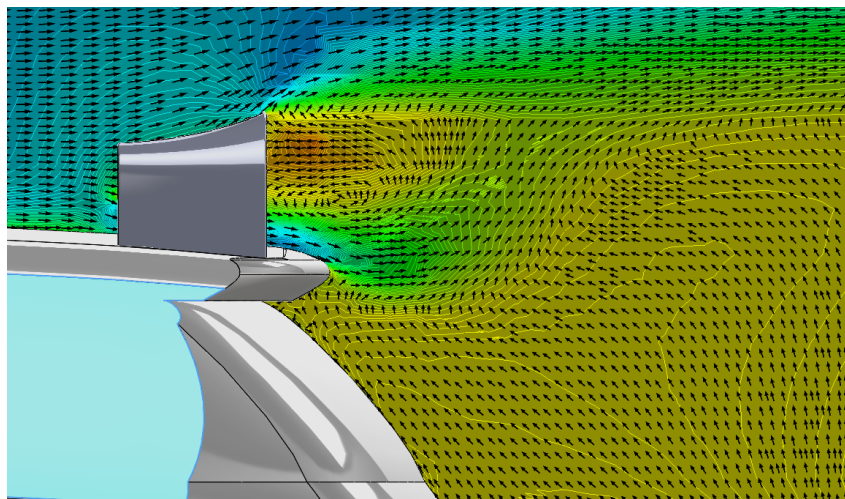


Figura 47: Ampliació de la figura 46

Observant el zoom adjuntat del diagrama de velocitats, es poden observar uns quants resultats que no s'observen a simple vista. Per començar al tenir l'aleró una alçada considerable, aquest genera un espai molt elevat entre la superfície horitzontal de la peça i el sostre del cotxe. Aquesta separació genera un moviment no desitjat posterior a l'aleró. Si s'analitza de forma precisa la imatge, es detecta com una vegada l'aire passa per l'aleró una sèrie de partícules es desplacen cap a dalt, però els vectors de l'aire que passen per entre el cotxe i l'aleró generen una gran turbulència. Aquesta turbulència es pot observar a la imatge com una vegada surt de l'aleró aquesta dona una volta sencera en sentit antihorari fins que els vectors es tornen a alinear-se horitzontalment. Aquesta vectors una vegada donen la volta es posicionen en horitzontal en direcció al desplaçament del cotxe, cosa que no ens interessa ja que s'hauria d'evitar la turbulència i que aquest desplaçament de vectors fos en sentit contrari al cotxe.

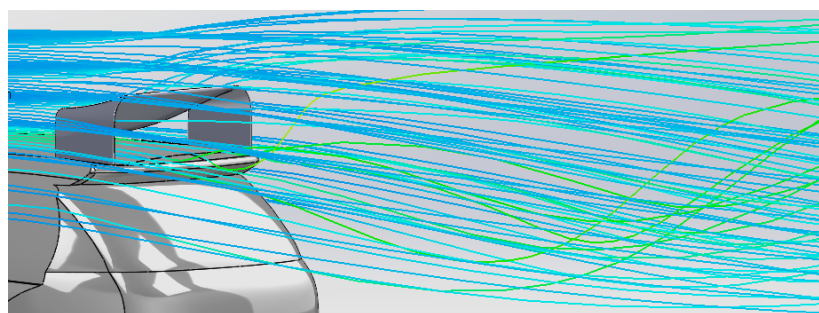


Figura 48: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 4 visió posterior

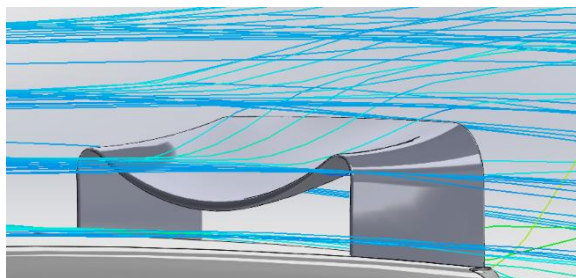


Figura 49: Trajectòria de partícules del model de l'aleró 4  
visió de l'aleró

Finalment, amb les dues fotografies anteriors extretes de la creació de trajectòries de partícules es pot veure com, una vegada el fluid entra en contacte amb l'aleró l'aire es desplaça per sobre i genera un canvi de direcció i a la vegada una força contra la superfície amb la qual està en contacte. En aquest model però es pot observar com si que es generen una sèrie de trajectòries no desitjades de diferent color (es pot observar clarament a la primera imatge), poden ser generades degut a l'angle d'atac del model.

## 7.3. Estudi dels splitters o faldons

### 7.3.1. Splitter nº1

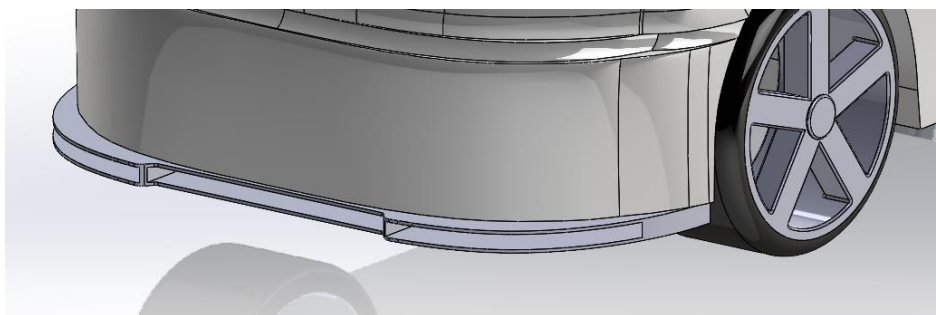


Figura 50: Disseny del primer splitter

Tot seguit es comentaran una sèrie d'aspectes relacionats amb el disseny del primer de quatre splitters que s'han realitzar per tal de poder estudiar diferents comportaments amb la simulació de SolidWorks.

En aquest disseny es pot observar que es tracte d'una peça no molt voluminosa. S'ha creat un splitter que no té cap tipus d'inclinació (horitzontal en l'eix Y), aquest però disposa de tres entrades d'aire per tal de poder observar canvis durant la simulació. A la mateixa vegada que es busca un splitter que sobresurti respecte el morro del cotxe per tal de buscar l'impacte de l'aire, també s'ha buscat una estètica agradable per possibles clients. És per això que s'ha dissenyat amb un tall a la meitat del splitter li dona una aparença més agressiva.

Primer de tot es comentaran els resultat de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 83,1062 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 17,7989 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 241 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 83,1062 N

**Àrea frontal total:** 0,3443 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{83,1062}{0,5 \cdot 0,3443 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cd = 0,3670$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic Cl, observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la Fl) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 17,7989 N

**Àrea transversal total:** 1,0903 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{17,7989}{0,5 \cdot 1,0985 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,02463$$

Com podem observar a l'estar estudiant una peça tant petita com és el splitter, en comparació als resultats obtinguts dels alerons (peces molt més grans), trobem que aquests s'assemblen molt més als resultats del model sense cap tipus de modificació.

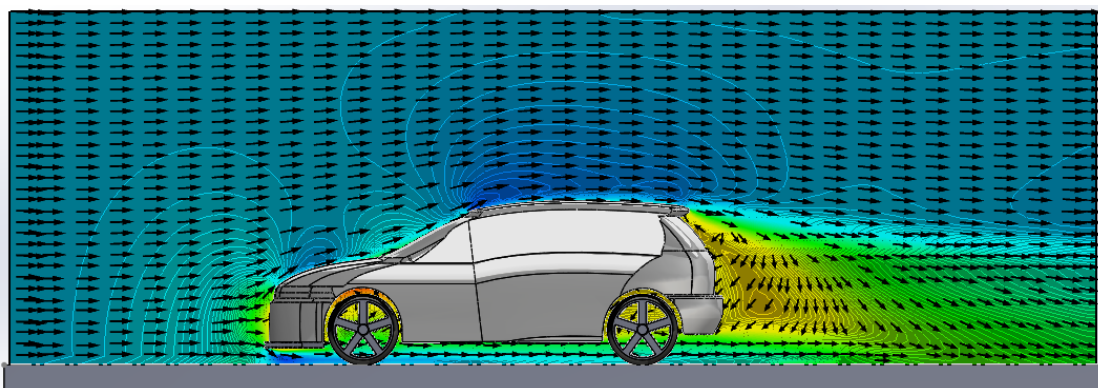


Figura 51: Diagrama de velocitats del model 1 dels splitters

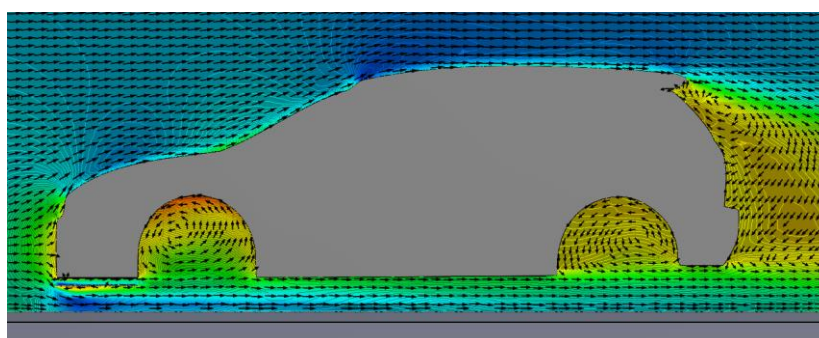


Figura 52: Ampliació de la figura 51

A diferència que en l'apartat de l'estudi dels alerons, en aquest es pot observar amb molta precisió els resultats, ja que al tractar-se d'una peça més petita, els resultats són també menys significatius, és per això que tot i adjuntar la primera imatge del diagrama de forces es comentaran els resultats al següent paràgraf.

La imatge superior és un zoom del diagrama de velocitats obtingut del model del primer splitter. En aquest cas al tractar-se d'un splitter el qual passa el fluid pel seu interior s'ha decidit tallar el cotxe amb l'eina "Vista de Sección" per tal de poder observar amb més claredat com es desplaça el fluid per la peça que és el que interessa (la figura 54 mostra com s'ha fet la secció). Com s'observa al diagrama el primer moviment del fluid es generar un impacte sobre el frontal del cotxe, una vegada aquest es desplaça cap a la part inferior del cotxe es troba amb la superfície del splitter. En aquest punt una part del fluid es desplaça per l'interior del splitter mentre que l'altre passa entre la carretera i el cotxe.

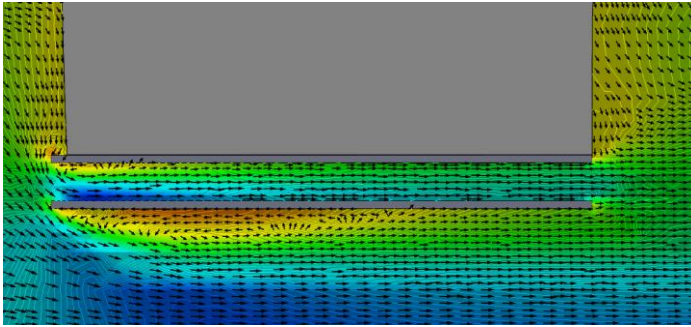


Figura 53: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter 1

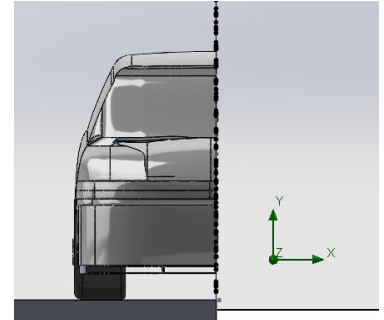


Figura 54: Pla on s'ha seccionat el model

Observant la foto superior esquerra es veu més detalladament com impacte l'aire sobre el splitter per la part superior, una vegada entra l'aire per l'interior del splitter s'observa com genera una petita turbulència a l'inici del splitter a la part superior, això potser degut a l'efecte que fa l'aire a l'entrar en un espai molt més tancat com seria aquest cas. A la vegada també podem observar com per sota del splitter sí que es genera una superfície de color vermell on també veiem un remolí en sentit antihorari del qual podem extreure que es tracte de la turbulència més evident en aquest model. Tret d'això podem dir que els vectors de velocitat no generen cap tipus de problema amb aquesta peça.

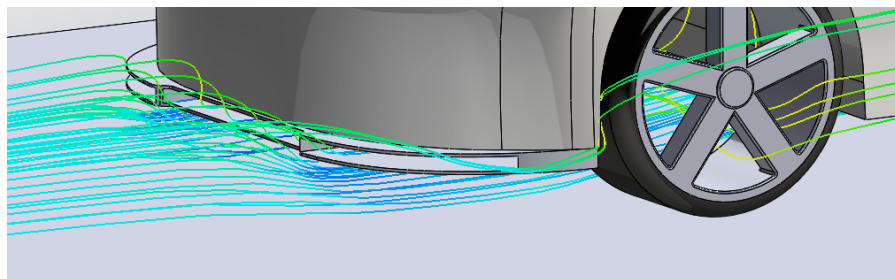


Figura 55: Trajectòria de partícules del model del splitter 1

Observant l'última imatge adjuntada, es pot veure com es desplacen les partícules pel difusor. Aquest cas es poden observar poques línies, això es deu a la creació de la trajectòria de partícules amb un nombre baix de partícules per tal de poder analitzar bé la imatge. Quan es realitza aquest resultat amb més partícules moltes vegades no es pot observar bé el moviment degut al creuament d'un gran número de línies.

### 7.3.2. Splitter nº2

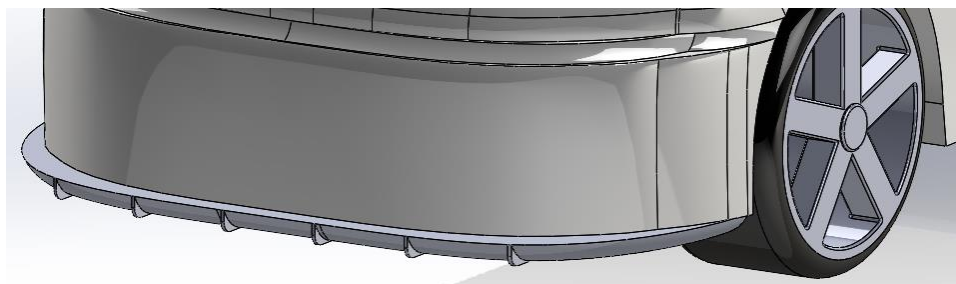


Figura 56: Disseny del segon splitter

Tot seguit es comentaran una sèrie d'aspectes relacionats amb el disseny del segon splitter que s'ha realitzar. Al igual que el primer disseny es tracta d'una peça no molt voluminosa, s'ha creat un splitter que no té cap tipus d'inclinació (horitzontal en l'eix Y), la gran diferència respecte el primer cas és que aquest no disposa de cap entrada d'aire, sinó que comença amb una superfície plana enganxada al morro del cotxe i s'acaba arrodonint per tal d'afavorir el desplaçament del fluid sense ser tant brusca. Una de les similituds respecte el disseny anterior es que sobresurt respecte el morro del cotxe per tal de buscar l'impacte de l'aire.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 78,5582 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 16,0972 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 224 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 78,5582 N

**Àrea frontal total:** 0,3504 m<sup>2</sup>

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{78,5582}{0,5 \cdot 0,3504 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$



$$Cd = 0,3409$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 16,0972 N

**Àrea transversal total:** 1,1023 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{16,0972}{0,5 \cdot 1,1023 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,0222$$

En els càlculs obtinguts anteriorment podem observar com hem obtingut els valors més petits fins ara del coeficient drag, això es degut a que la geometria del splitter dissenyats afavoreix el pas de l'aire i no crea impactes tant grans com els acabats anteriors.

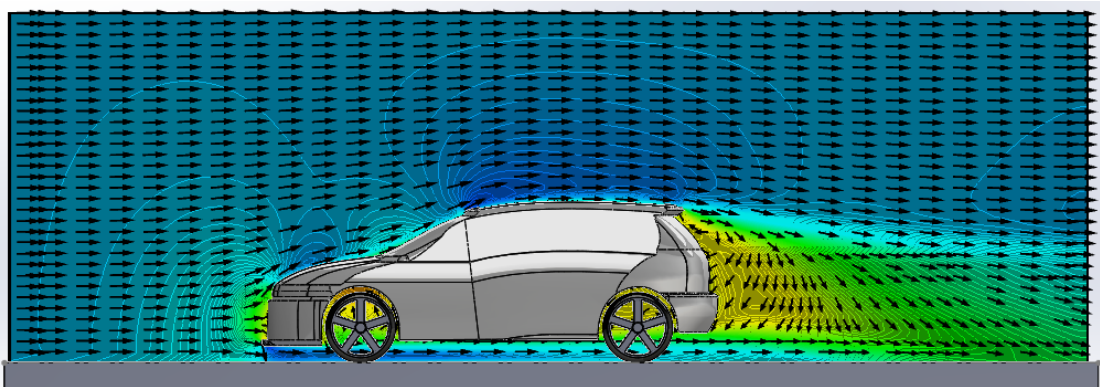


Figura 57: Diagrama de velocitats del model del splitter 2

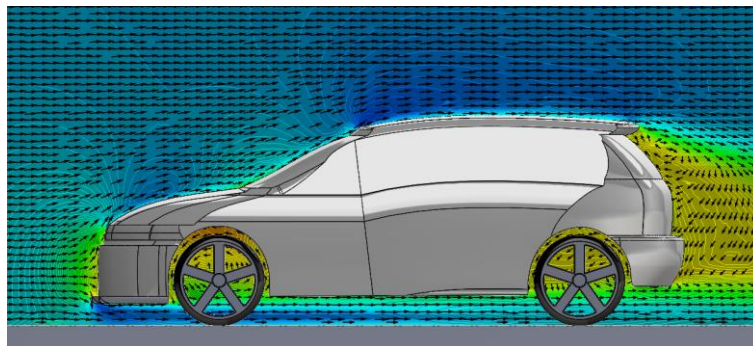


Figura 58: Ampliació de la figura 57

Les dues imatges anteriors son del diagrama de velocitats del estudi del segon aleró, com el cas del primer ens fixarem sobretot el la part davantera del cotxe. En aquest cas al no obtenir una àrea de pas pel mig del splitter, es pot observar com una vegada es genera l'impacte amb la part superior del splitter va directament cap a sota del cotxe. Si s'observa bé tota la part que queda entre el cotxe i la carretera, podem veure com a diferència del primer splitter aquest obté una superfície molt més gran de color blau, degut a que el pas de l'aire no modifica tant la velocitat de l'aire al no entrar en una zona on es redueix l'aire de pas com en el primer cas.

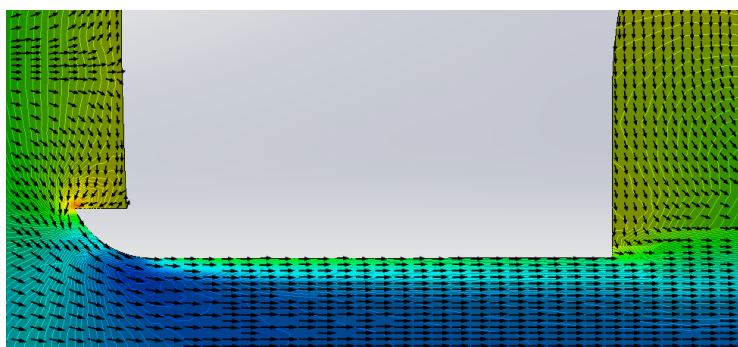


Figura 59: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter 2

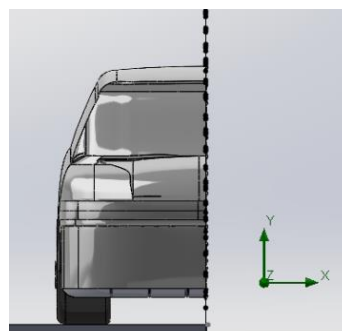


Figura 60: Pla on s'ha seccionat el model

Observant l'última imatge adjunta, es tracte d'un zoom encara més ampliat de la part davantera del cotxe que amés s'ha tallat per poder observar l'afecte que crea amb més precisió. Com s'aprecia a la imatge, l'aire entra en contacte amb el frontal i es desplaça en direcció al terra contra el splitter, una vegada sobrepasa el primer contacte s'observa com una vegada entra en contacte amb la part arrodonida del splitter i aquí ja observem un canvi notable respecte el primer disseny. En aquest cas al entrar en contacte amb la part arrodonida el diagrama de velocitats es torna de color blavós, expressant així que l'arrodoniment fa que l'aire llisqui amb la superfície evitant un impacte més fort que frenaria el cotxe.

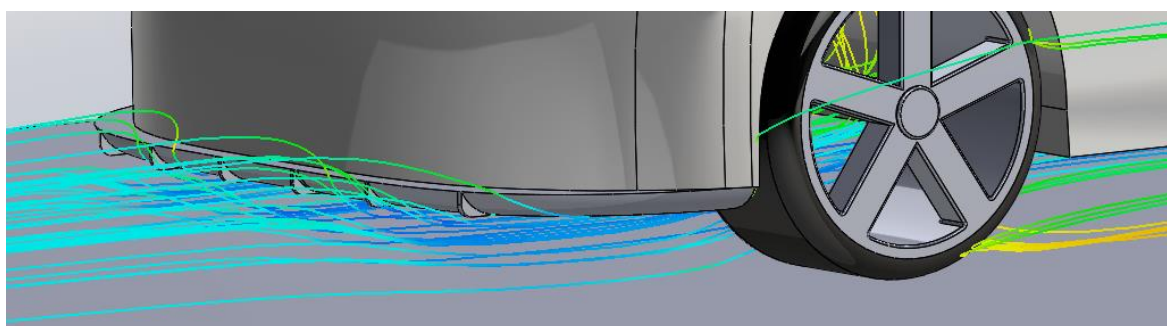


Figura 61: Trajectòria de partícules del model del splitter 2

Com es pot veure a la imatge hi ha unes línies d'un to groc-verd que representen aquelles partícules que xoquen amb el frontal del cotxe, una vegada realitzat l'impacte es veu com generen una corba en direcció al terra i definitivament passen per sota del splitter.

### 7.3.3. Splitter nº3

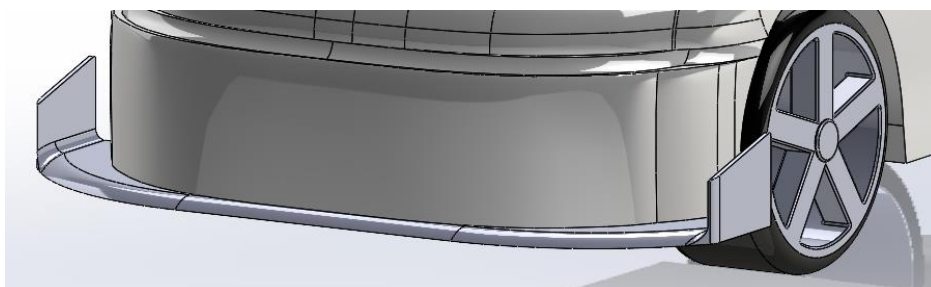


Figura 62: Disseny del tercer splitter

Tot seguit es comentaran una sèrie d'aspectes relacionats amb el disseny del tercer splitter que s'ha realitzat. Té un disseny bastant diferent respecte els dos primers casos, aquest splitter es caracteritza a simple vista pel fet de tenir dos aletes als laterals. A diferència dels altres models que el que es pretenia que l'aire es desplaçés per sota del cotxe, en aquest cas la intenció d'aquest disseny és que l'aire al entrar en contacte amb el frontal del cotxe es desplaci en direcció al terra i que es trobi amb el splitter. Una vegada entra amb contacte amb la peça es busca que creï una força en direcció al terra per tal que el morro s'agafi al terreny. És per això que aquest disseny sobresurt més pels dos costats del cotxe ja que generarà més superfície de contacte amb l'aire. Amb la mateixa finalitat de no frenar el cotxe, s'ha arrodonit també la part davantera del splitter seguint la mateixa filosofia que en l'anterior.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 85,1373 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 16,1123 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extreïdes de l'estudi dels fluids han necessitat 249 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreïda de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del

cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 85,1373 N

**Àrea frontal total:** 0,3473 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{85,1373}{0,5 \cdot 0,3473 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cd = 0,3727$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic Cl, observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la Fl) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 16,1123 N

**Àrea transversal total:** 1,1228 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{16,1123}{0,5 \cdot 1,1228 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,0218$$

Degut a que es tracte d'un splitter en el qual varia molt el resultat del fluid en funció del pla on s'ha realitzat el diagrama de velocitats, en aquest cas es comentaran diferents diagrames, es per això que es podran observar diferents variacions en els resultats.

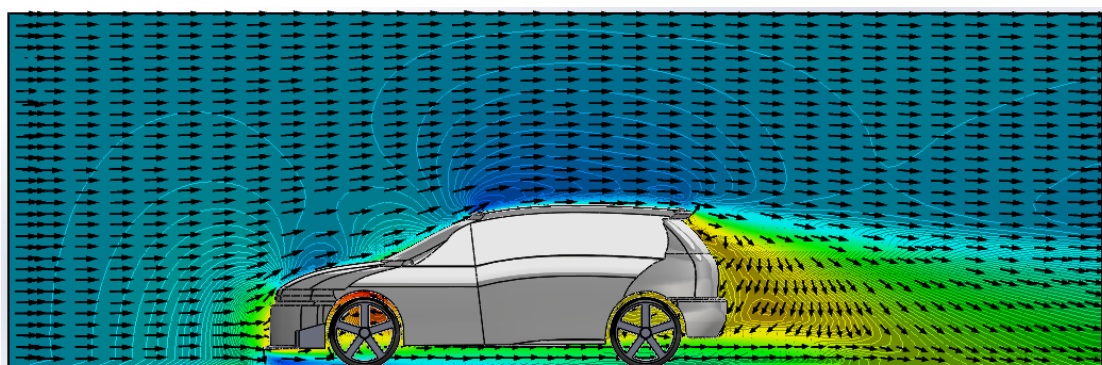


Figura 63: Diagrama de velocitats del model del splitter 3

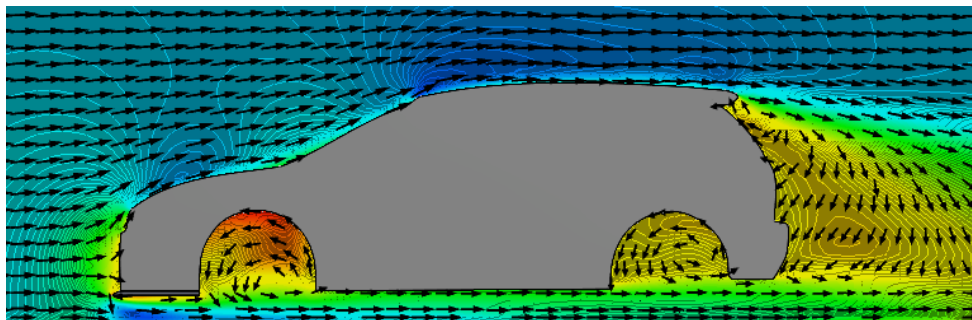


Figura 64: Ampliació de la figura 63

Com es pot observar en les dues imatges del diagrama de velocitats, aquest es tracte d'un diagrama realitzar al mig del cotxe, es per això que en aquest punt no es pot apreciar l'efecte que realitzen les dues superfícies que hi ha als laterals del splitter. En aquest cas com en els anteriors s'aprecia com una vegada l'aire entra en contacte amb el frontal, aquest es desplaça en direcció al terra de tal manera que es troba amb la superfície del splitter. Al tenir el arrodoniment per la banda contraria a l'anterior podem veure un canvi en els vectors i el color del gràfic de velocitats. Al acabar el contacte amb el splitter l'aire deixa de tenir contacte sense cap progressió ja que no disposa de l'arrodoniment anterior, es per això que en aquest cas ha disminuït la superfície de color blau de la part inferior del cotxe. A les imatges posteriors s'explicarà més detalladament el resultat.

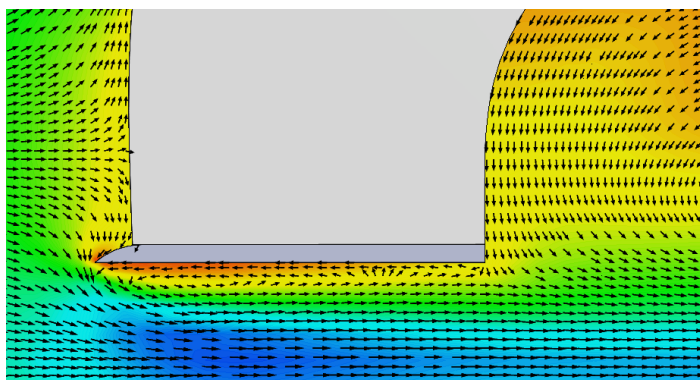


Figura 65: Diagrama de velocitats amb ampliació de la imatge seccionada en la zona del splitter 3

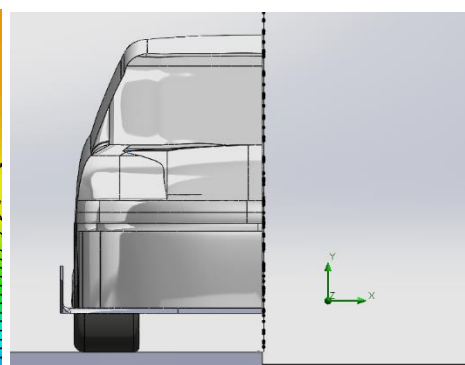


Figura 66: Pla on s'ha seccionat el model

A la imatge de la dreta s'observa com s'ha realitzat el diagrama que hem comentat anteriorment i els seus respectius zooms. A la imatge de l'esquerra s'observa un zoom encara més ampliat que el segon, on es poden observar molt més clarament els punts característics d'aquest estudi. Primer de tot analitzant la fotografia es veu com just al acabar el splitter hi ha un canvi bastant dràstic de la direcció dels vectors. Això es degut a que el tall de cop del contacte entre l'aire i la peça afavoreix la creació de turbulències i si ens desplaçem una mica cap a la dreta de la foto podem veure com es crea un remolí que s'estira des de el acabar del splitter fins pràcticament el final del frontal. En resum la part més vermella es la zona on es creen les turbulències que volem evitar.

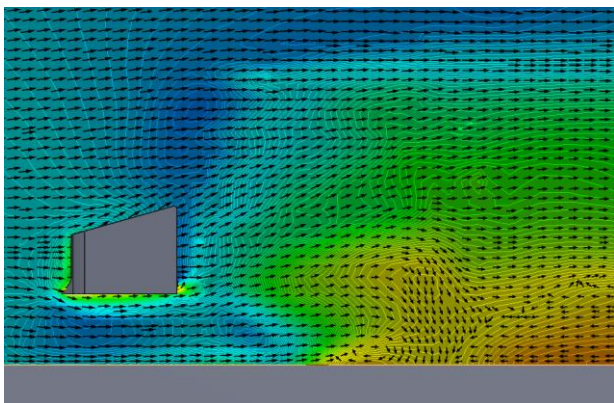


Figura 68: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 3

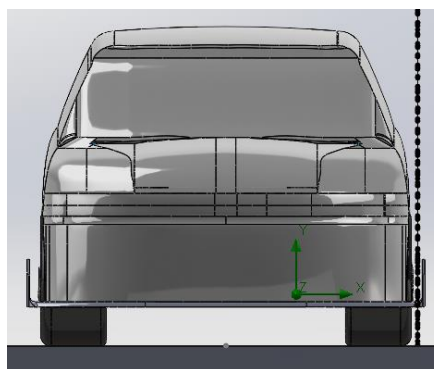


Figura 67: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats

Per acabar amb l'anàlisi dels resultats del tercer splitter s'observaran les imatges adjuntades anteriorment. En aquest es pot veure amb la imatge de la dreta en quin pla s'ha realitzat el diagrama, és per això que només s'observa el tros restant del splitter en el diagrama, ja que la resta del cotxe queda per l'altre banda. Confirmant la hipòtesi prevista, una vegada el fluid entra en contacte amb la superfície del splitter s'observa com varia la direcció dels vectors de velocitats. Aquest es modifiquen i deixen d'anar en horitzontal i passen a desplaçar-se de manera ascendent. En el mateix diagrama podem observar una vegada passa la superfície del splitter que deixa de tenir color blau i comença a tenir tons més verd/groc, aquesta zona de diferent color no s'ha de tenir en compte ja que com es pot observar a la imatge de la dreta, es tracte d'una zona generada pels laterals del cotxe ja que es treballa entre el petit espai que hi ha de l'ala del splitter i el cotxe.

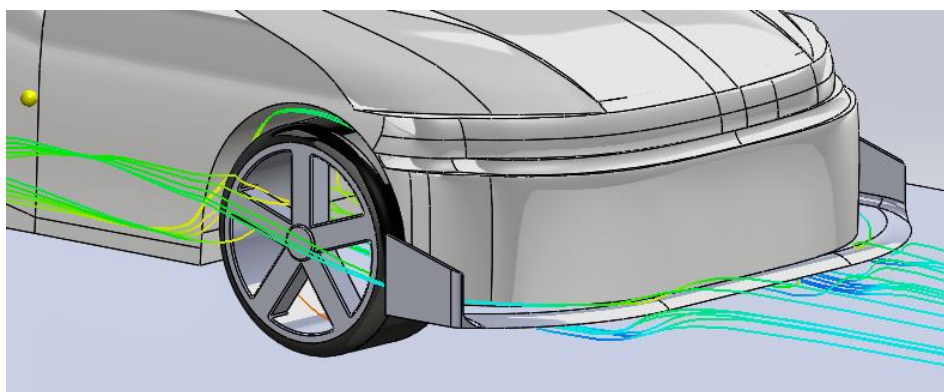


Figura 69: Trajectòria de partícules del model del splitter 3 amb visió propera

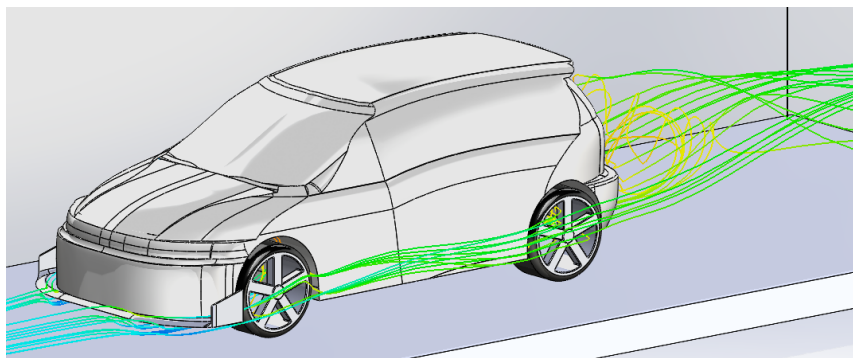


Figura 70: Trajectòria de partícules del model del splitter 3 amb visió general

Amb l'ajuda de les dues imatges anteriors s'ha pogut representar i observar el moviment que genera el disseny del splitter amb l'aire. Com s'ha comentat ja anteriorment s'aprecia com hi ha un desplaçament de partícules per la part davantera del splitter que xoquen amb aquest i generen una força, a la vegada aquestes partícules es desplacen cap al lateral en busca d'un espai de sortida i finalment es desplacen pels lateral de splitter generant aquestes línies de partícules que podem observar a les imatges tant característiques.

#### 7.3.4. Splitter nº4

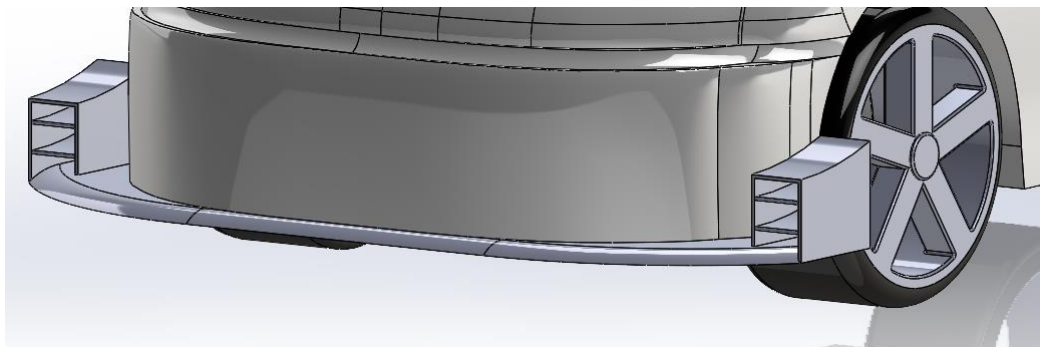


Figura 71: Disseny del quart splitter

Tot seguit es comentaran una sèrie d'aspectes relacionats amb el disseny de l'últim splitter que s'ha realitzar. Té un disseny similar al tercer splitter, ja que la base del qual parteix el disseny és la mateix. La gran diferència que s'observa son els laterals de la peça. En aquest cas es pot observar com en comptes de tenir una aleta com el cas anterior, en aquest té una sèrie d'entrades d'aire les quals van en direcció ascendent si ens anem desplaçant cap a la part posterior del cotxe. Aquest disseny busca el xoc de l'aire contra les entrades d'aire fent millorar el lift del model general.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 93,2816 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 12,0589 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 226 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força drag:** 93,2816 N

**Àrea frontal total:** 0,3523 m<sup>2</sup>

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{93,2816}{0,5 \cdot 0,3523 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$C_d = 0,4025$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força lift:** 12,0589 N

**Àrea transversal total:** 1,1297 m<sup>2</sup>

$$C_l = \frac{F_l}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{12,0589}{0,5 \cdot 1,1297 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$C_l = 0,01623$$



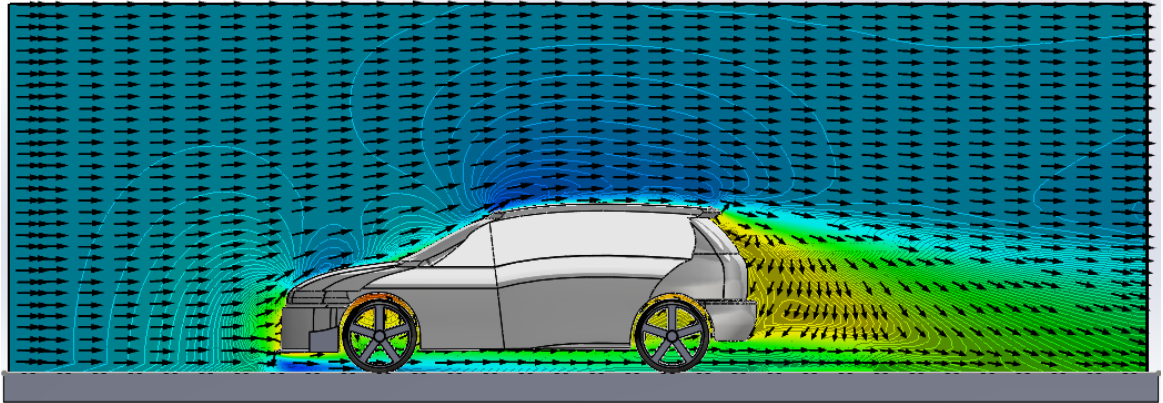


Figura 73: Diagrama de velocitats del model del splitter 4

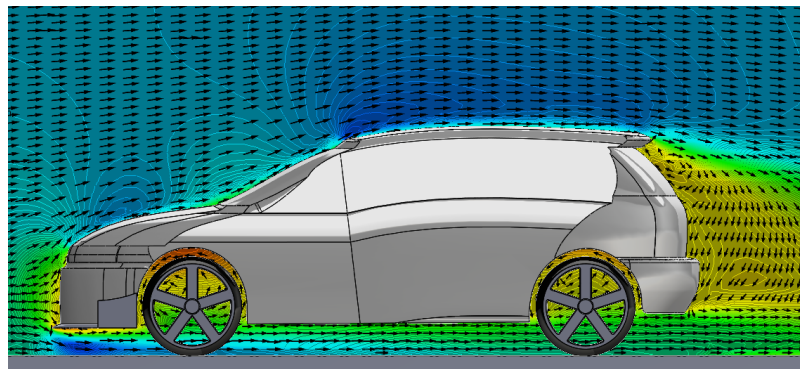


Figura 72: Ampliació de la figura 72

Com es pot analitzar a les dues primeres imatges del diagrama de velocitats, en aquest succeeix un moviment molt similar al del tercer splitter això és degut a que com hem comentat anteriorment aquest té la mateixa base. El que varia entre els dos està per la part superior del splitter, és per això que en aquestes dues imatges tenim resultats molt similars per no dir pràcticament iguals del desplaçament del fluid per la part inferior del cotxe. A les següents imatges podrem veure com modifica el fluid el nou disseny de la part superior del splitter.

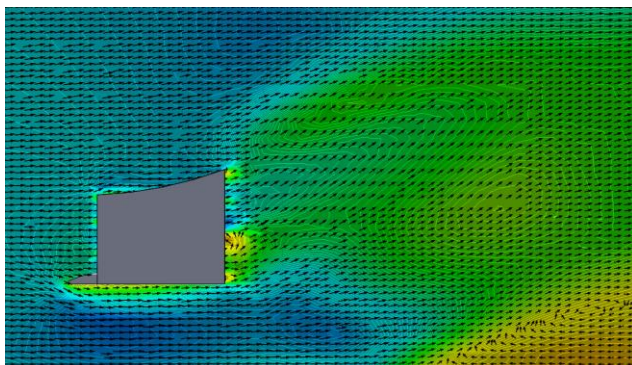


Figura 74: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 4

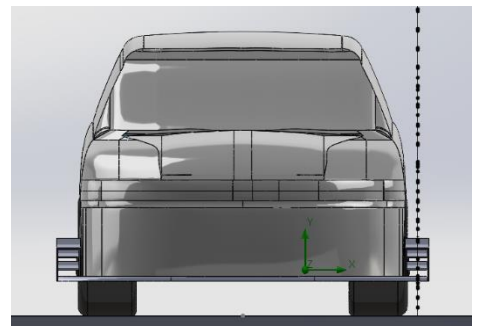


Figura 75: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats

A les dues imatges superiors es pot veure el diagrama de velocitats generat en un pla que passa per la meitat de les entrades d'aire del splitter. A la imatge de la dreta podem apreciar exactament on s'ha generat aquest diagrama. Com ja s'ha comentat en aquest apartat de l'estudi dels splitters s'obviarà el resultat que surt a la part dreta del diagrama degut a que és un reflex de estar realitzant un estudi molt proper a les portes del cotxe, que és el que ens dona aquesta variació al diagrama.

A la primera imatge es pot apreciar com si que es genera un canvi en els vectors de la velocitat en direcció ascendent degut al pas per l'interior d'aquestes entrades d'aire i de la forma donada. A la mateixa vegada es pot apreciar algun tipus de turbulència que podem apreciar millor a les següents fotos. Serà comentat amb més precisió tot seguit.

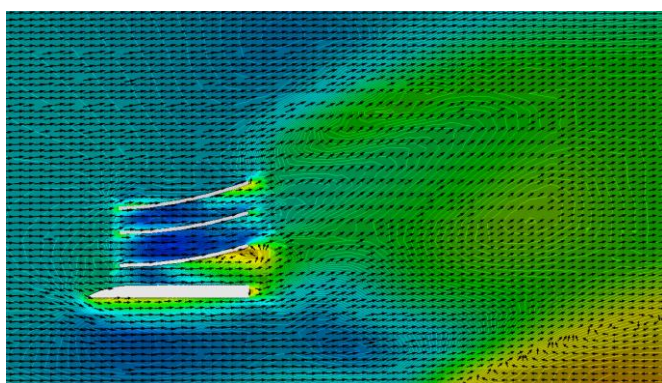


Figura 76: Diagrama de velocitats generat en el pla entre el cotxe i el lateral del splitter 4 amb vista de secció

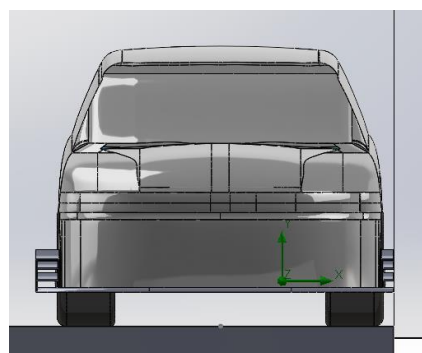


Figura 77: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció

Com es venia dient en les anteriors imatges s'havia suposat l'aparició d'alguna turbulència a l'entrada d'aire més propera al terra. En aquestes imatges, les quals varien respecte les dues anteriors ja que s'ha realitzat un tall amb l'eina "Vista de secció", es pot observar com és cert que s'ha generat una zona de turbulència. Al final de la primera entrada, per la part superior es pot veure com els vectors formen un remolí en direcció antihorari que ens simbolitza la creació d'una zona de turbulència. Això potser degut a que l'angle d'atac de les entrades d'aire és massa elevat cosa que també es pot corroborar si observem les dues entrades més superiors ja que generen tota la zona pràcticament blava per tot l'interior.

Aquest disseny es un amb els quals més esperances es tenien posades per rebre uns bons resultats, observant els diagrames de velocitats i aquests últims de la trajectòria de partícules es pot observar com no s'ha trobat la resposta esperada. Degut al disseny dels dos lateral del splitter es fa molt difícil obtenir uns bons resultats ja que al tractar-se d'entrades d'aire tant petites no genera tants bons resultats en el pas d'aire com en l'anterior.

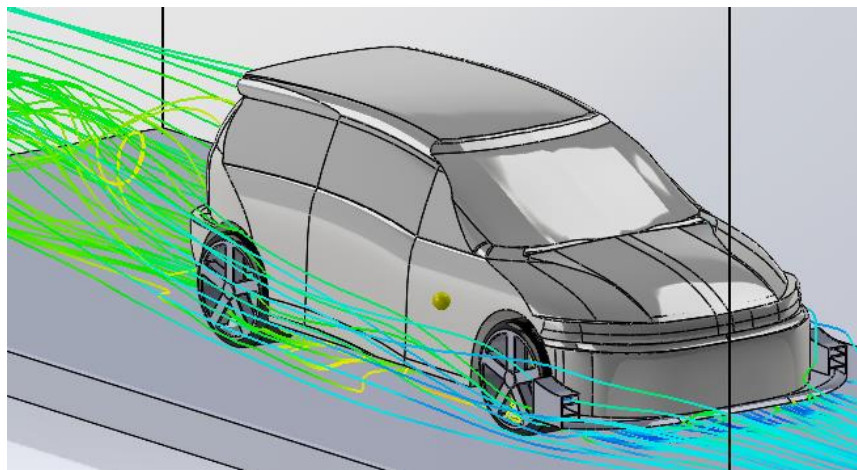


Figura 78: Trajectòria de partícules del model del splitter 4

## 7.4. Estudi dels difusors

### 7.4.1. Difusor nº 1

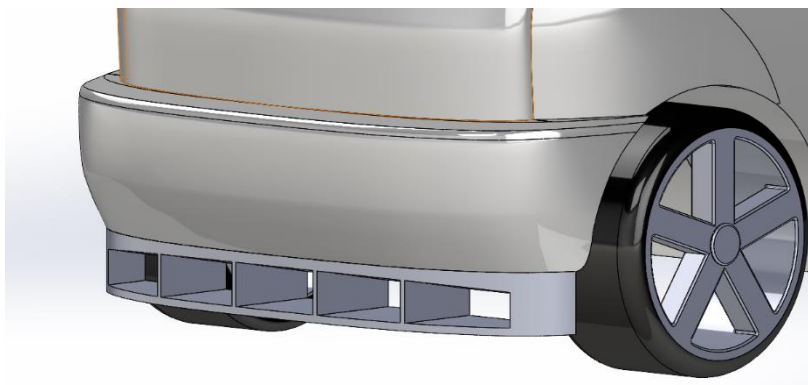


Figura 79: Disseny del primer difusor

Tot seguit es comentaran una sèrie d'aspectes relacionats amb el disseny del primer dels quatre difusors que s'han realitzar per tal de poder estudiar diferents comportaments amb la simulació de SolidWorks.

Aquest disseny a diferència dels splitters comentats anteriorment son bastant més voluminosos ja que no es tracte d'una peça de poc gruix, sinó que el que es pretén és allargar la part posterior de tal manera que passi l'aire entrant en contacte amb les superfícies que es crea. Aquest contacte farà que el cotxe tingui més força lift i així no ens marxi tant la part posterior del cotxe en corbes.

Com es pot observar a la primera imatge el disseny d'aquest model té una entrada d'aire un cop acaba el pas de roda i una sortida a l'alçada del maleter. Comentar que l'entrada té una àrea més petita que la sortida, això es deu a que s'ha dissenyat el difusor de tal manera que la part superior de l'entrada

d'aire té una pendent ascendent cap a la sortida, així doncs s'aconsegueix que el fluid surti cap a dalt. Si el disseny fos el contrari el cotxe obtindria una força al entrar en contacte l'aire amb el difusor en sentit contrari al terra.

Apart s'ha decidit realitzar una divisió a l'espai intern, així s'obté finalment 5 entrades i sortides d'aire que li dona una imatge més bonica al difusor.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 91,3429 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 24,1939 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 223 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{\text{aire}}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 91,3429 N

**Àrea frontal total:** 0,3483 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{91,3429}{0,5 \cdot 0,3483 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cd = 0,3987$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic Cl, observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la Fl) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

**$\rho_{\text{aire}}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 24,1939 N

**Àrea transversal total:** 1,0858 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{24,1939}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,03387$$

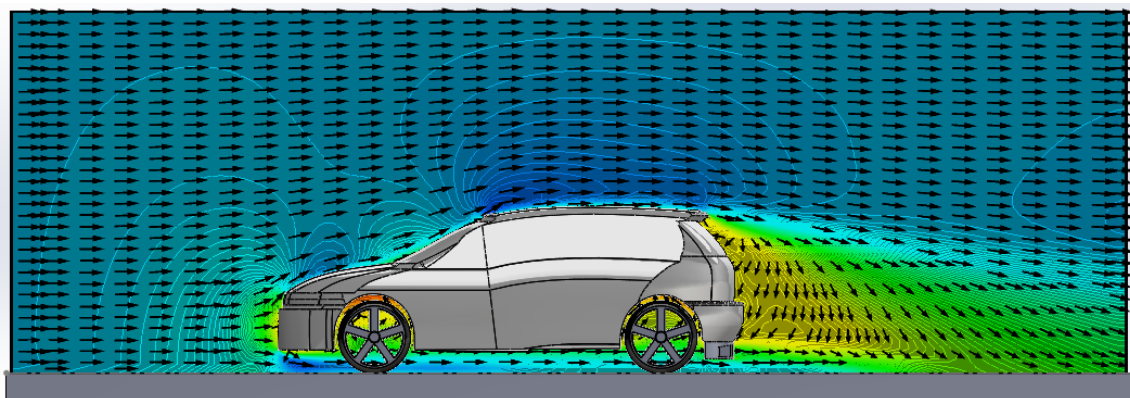


Figura 80: Diagrama de velocitats del model del difusor 1

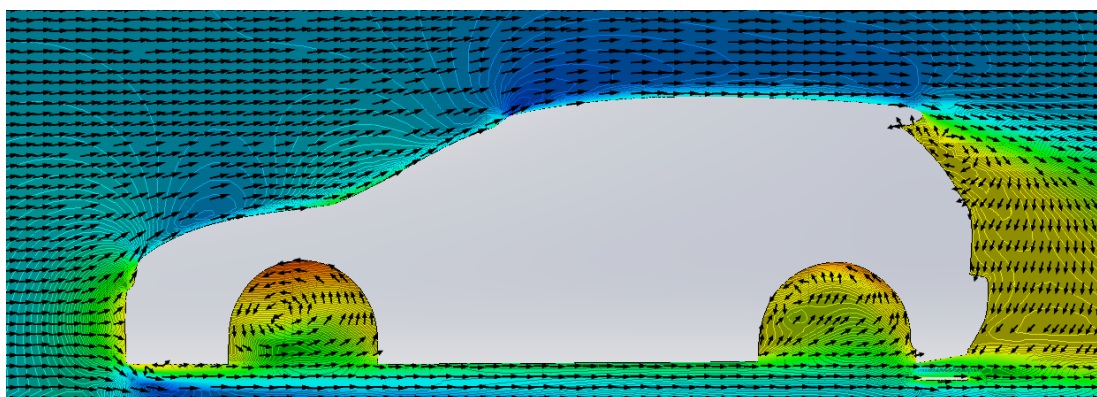


Figura 81: Ampliació de la figura 80 amb vista seccionada

Tot i observar una millora en el càlcul del coeficients de lift i drag de l'estudi, si s'analitzen les imatges obtingudes de l'estudi ja sigui en la imatge general o en el zoom no es veu una gran diferència respecte el resultat del cotxe sense cap tipus de difusor. Es pot detectar una petita diferència en el moviment del fluid degut a que aquesta peça fa que tot l'aire que passa per l'inferior del cotxe ara es desplaça més cap al terra, ja que aquesta peça impedeix el pas.

A simple vista no s'observa un canvi en els vectors del moviment del fluid, és per això que posarem especial atenció en la següent imatge, on al tenir més zoom i la vista de secció es podrà observar el desplaçament del fluid de manera més precisa.

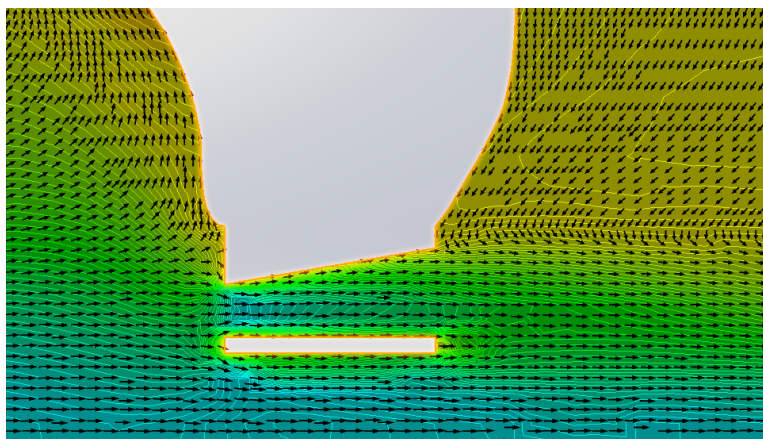


Figura 82: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 1

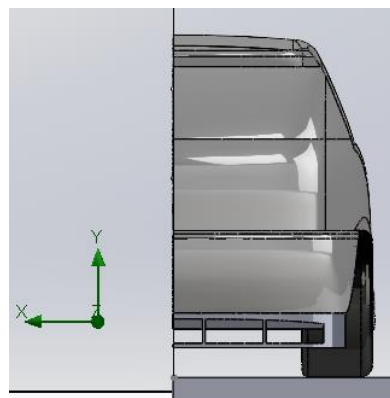


Figura 83: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció

En aquesta imatge, la qual ha sigut augmentada per poder observar de prop el comportament del cotxe, es pot observar com a la part superior del difusor hi ha un desplaçament ascendent del fluid. De la mateixa manera que s'observen aquest vectors també es pot analitzar que una vegada el fluid surt per la part posterior, al entrar en contacte amb l'aire que hi ha a la part posterior del cotxe, aquests vectors deixen de desplaçar-se cap a dalt i tornen a moure's en horitzontal. És per això que si que s'ha notat un canvi en els càlculs però a l'hora de veureu representat en les imatges de l'estudi no s'aprecia la diferència si no es fa un zoom molt gran a la zona. Amb lo qual podem dir que es tracte d'un difusor amb uns resultats una pobres respecte l'esperat.

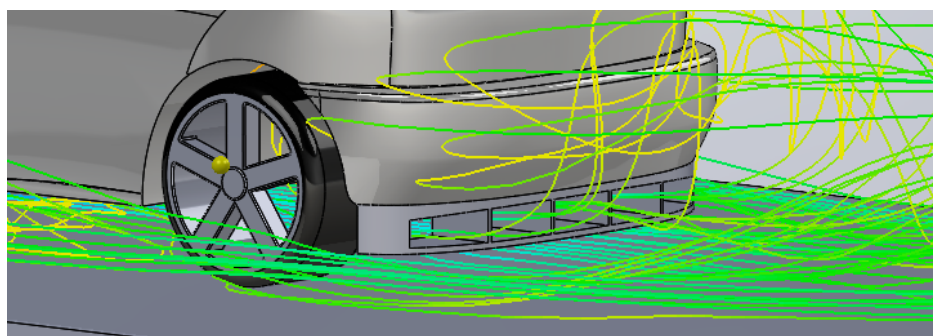


Figura 84: Trajectòria de partícules del model del difusor 1

### 7.4.2. Difusor nº 2

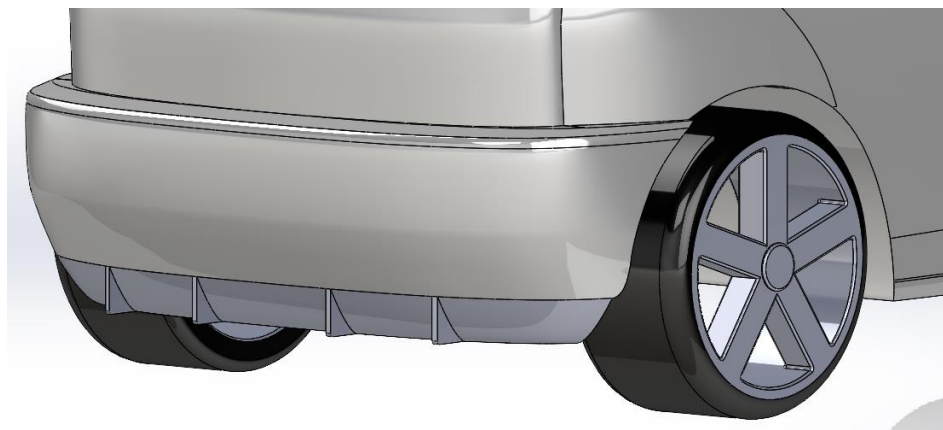


Figura 85: Disseny del segon difusor

En el segon disseny realitzar s'ha decidit canviar totalment el model respecte el primer. Ens trobem amb una peça sense cap tipus de forat en tota la superfície de la peça. L'única finalitat d'aquest difusor és allargar la part posterior del cotxe per tal que vagi més enganxat al terra. Amb això i l'ajuda dels arrodoniments de la part inferior del difusor aconseguim un pas menor d'aire per la part inferior del cotxe i una sortida de l'aire per la part posterior molt menys brusca que en el model de sèrie.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 91,5404 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 23,6218 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 221 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 91,5404 N

**Àrea frontal total:** 0,3466 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{91,5404}{0,5 \cdot 0,3466 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$Cd = 0,4015$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força lift:** 23,6218 N

**Àrea transversal total:** 1,0858 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{23,6218}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$Cl = 0,03307$$

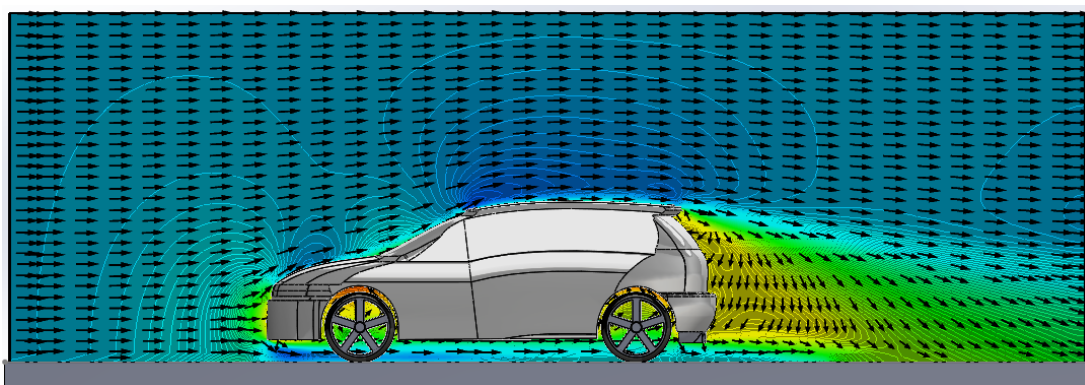


Figura 86: Diagrama de velocitats del model del difusor 2

Com es pot apreciar en aquest estudi només s'ha realitzat una sol imatge del diagrama, això és degut a que en aquest cas el difusor no presenta cap tipus de pas intern d'aire. Així doncs només es podrà estudiar el comportament del fluid al voltant de la peça dissenyada. A simple vista es poden apreciar pocs canvis, si s'analitza el diagrama de velocitats, un dels canvis més destacables és l'aparició d'un seguit de vectors que al xocar amb el difusor un cop acabat el pas de roda aquests es desplacen en direcció al terra per poder sortir per la part posterior del cotxe. Això es veurà reflectit en els resultats del coeficient drag, ja que aquests xocs fan frenar el cotxe ja que augmenten l'àrea de contacte amb el fluid. Com s'aprecia en els càlculs del coeficient drag s'ha vist augmentat aquest pel motiu que s'acaba de comentar.



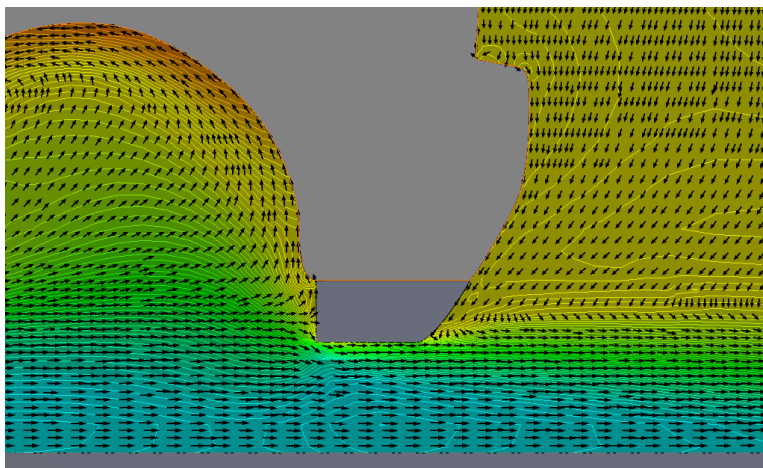


Figura 87: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 2

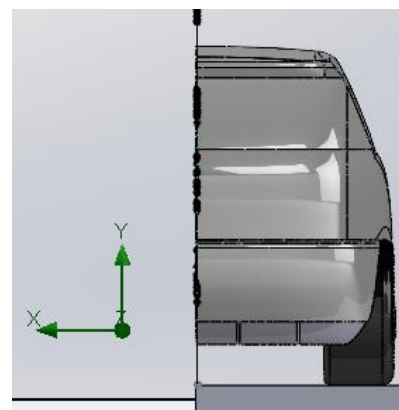


Figura 88: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció

En el diagrama anterior podem apreciar amb més precisió l'impacte que rep el difusor amb l'aire. En aquesta imatge a la vegada també es pot analitzar com afecta aquest impacte amb la resta de desplaçaments del fluid. Així doncs els vectors que impacten contra el difusor es desplacen cap a dins del pas de roda posterior creant una força a dins d'aquest espai en direcció contrària al terra.

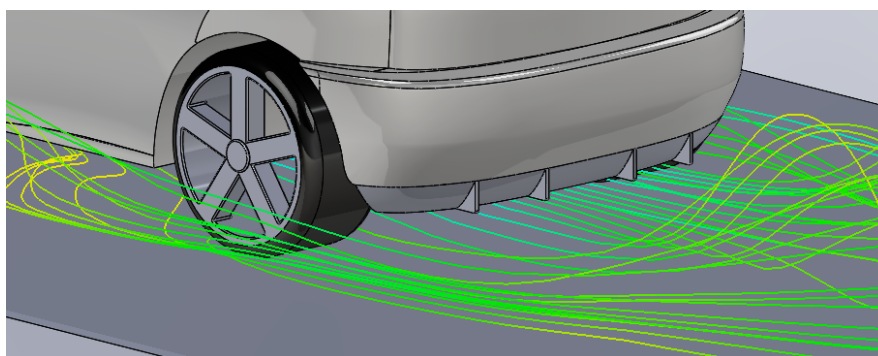


Figura 89: Trajectòria de partícules del model del difusor 2

L'última imatge simula la trajectòria obtinguda de les partícules en l'estudi, com s'aprecia a la imatge al tenir el difusor muntat al cotxe, fa que el fluid no comenci a ascendir fins més endavant del final del difusor degut a que només acabar el difusor es creuen la corrent del fluid que circula per sota del cotxe i el corrent que hi ha darrera del maleter.

### 7.4.3. Difusor nº 3

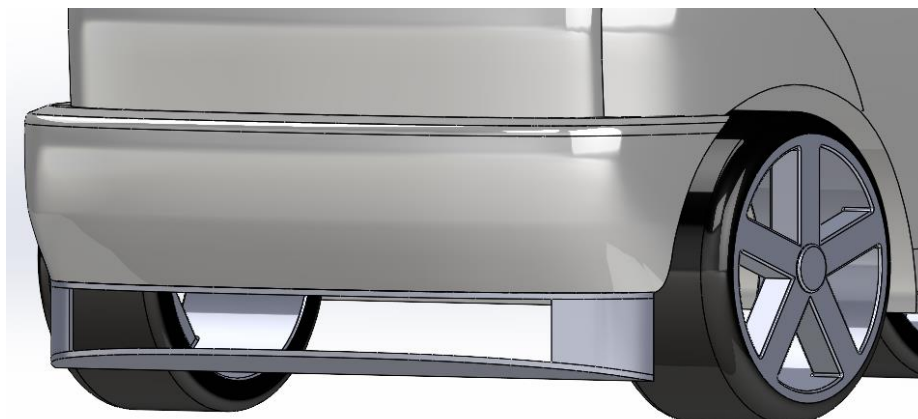


Figura 90: Disseny del tercer difusor

El tercer disseny dels difusor té una semblança al primer. En aquest model es pot observar com l'entrada d'aire al contrari que en el primer cas és molt més gran que la sortida. Això s'ha pogut aconseguir deixant la superfície superior del difusor horitzontal, sense cap tipus d'angle d'atac i donant un angle a la superfície inferior del difusor, de tal manera que la part inferior rep l'impacte de l'aire i impulsa l'aire de manera ascendent, com es podrà observar en els resultats que venen a continuació.

En aquest cas s'ha deixat el difusor sense cap tipus de divisió entre l'entrada i la sortida, buscar un pas més fàcil del fluid per l'interior de la peça.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 87,9286 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 21,7458 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 224 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 87,9286 N

Àrea frontal total: 0,3510 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{87,9286}{0,5 \cdot 0,3510 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cd = 0,3809$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic Cl, observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la Fl) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

Velocitat: 120 km/h = 33,3 m/s

Força lift: 21,7458 N

Àrea transversal total: 1,0858 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{21,7458}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,03045$$

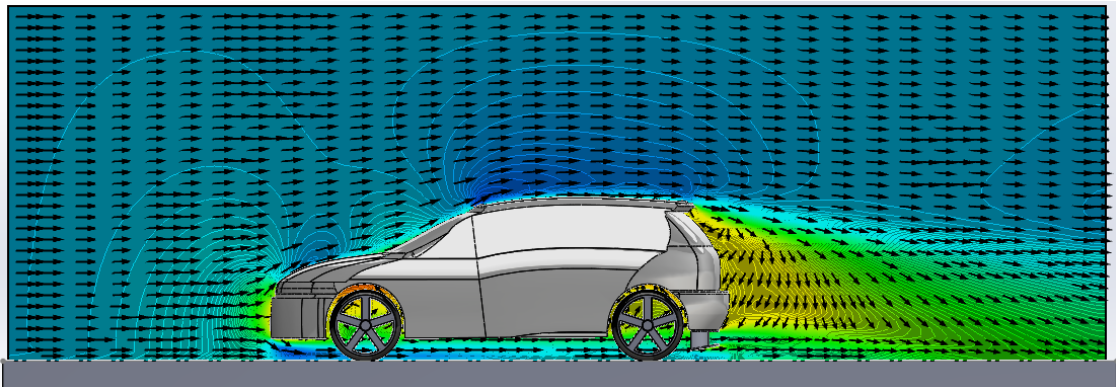


Figura 91: Diagrama de velocitats del model del difusor 3

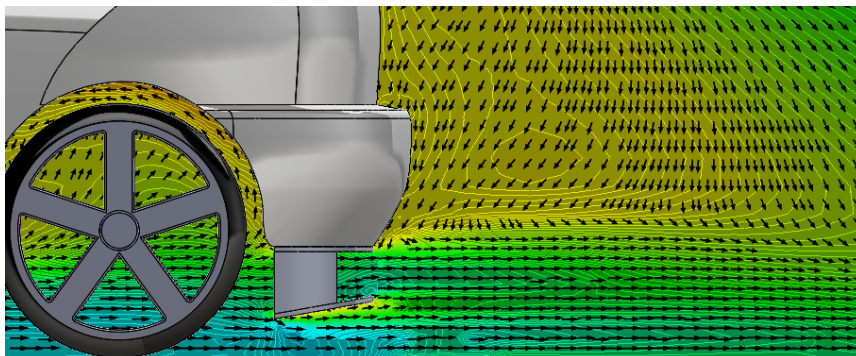


Figura 92: Ampliació de la figura 91

En las dues últimes captures del diagrama de velocitats del tercer difusor, es pot observar una diferència respecte als dos últims estudis realitzats. És pot observar com la tonalitat del diagrama a la sortida del difusor varia significativament respecte els dos anteriors, si a la vegada s'analitzen els càlculs realitzats anteriorment s'observa com tot i que no hi ha una gran diferència en el coeficient lift si que es troba una variació significativa en el coeficient drag, així doncs podem comprovar d'aquesta manera en el diagrama com es veu afectat aquest coeficient de tal manera que s'arriba a representar gràficament.

A continuació es comentarà una imatge encara més propera al difusor per tal d'observar tot tipus de detall dels resultats. A més es podrà observar el desplaçament del fluid per l'interior del difusor degut a l'ús de l'eina "Vista de secció".

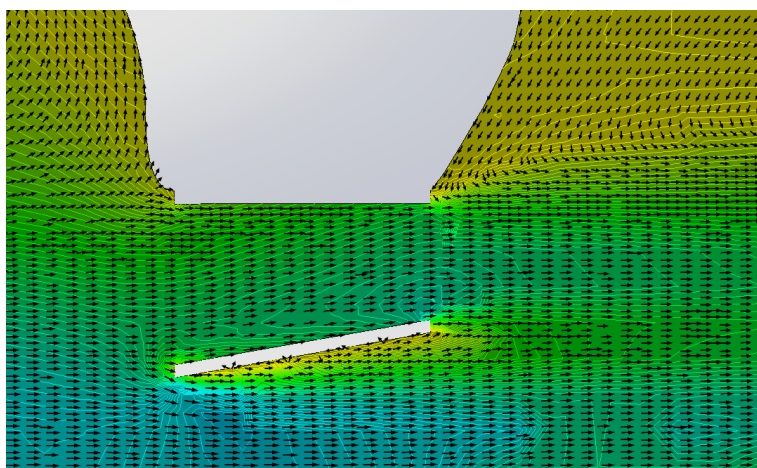


Figura 93: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 3

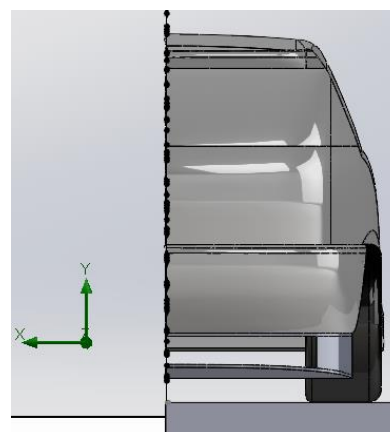


Figura 94: Pla on s'ha realitzat la vista de secció

Apreciant el diagrama es pot comentar com en aquest cas hi ha una entrada de l'aire a la peça molt més fluid que en els anteriors casos. En aquest cas pràcticament no s'observen xocs bruscs a l'entrada de l'aire cosa que com s'ha comentat anteriorment afavoreix a la millora del coeficient drag.

Per altre banda s'aprecia per la part inferior del difusor com quan entra en contacte amb la superfície el fluid es desplaça en direcció ascendent afavorint així la força que realitza l'aire contra el cotxe per mantenir enganxat el cotxe a terra. Una vegada surt l'aire del difusor si que és veritat que la influència de l'aire extern afecta en gran part el desplaçament del dels vectors, és per això que no es veu el desplaçament ascendent fora del difusor.

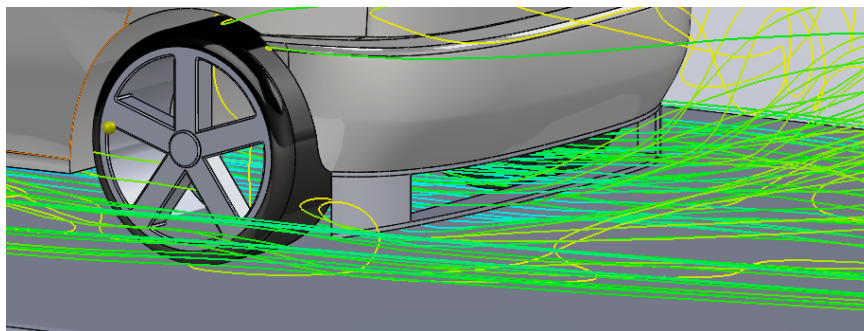


Figura 95: Trajectòria de partícules del model del difusor 3

En aquest cas al tractar-se d'un dels dissenys més oberts i a la vegada amb un angle, podem veure com afavoreix l'entrada de l'aire al difusor. D'aquesta manera s'observa com hi ha una gran corrent del fluid per l'espai que hi ha al mig de la peça.

#### 7.4.4. Difusor nº 4

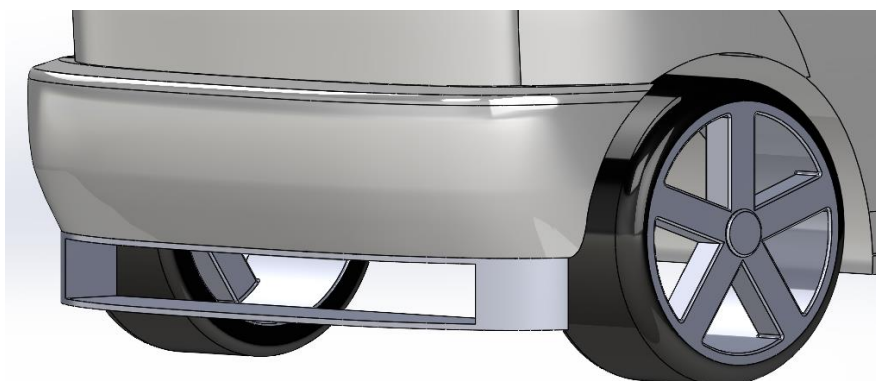


Figura 96: Disseny del quart difusor

Per finalitzar l'apartat d'estudi dels difusors s'ha realitzat un modelatge més bàsic. El disseny de la peça es basa en dos superfícies horitzontal separades per un forat. D'aquesta manera es pot observar com l'entrada i la sortida del fluid són de les mateixes dimensions, així doncs es podrà observar si és millor o pitjor de cara al desplaçament del fluid.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 84,3613 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 18,2642 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 222 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 84,3613 N

**Àrea frontal total:** 0,3437 m<sup>2</sup>

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{84,3613}{0,5 \cdot 0,3437 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_d = 0,3732$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 18,2642 N

**Àrea transversal total:** 1,0858 m<sup>2</sup>

$$C_l = \frac{F_l}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{18,2642}{0,5 \cdot 1,0858 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$C_l = 0,02557$$

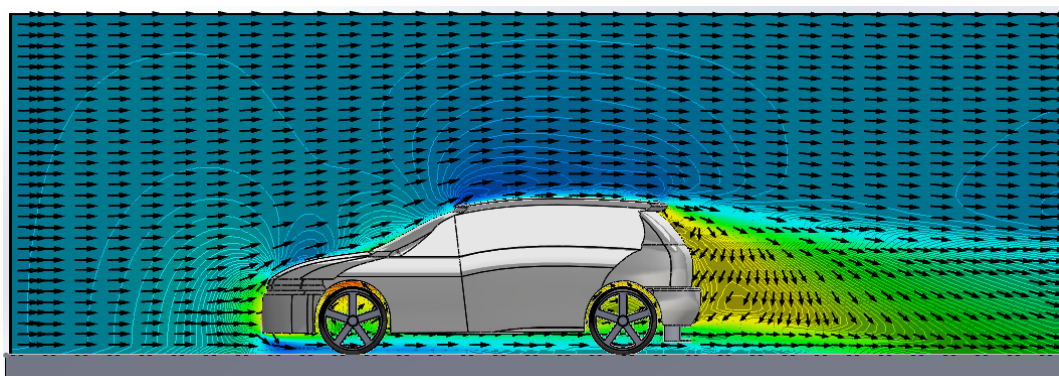


Figura 97: Diagrama de velocitats del model del difusor 4

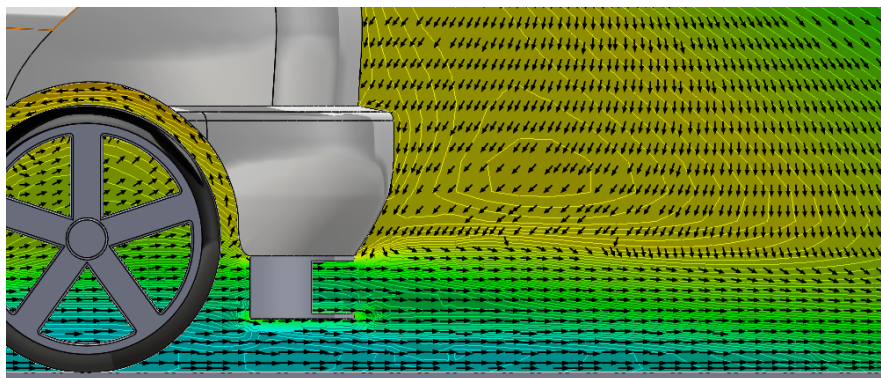


Figura 98: Ampliació figura 97

A continuació es comentarà els resultats obtinguts del diagrama de velocitats, en aquest cas es comentaran les dues imatges extrems del mateix diagrama però amb un zoom realitzat en la segona per tal de poder observar les característiques del moviment del fluid més detalladament.

La primera imatge mostra el diagrama general realitzat per l'estudi, per tenir una idea general de com influeix el desplaçament del fluid en tot el cotxe. En la segona s'ha realitzat un zoom a la part posterior per poder observar més de prop el resultat a la zona del difusor. En aquest cas s'observa una entrada d'aire a la peça de manera suau sense xoc bruscs amb la peça, cosa que facilita la obtenció d'un bon resultat de la força drag, per altre banda podem veure una variació a la sortida d'aire del fluid, tot i no rebre una desviació de la direcció del fluid ja que en aquest cas el disseny del difusor era paral·lel al pla del terra, s'aprecia una variació en el color el diagrama de colors del fluid. Així doncs es pot concloure en que s'ha obtingut el resultat esperat en lo general.

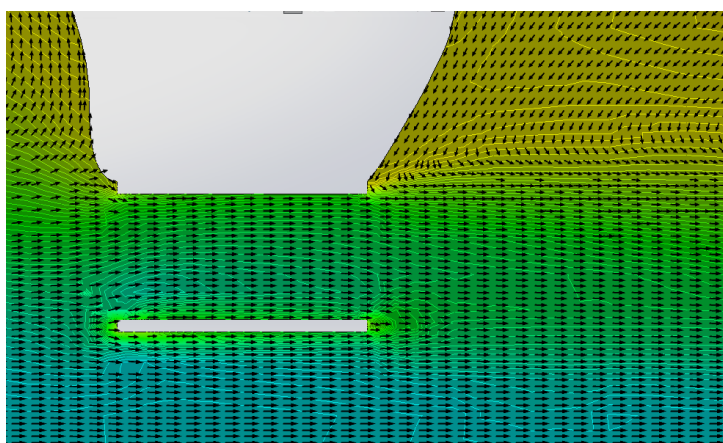


Figura 99: Diagrama de velocitats ampliat amb visió del difusor 4

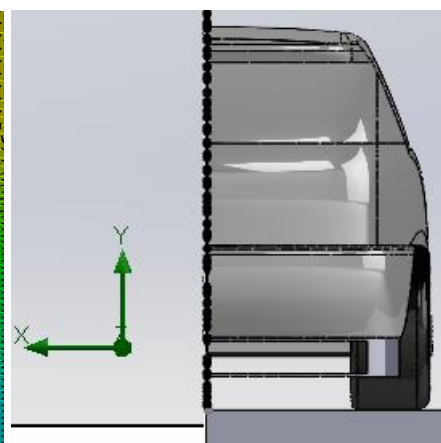


Figura 100: Pla on s'ha generat el diagrama de velocitats i la vista de secció

La imatge anterior s'ha generat mitjançant un tall en el mateix pla del diagrama de velocitats, d'aquesta manera es pot observar el pas del fluid per l'interior de la peça. Observant el desplaçament del fluid no s'aprecia cap tipus de turbulència realitzada pel xoc amb el difusor, cosa que ens interessa ja que es busca un desplaçament contrari al moviment. El color que més ressalta al voltant de la superfície inferior del aleró es deu al desprendiment generat per la capa límit al entrar en contacte superfície amb fluid. De la mateixa manera que en les dues imatges primeres d'aquest estudi, es pot apreciar com el to més verdós que hi havia a la sortida del difusor també està present a l'interior d'aquest.

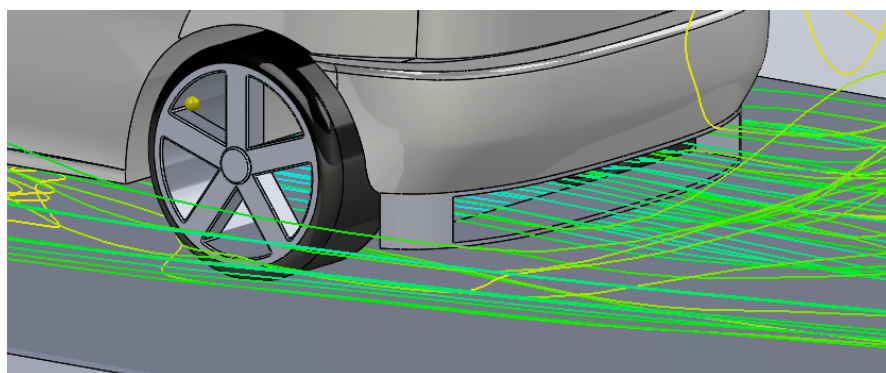


Figura 101: Trajectòria de partícules del model del difusor 4

De la mateixa manera que en el cas anterior s'aprecia com hi ha un gran flux de l'aire per l'interior d'aquest, amb la diferència que al estar dissenyat amb cap angle (el difusor és pla en l'eix horitzontal), no s'obté un impacte amb les superfícies del difusor i no es genera tanta força.

## 7.5. Estudi del les aletes laterals

Abans de començar amb el comentari dels resultats extrets en aquest apartat, es vol donar a conèixer que degut a la senzilles d'aquestes peces i a la poca variació que es pot realitzar en el disseny només s'ha realitzat un únic disseny el qual conté dues aletes laterals (una per cada costat del cotxe).

De la mateixa manera també s'ha de comentar que en aquest apartat degut a que la peça està en un punt molt precís del cotxe i que aquesta no travessa tot el cotxe es veuran diagrames realitzats en altres plans per poder aportar més informació respecte els resultats que s'han obtingut.



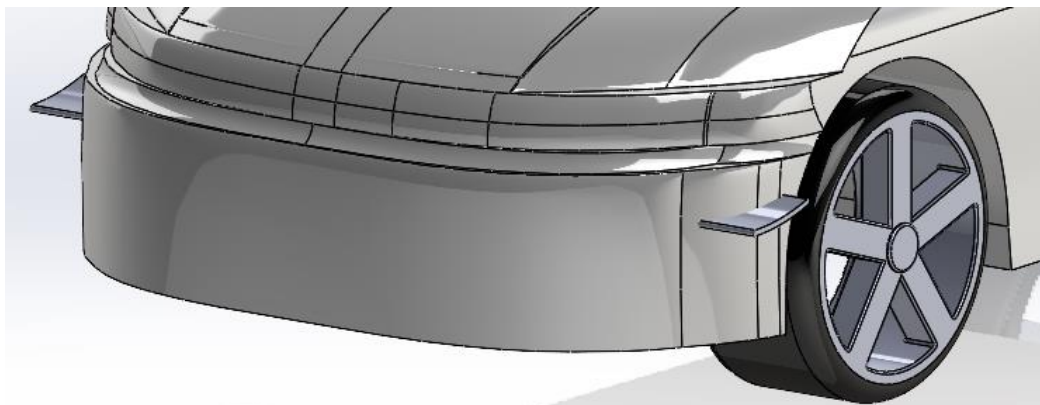


Figura 102: Disseny de les aletes laterals

Com s'aprecia en la imatge anterior el disseny d'aquestes aletes és molt senzill respecte altres peces realitzades durant el treball. Es tracte de dos models, un per cada banda que s'han dissenyat sense cap tipus de diferència entre ells, l'única es que l'acoblament al cotxe va a bandes contraries per això a l'hora de realitzar el disseny s'han creat dues peces per separat. Son peces poc voluminoses, aquestes estan dissenyades de tal manera que s'adaptin al cotxe a la perfecció. Tenen una forma ascendent per la part posterior per buscar l'impacte del fluid contra la superfície i així obtenir una força en direcció al terra. Per acabar s'han arrodonit la part davantera i posterior de la peça per millorar el contacte inicial i final del fluid amb la superfície.

Primer de tot es comentaran els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 82,6025 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 15,5513 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 218 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic Cd. Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{aire}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 82,6025 N

**Àrea frontal total:** 0,3423 m<sup>2</sup>

$$Cd = \frac{Fd}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{82,6025}{0,5 \cdot 0,3423 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$Cd = 0,3669$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{\text{aire}}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,  $\hat{3}$  m/s

**Força lift:** 15,5513 N

**Àrea transversal total:** 1,0916 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{15,5513}{0,5 \cdot 1,0916 \cdot 1,184 \cdot 33, \hat{3}^2}$$

$$Cl = 0,02166$$

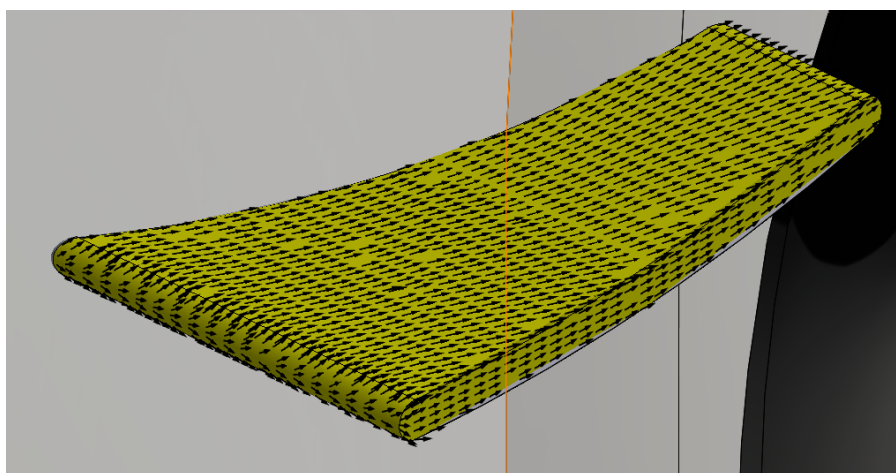


Figura 103: Desplaçament del fluid aplicat a la superfície de les aletes

En aquesta primera imatge es pot apreciar com es desplaça el fluid per la superfície de l'aleta, així doncs es pot comprovar que vagi en el sentit desitjat i que no tingui problemes de turbulència. En aquest cas es pot veure com el primer contacte del fluid amb la superfície està afavorit per l'arrodoniment realitzat a la peça. S'observa com els vectors del fluid van cap a la part superior de l'aleta però a la vegada es desplacen cap a la part exterior del cotxe, això es deu a que al estar tant proper al cotxe, el contacte del fluid amb el costat del cotxe fa que l'aire es desplaci en direcció contrària al cap. Per lo tant es conclou que a les dues aletes laterals obtindrem un desplaçament del fluid ascendent i cap a fora de la superfície del Golf.

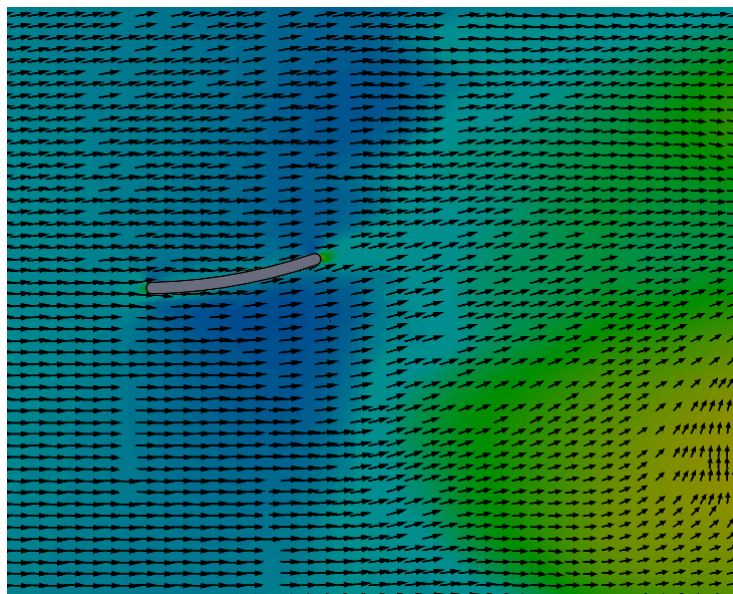


Figura 104: Diagrama de velocitats del model de les aletes laterals

Per acabar amb els comentaris de les aletes laterals s'ha obtingut el diagrama mostrat a la part superior, en aquest diagrama succeeix el mateix problema que en algun dels difusors (la zona verda de la part dreta del diagrama esta influenciada pel moviment del fluid generat amb el contacte amb la superfície lateral del cotxe) amb lo que volem dir que no es tracte d'un resultat de l'aleta.

En aquest cas en el diagrama es pot apreciar com hi ha un desplaçament ascendent un cop el fluid entra en contacte amb la superfície de l'aleta. A la vegada no s'observa cap tipus de turbulència en el model degut a les entrades generades ja que no s'observa cap impacte perpendicular a la superfície. Això es deu a com s'ha comentat abans l'arrodoniment de les peces a l'entrada i sortida de l'aire.

## 7.6. Estudi final

En aquest apartat es realitzarà un estudi del model del Volkswagen Golf Mk6. En aquesta simulació es podrà veure com s'ha assemblet un disseny de cada tipus de peces diferents. Aquests dissenys s'han seleccionat a partir d'obtenir una sèrie de resultats i comparant-los entre ells.

Així doncs en aquest estudi es podran veure muntades les peces amb millors resultats, d'on s'obtidran una sèrie de diagrames i resultats d'aquest estudi que es podran comparar amb el model de sèrie per tal d'observar si s'han complert els objectius del treball.

Es procedeix a introduir un seguit d'imatges amb els dissenys finals ja assemblets en el model, així quedarà el kit d'aerodinàmica una vegada s'hagi instal·lat al cotxe.

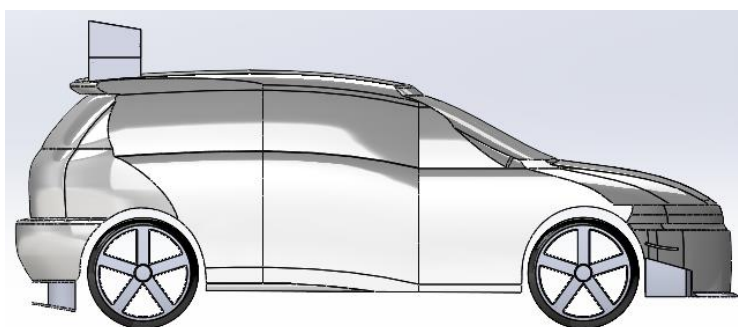


Figura 105: Vista lateral del disseny final del cotxe

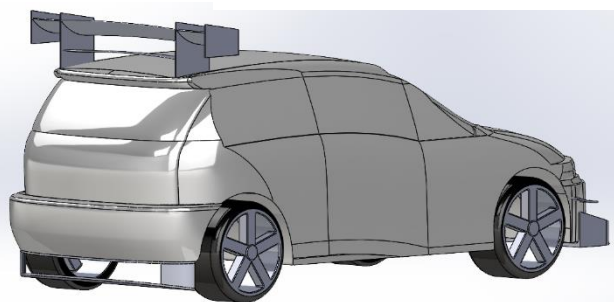


Figura 106: Vista posterior del disseny final del cotxe

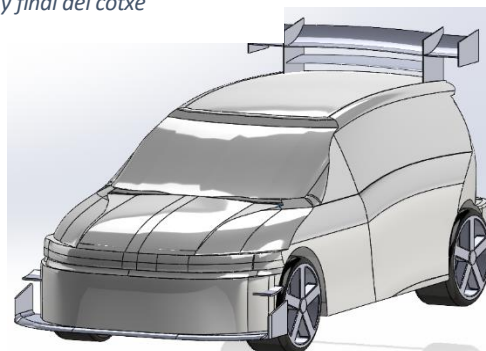


Figura 107: Vista davantera del disseny final del cotxe

De la mateixa manera que en els resultats anteriorment comentats el primer que es farà serà comentar els resultats de les forces obtingudes i els seus càlculs pertinents. La força drag o força de resistència en aquest model és de 125,2322 N, mentre que la força lift o força de sustentació és de 23,5967 N. Comentar que en els resultats obtinguts a l'estudi, la força ens surt en negatiu. Com s'ha explicat anteriorment això és degut a que la força va en contra de la direcció del moviment del cotxe. Aquestes dades extretes de l'estudi dels fluids han necessitat 237 iteracions per tal que els resultats convergissin.

Una vegada obtinguts els resultats de les dues forces es passa a realitzar el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_d$ . Observant les equacions 4 i 5 es necessiten les següents dades per tal de realitzar el càlcul dels coeficients. La densitat de l'aire extreta de les taules de propietats de l'aire a 25°C i 1 atm, l'àrea frontal total (que és l'àrea frontal del cotxe més la de l'aleró si sobresurt de les dimensions del cotxe), la força obtinguda en l'estudi del model i per acabar la velocitat que li hem donat a l'aire a l'estudi.

**$\rho_{\text{aire}}$ :** 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força drag:** 125,2322 N

**Àrea frontal total:** 0,3887 m<sup>2</sup>

$$C_d = \frac{F_d}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{125,2322}{0,5 \cdot 0,3887 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cd = 0,4898$$

Ara es realitzarà el càlcul del coeficient aerodinàmic  $C_l$ , observant les equacions 4 i 5 es necessitaran les mateixes dades que en el càlcul anterior. Les úniques dades que variaran seran la força (ara s'utilitzarà la  $F_l$ ) i l'àrea total que no serà la frontal sinó que serà la transversal (vist el cotxe des de dalt).

$\rho_{aire}$ : 1,184 kg/m<sup>3</sup>

**Velocitat:** 120 km/h = 33,3 m/s

**Força lift:** 23,5967 N

**Àrea transversal total:** 1,1286 m<sup>2</sup>

$$Cl = \frac{Fl}{0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot V^2} = \frac{23,5967}{0,5 \cdot 1,1286 \cdot 1,184 \cdot 33,3^2}$$

$$Cl = 0,03179$$

Considerant aquests càlculs es confirma la teoria sobre el disseny de les peces realitzats. Comparant els càlculs de l'estudi final amb els càlculs realitzats al model Volkswagen Golf Mk6 de sèrie, es pot confirmar que com es desitjava ha augmentat la força lift i per lo tant el coeficient lift del cotxe. De tal manera es conclou que al tenir l'augment d'aquesta dada, el cotxe tindrà més fregament amb el terra a l'hora d'entrar ràpid a les corbes i per lo tant li serà més difícil derrapar. Així doncs s'ha obtingut la resposta desitjada per part de les peces dissenyades.

S'ha de comentar també que en el disseny al voler guanyar força lift ha afectat al coeficient drag del cotxe. Aquest s'ha vist augmentat de tal manera que afectarà a les velocitats puntes del vehicle. Donat que el que es pretenia era millorar la velocitat en el pas de corba i sent conscients de que no s'està realitzant un modelatge d'unes peces per cotxes d'alta velocitat com podrien ser els casos de formula 1, donem per bo l'augment del coeficient drag. La raó apart de no tractar-se d'un cotxe d'alta velocitat que busca la màxima velocitat punta és que, al tractar-se d'un automòbil de carrer on a Espanya la velocitat màxima permesa és de 120 km/h per autopista i tenint en compte que el motor del Volkswagen Golf Mk6 en la versió GTI té una potència de 210 CV, es pot assumir l'augment del coeficient drag sense tenir massa influència en la velocitat del cotxe.

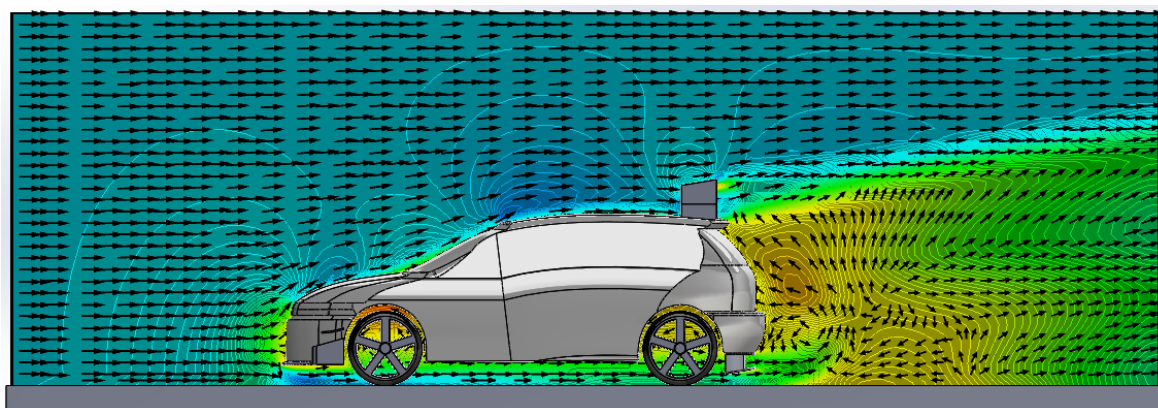


Figura 108: Diagrama de velocitats del model final del cotxe

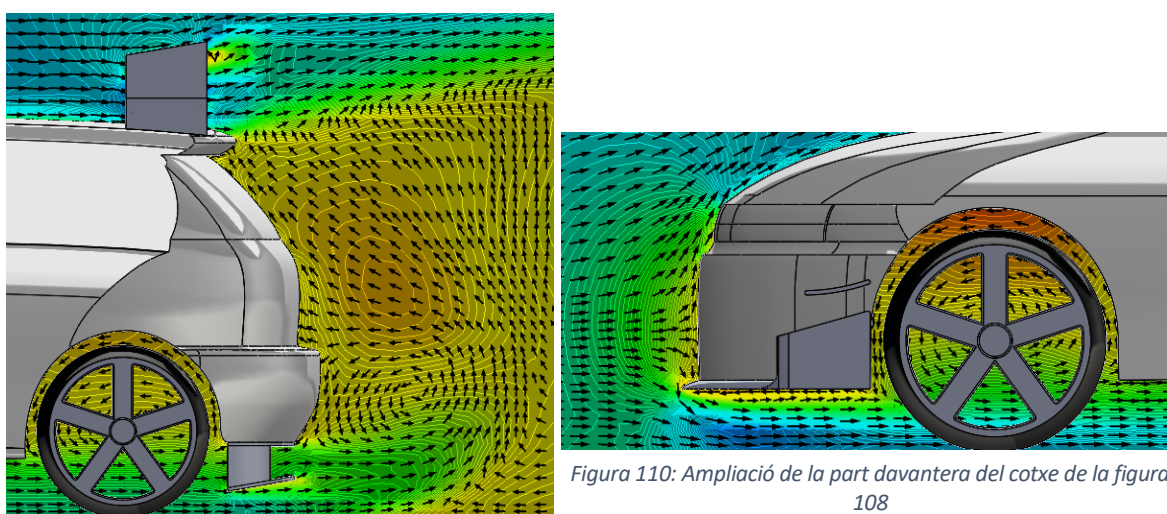


Figura 109: Ampliació de la part posterior del cotxe de la figura 108

Figura 110: Ampliació de la part davantera del cotxe de la figura 108

A les imatges superiors s'aprecien els resultats obtinguts del diagrama de velocitats finals, degut a que el diagrama es realitza en el pla que creua per la meitat del cotxe només es poden obtenir els resultats del difusor, splitter i aleró. No es poden observar els resultats de les aletes ni de la part exterior del splitter. En aquest estudi però s'aprecia com ha sigut el resultat final de la unió de totes les peces a un

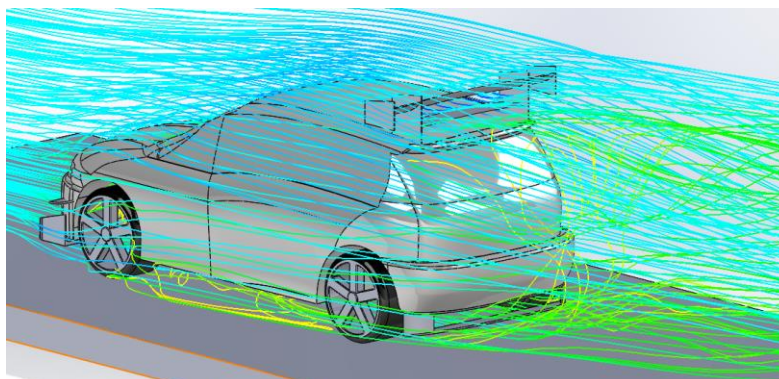


Figura 111: Vista general de la trajectòria de partícules del model final

sol model. Així doncs es pot veure com a la part posterior hi ha una sèrie de punts on es crea turbulència degut a la unió de dos corrents de fluid com son el provinent de l'aleró i l'altre del difusor.

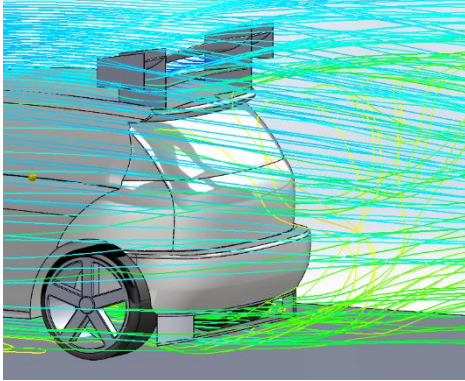


Figura 113: Vista posterior de la trajectòria de partícules del model final

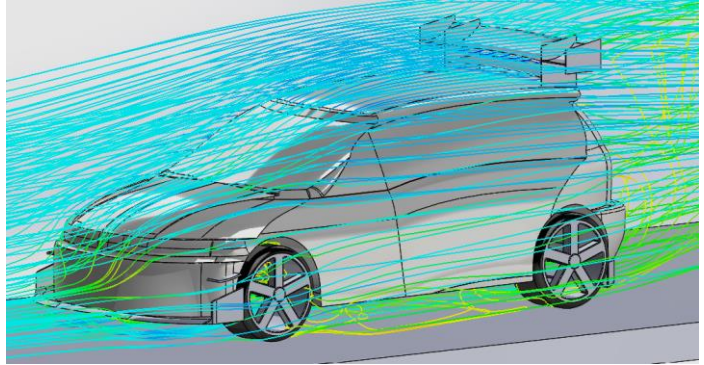


Figura 112: Vista davantera de la trajectòria de partícules del model final

En les tres imatges anteriors s'han capturat les entrades i sortides de l'aire de les peces acoblades al model, les línies traçades a les imatges mostren el moviment que realitza el fluid al voltant del model. Per tal de realitzar el desplaçament de les partícules i que es vegi el resultat s'ha creat aquest estudi amb 300 línies que es desplacen al voltant del cotxe. No s'ha augmentat aquest valor per tal de poder observar el cotxe a través de les línies. Si augmentem el nombre de partícules es crea una capa espessa de línies que no deixa observar de forma correcte el resultat.

Com s'observa les zones que no son de color blau son aquelles on hi ha una variació en la velocitat del fluid, si ens fixem més precisament son aquelles zones com el xoc inicial amb el frontal del cotxe, la part del fluid que passa per sota el cotxe o la part posterior on es creen zones de turbulència. De la mateixa manera es confirma com el desplaçament del fluid és ascendent, per lo que es conclou amb que el funcionament de les peces son acceptables.

## 8. Normativa d'homologació

Quan un cotxe vol muntar qualsevol tipus d'accessori s'ha de tenir en compte que tots aquests que influeixen en la carrosseria del cotxe han de ser homologats, ja siguin alerons, difusors, aletes, ... Això és degut a que han de complir unes normes i requisits imposats pel govern de cada país.

En el cas d'Espanya per poder homologar accessoris han de complir els següents punts:

- No pot tenir arestes tallats ni sortints
- No pot ser metàl·lic, ni contenir components metàl·lics
- No ha de sobresortir de les cotes màximes del vehicle en amplada
- No pot impedir la correcta visió de la tercera llum de freu (en el cas dels alerons)

El muntatge de qualsevol accessori implica una modificació de les característiques exteriors del cotxe. En el BOE-A-2010-11154 (veure Annex 1) s'explica que això és una reforma del cotxe, així doncs podem dir que seguint les normes establertes pel Real Decret 866/2010 del 2 de juliol qualsevol reforma del cotxe ha d'estar homologada.

Per homologar els accessoris el propietari ha d'obtenir els següents papers:

- Un projecte tècnic amb un certificat final de l'obra
- Un informe de conformitat emès pel servei tècnic o pel fabricant del vehicle
- Un certificat del taller que va realitzar la modificació

El taller haurà d'estar inscrit al registre oficial de tallers de reparació de vehicles per poder obtenir un certificat vàlid.

Per acabar un cop obtinguts tots els documents necessaris el titular del cotxe s'haurà de presentar en un termini de 15 dies a la ITV (Inspecció Tècnica de Vehicles), avaluant així que el cotxe té tota la documentació necessària i es comprovarà que els elements no puguin causar cap tipus de risc ja sigui per la seguretat de les persones que van al vehicle o que estan a la mateixa via i per la integritat del vehicle.



## 9. Mètode de muntatge de les peces

Un cop s'ha arribat a la conclusió de quins models beneficien més les característiques que es busca millorar del cotxe el següent repte consisteix en esbrinar com instal·lar les peces per tal que siguin segures i es puguin comercialitzar al mercat actual.

### - Muntatge de l'aleró

Aquest és l'accessori més important que s'afegeix al cotxe, ja que es tracte d'una peça que crea una gran millora en l'aerodinàmica del cotxe i a la vegada és una de les peces que necessita un muntatge més precís. Això és degut a que l'aleró té unes grans dimensions (conseqüentment tindrà un gran pes amb comparació a les altres peces), està posicionat a una de les parts més altes del cotxe, pel que rebrà una gran força en contra creada per l'aire. És per això que per muntar l'aleró ha d'estar agafat a una superfície amb una certa força (que no sigui a una xapa senzilla que no aguanti gaire força i es dobli a la primera de canvi).

Investigant diferents tipus d'alerons que ja estan a la venda s'ha pogut observar que hi ha molts estils de subjecció d'alerons, observant la geometria del disseny d'aquest projecte s'ha arribat a la següent conclusió:

L'aleró anirà subjectat a la part de xapa que es troba a sobre del vidre de darrera. Aquesta part es mou amb la porta del maleter del cotxe, pel que aquest no impedirà la obertura del maleter (ja que alguns models tenen doble subjecció una a la part del maleter i una al sostre del cotxe, impeding així el moviment d'aquest).



Figura 114: Imatge de la part posterior del Volkswagen Golf

Per desmuntar aquesta peça per prosseguir amb la instal·lació s'ha d'obrir el maleter i treure tota la tapisseria del cotxe per tal de deixar tots els cargols i cables a la vista. Aquesta tapisseria es treu mitjançant una sèrie de grapes de plàstic que van amb força, només fa falta l'ajuda d'una palanca o tornavís per extreure-ho.

Un cop treu la tapisseria s'observa a la part superior que hi ha una sèrie de cables i cargols, per poder desmuntar la peça que volem hem de desconnectar tots els cables que uneixen la peça amb el maleter i a la vegada treure tots els cargols que l'agafen. Al treure tot això ja no hi ha cap mena d'impediment per extreure la peça. Potser que s'hagi de fer bastanta força vertical per extreure del cotxe ja que aquesta placa va agafada amb uns clips que els fabricants posen a l'hora de muntatge apart de posar els cargols i cables per acabar de segellar i donar-li força al conjunt.

Al extreure la placa de xapa del cotxe es pot veure com no es tracta només d'una xapa fina i sense cap tipus de força sinó que aquesta té un exoesquelet de plàstic per l'interior que fa que tingui força la peça, és per això que es pot confiar en aquesta superfície per agafar l'aleró, ja que aquesta tindrà una bona superfície de contacte i a la vegada tindrà força per aguantar qualsevol força que pugui aplicar el vent sobre l'aleró



Figura 115: Peça a desmuntar per tal de muntar l'aleró (Font: [23])

Un cop està tot desmuntat s'ha de mirar de centrar l'aleró amb la peça i marcar les posicions on aniran les subjeccions (vigilar de marcar la posició amb algun tipus de retolador que es pugui esborrar fàcilment i no quedi marca), un cop obtingut el punt de muntatge s'ha de prosseguir a perforar la peça amb un trepant i així podrem collar amb força l'aleró.

Les potes de l'aleró que van collades al cotxe disposen de uns forats amb rosca ja creada (no són passants), pel que un cop fets els forats a la carrosseria només faltirà col·locar i prémer fort els cargols

de les dues potes fins notar que està agafat amb força a la placa. Si es precis per evitar el pas de qualsevol tipus de fluid entre l'aleró i la carrosseria es pot aplicar adhesiu per segellar la zona.

Per acabar el procediment de muntatge de l'aleró només quedarà posar un altre cop tota la placa amb l'aleró ja muntat a la carrosseria, prémer els cargols que subjecten les peces al cotxe i connectar un altre vegada cada cable amb el seu connector corresponent. Per finalitzar abans de posar la tapisseria (que seria el pas final), comprovar que tots els cables que s'han connectat funcionin com per exemple el del llum de freno (arrancar el cotxe i mirar que faci la seva funció).

### - Muntatge del splitter

La majoria de splitters del mercat son peces que normalment s'adapten al para-xocs davanter mitjançant cargols o clips de plàstic. En aquest projecte el nostre splitter apart de tenir una forma diferent que el para-xocs davanter té un disseny més llarg que fa que el morro del cotxe vagi més a prop del terra creant així un menor pas de l'aire per sota del cotxe, pel que fa complicat la instal·lació mitjançant clips o cargols. És per això que s'ha decidit crear una sola peça que conforma el para-xocs amb el splitter. Així doncs pel muntatge d'aquesta peça s'haurà de desmuntar tot el para-xocs davanter del cotxe i canviar-lo pel nou disseny.



Figura 116: Para-xocs davanter Volkswagen Golf (Font: [24])

Per desmuntar el para-xocs del davant s'ha de treure tots els cargols que uneixen el para-xocs amb el frontal del cotxe, s'ha de desconectar tots els cables que van als llums antiofensa i mirar que no hi hagi algun altre cable o connexió extra. Un cop desmuntat s'haurà de retirar totes les peces de plàstic negre mate (reixetes davanteres, llums,...) i instal·lar-les al nou disseny subministrat. Per acabar amb la instal·lació s'haurà de tornar a collar tots els cargols, clips i grapes extrets a l'inici del procés i comprovar

que s'han connectat tots els cables de les llums encenent el cotxe i posant la posició correcta per encendre'ls.

### - Muntatge de les aletes laterals

El Volkswagen Golf mk6 amb la carrosseria de sèrie no porta cap tipus d'aletes al lateral del cotxe. Als dos laterals només trobem el pas de roda i cap altre impediment de muntatge. Per tal de facilitar i evitar fer qualsevol tipus de forat als dos laterals, al tractar-se d'una peça molt petita i de poc pes que té poca superfície de contacte amb l'aire. El muntatge d'aquestes aletes laterals serà mitjançant una cola de contacte d'alt rendiment especial per aquest tipus d'accessoris o ve un mitjançant una cinta adhesiva de doble cara tots dos recomanats de la marca 3M. Aquesta marca és molt coneguda pels seus adhesius i coles d'alta resistència.



Figura 117: Cinta doble cara 3M (Font: [25])

Per començar s'haurà de posicionar la peça al lateral del cotxe i es marcarà mitjançant algun tipus de retolador que es pugui esborrar a posteriori. Un cop s'ha trobat la posició correcta s'ha d'agafar la cola amb la qual s'enganxarà l'aleta i s'impregnarà tota la superfície de contacte amb el cotxe. Un cop tinguem tota la zona ben aplicada amb la cola es premsarà contra la xapa lateral i mitjançant cintes adhesives es deixarà assecar. Atenció s'ha de fer servir una cinta que faci prou força contra la carrosseria, però que després es pugui treure sense deixar cap tipus de marca.

## 10. Anàlisi de l'impacte ambiental

La aparició d'aquest punt en el treball es deu a l'interès que hi ha en ensenyar l'impacte ambiental que té el projecte, on es pot avaluar qualsevol tipus de consum energètic o emissió de gasos i residus.

Al realitzar qualsevol tipus d'estudi, treball o fabricació sempre s'ha de tenir en compte que cada procés té un impacte ambiental al voltant. Aquest impacte pot ser més o menys elevat depenent del projecte a realitzar. Si es tracte d'un estudi només es farà servei de l'energia o emissions per transport com a possible impacte ambiental com per exemple per utilitzar els ordinadors i altres aparells electrònics o el metro.

Per altre banda, si parlem d'un projecte en el qual intervé la fabricació de peces o maquinària no només s'ha de tenir en compte l'energia com a possible impacte ambiental, sinó que en aquest procés de fabricació per tal d'obtenir el producte final desitjat hi ha molts factors que poden alterar el medi ambient. Es poden especificar els següents punts per tal de realitzar un anàlisi de l'impacte ambiental en aquest projecte:

- Energia utilitzada
- Contaminants creats durant la fabricació

### Energia utilitzada

S'entén com energia utilitzada tota aquella energia necessària en el procés d'investigació, disseny i fabricació de la peça desitjada. És per això que en aquest apartat es contemplarà l'energia gastada en ordinadors, energia necessària per tal de crear els motllos amb els quals es fabricaran les peces i l'energia que utilitzen les màquines per tal de fabricar les peces (moviments de les màquines, injeccions, poliments, ...).

En el treball no es té en compte cap tipus d'emissió de CO<sub>2</sub> mitjançant el transport per realitzar tasques, ja que en aquest cas no ha sigut necessari cap mena de transport. Totes les reunions s'han dut a terme mitjançant l'eina Google Meet.

Així doncs basant-nos en els aspectes anteriors procedim a obtenir el consum energètic en cada un dels àmbits del projecte. Observant que l'ordinador amb el qual s'ha treballat és un MSI P65 Creator 8RE amb un consum energètic de 45W i 262 h de treball en ordinador obtenim el següent càlcul.

$$\text{Consum energètic} = 262 \text{ h} * 45 \text{ W} = 11790 \text{ Wh} = 11,78 \text{ kWh}$$

*Equació 6. Consum energètic*

S'ha pogut obtenir un valor aproximat del consum que té una màquina d'injecció de motllos per realitzar les peces del treball que està entre 2,9 i 3.1 kWh/kg. Per realitzar els càlculs s'agafarà un valor aproximat de 3 kWh/kg. Obtenint el volum mitjà de les peces a partir del SolidWorks i saben que l'escala del model és aproximadament 1/3 de la realitat obtenim un pes de 3,5 kg per peça realitzada. Una vegada obtingudes totes les dades necessàries procedim a fer el càlcul del consum d'energia.

$$\text{Consum energètic} = 3,5 \text{ kg} * 3000 \text{ Wh} = 10500 \text{ Wh} = 10,5 \text{ kWh}$$

*Equació 7. Consum energètic per peça*

Per completar el apartat de energia utilitzada es realitzarà un càlcul de les emissions derivades de les sumes dels consums energètics anteriors. Segons la CNMC ("Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia") les últimes dades publicades sobre la xarxa elèctrica espanyola son de l'any 2022 y tenen un valor de 0,259 kg CO<sub>2</sub>/kwh. Amb aquesta dada es pot obtenir les emissions de CO<sub>2</sub>.

$$\text{Emissions de CO}_2 = 22,28 \text{ kWh} * 0,259 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} = 5,77 \text{ kg CO}_2$$

*Equació 8. Emissions de CO<sub>2</sub>*

### **Contaminants creats durant la fabricació**

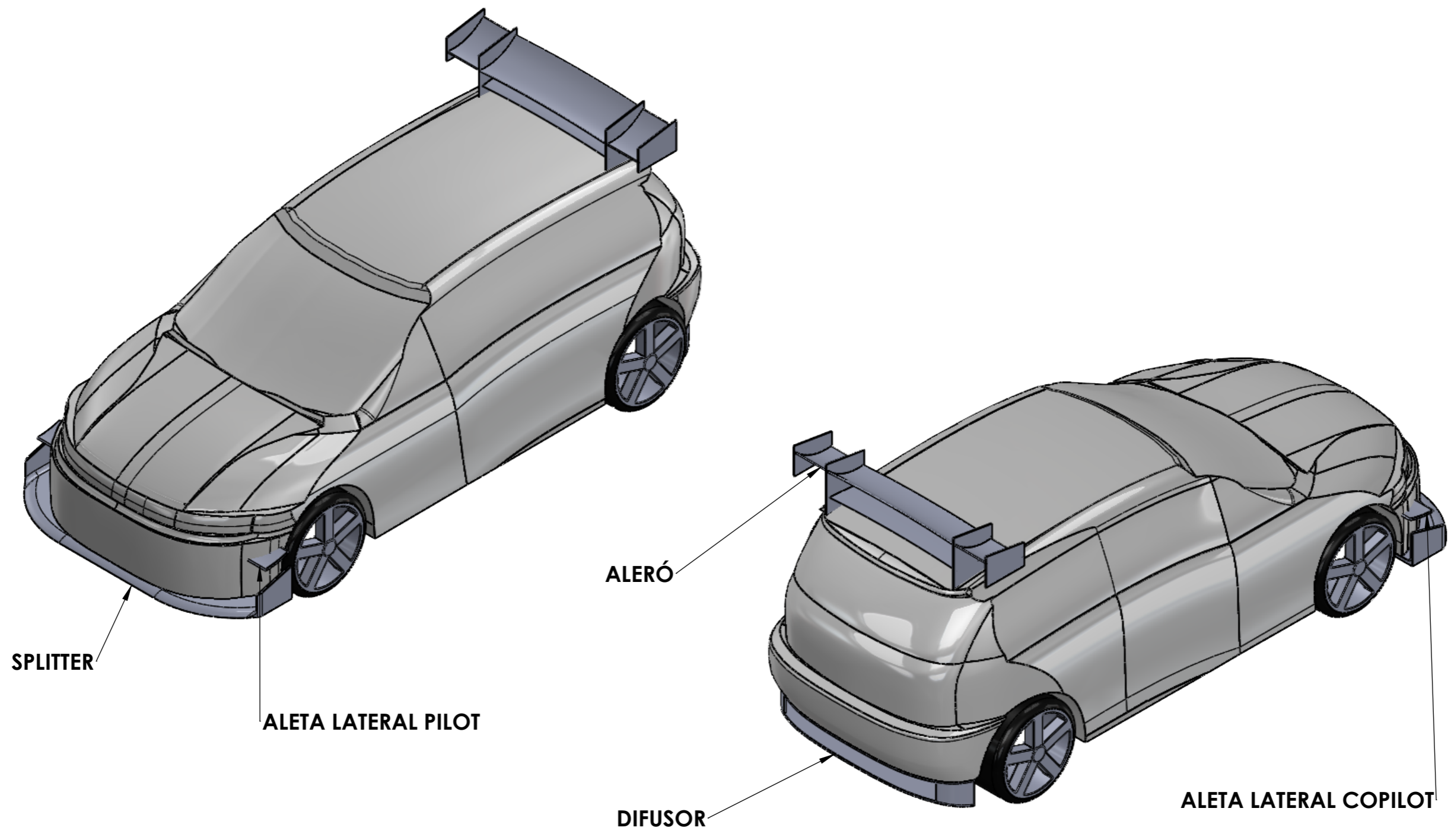
En aquest apartat es tindrà en compte qualsevol tipus de substància que es genera a l'hora de fabricar les peces. Durant el procés de fabricació es poden alliberar una sèrie de gasos ja siguin del producte o de les màquines utilitzades en el procés que tenen un gran impacte mediambiental. Això es deu a que es tracte d'una sèrie de contaminants perillosos y compostos orgànics que poden arribar a ser volàtils. Aquests contaminants poden tenir un impacte molt negatiu als treballadors i a les comunitats que hi ha al voltant del punt de fabricació si no es tracten amb molt de compte.


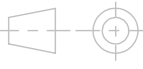
A més s'ha de tenir en compte que la fabricació d'aquestes peces genera una sèrie de residus sobrants en cada una de les peces, ja siguin restes en punts d'unió entre les diferents peces dels motllos, per l'eliminació de residus per donar un bon acabat a la peça, poliments finals, etc.

## 11. Plànols

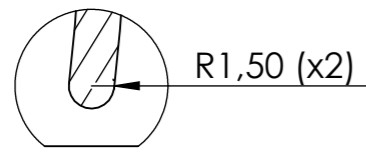
Llistat de plànols

- Plànol nº 1: Assemblatge general
- Plànol nº 2: Aleró
- Plànol nº 3: Splitter
- Plànol nº 4: Difusor
- Plànol nº 5: Aleta lateral costat del pilot
- Plànol nº 6: Aleta lateral costat del copilot

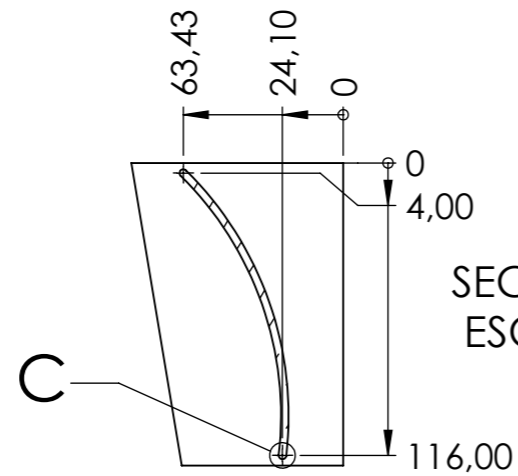


<b>ESTUDI I VALIDACIÓ DE MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6</b>		Peça:	Plànol n°:
		<b>Assemblatge general</b>	n° 1
Alumne: Marc Antonell Rebellón		Data d'entrega:	Quantitat:
		02/05/2023	1
 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</b> BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	Format:	Escala:	Projecció:
	DIN A3	1:10	

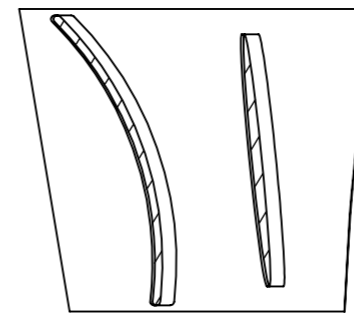




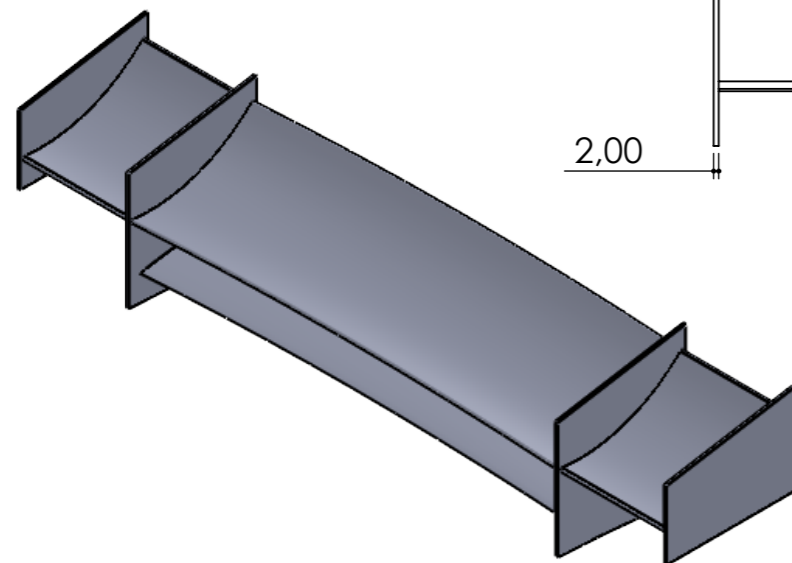
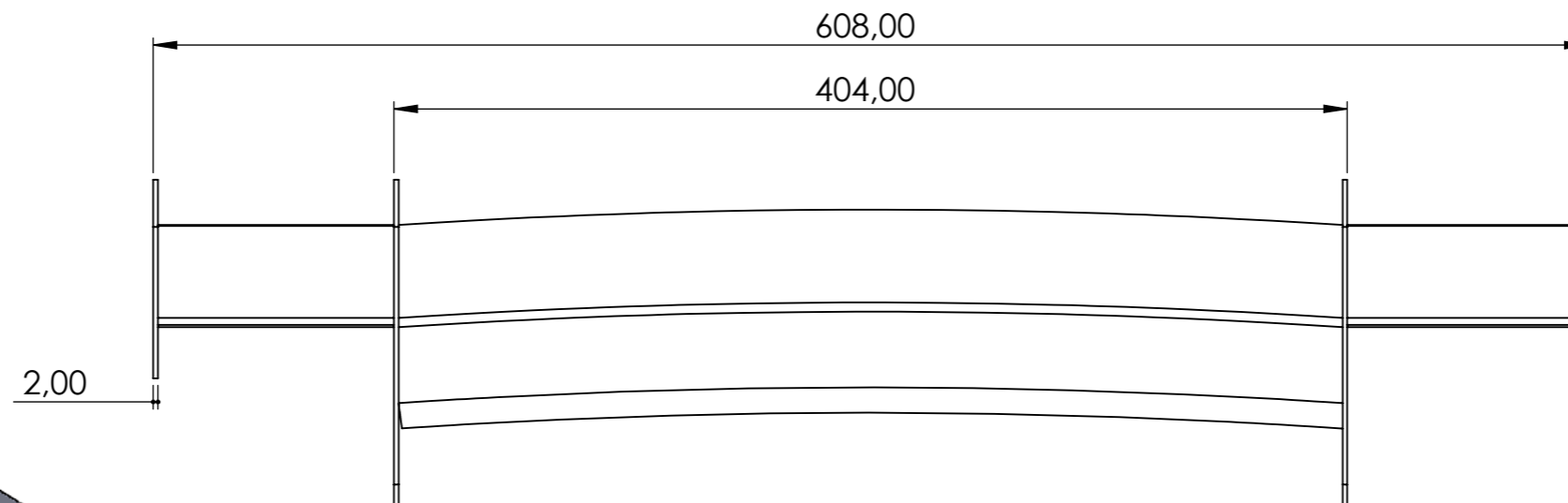
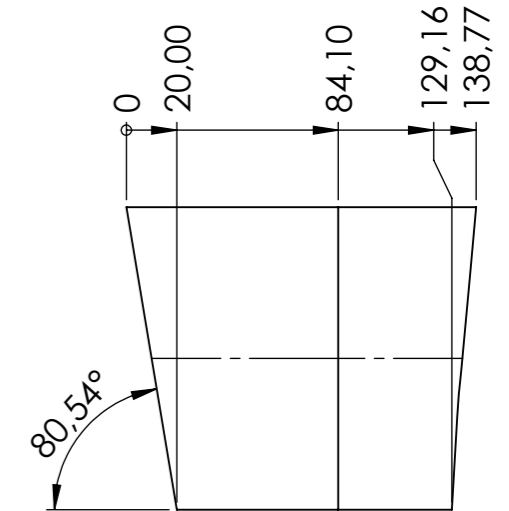
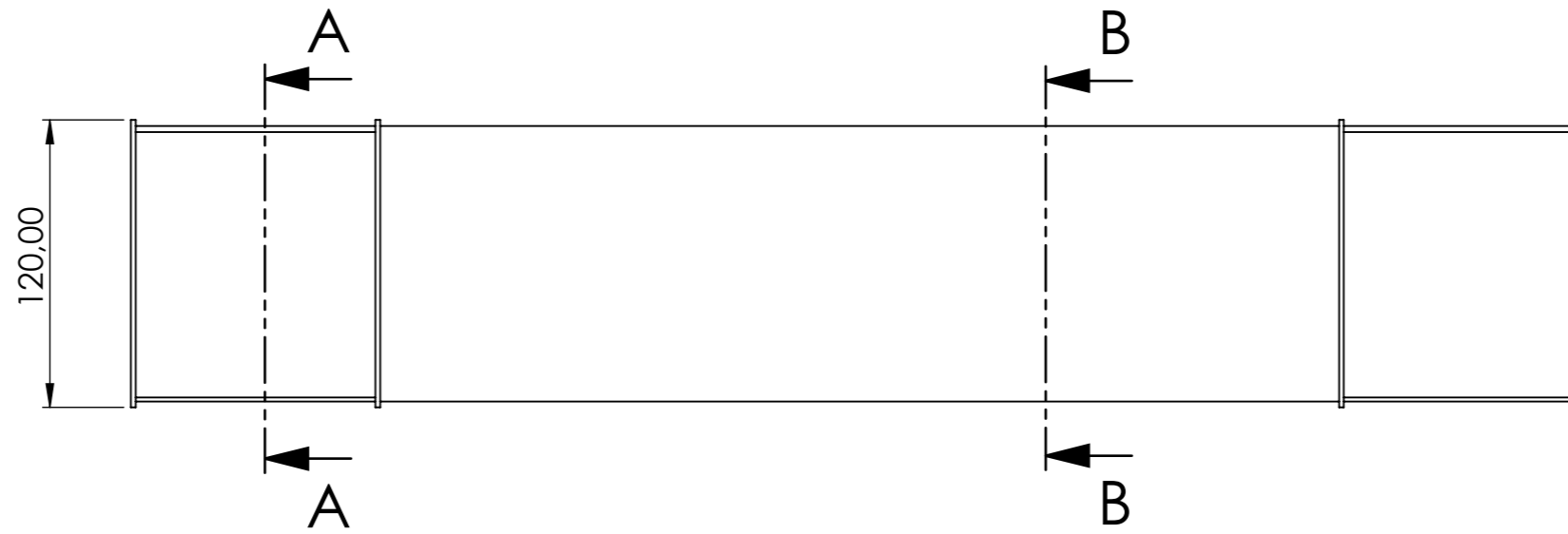
DETALLE C  
ESCALA 2 : 1



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 3



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 3



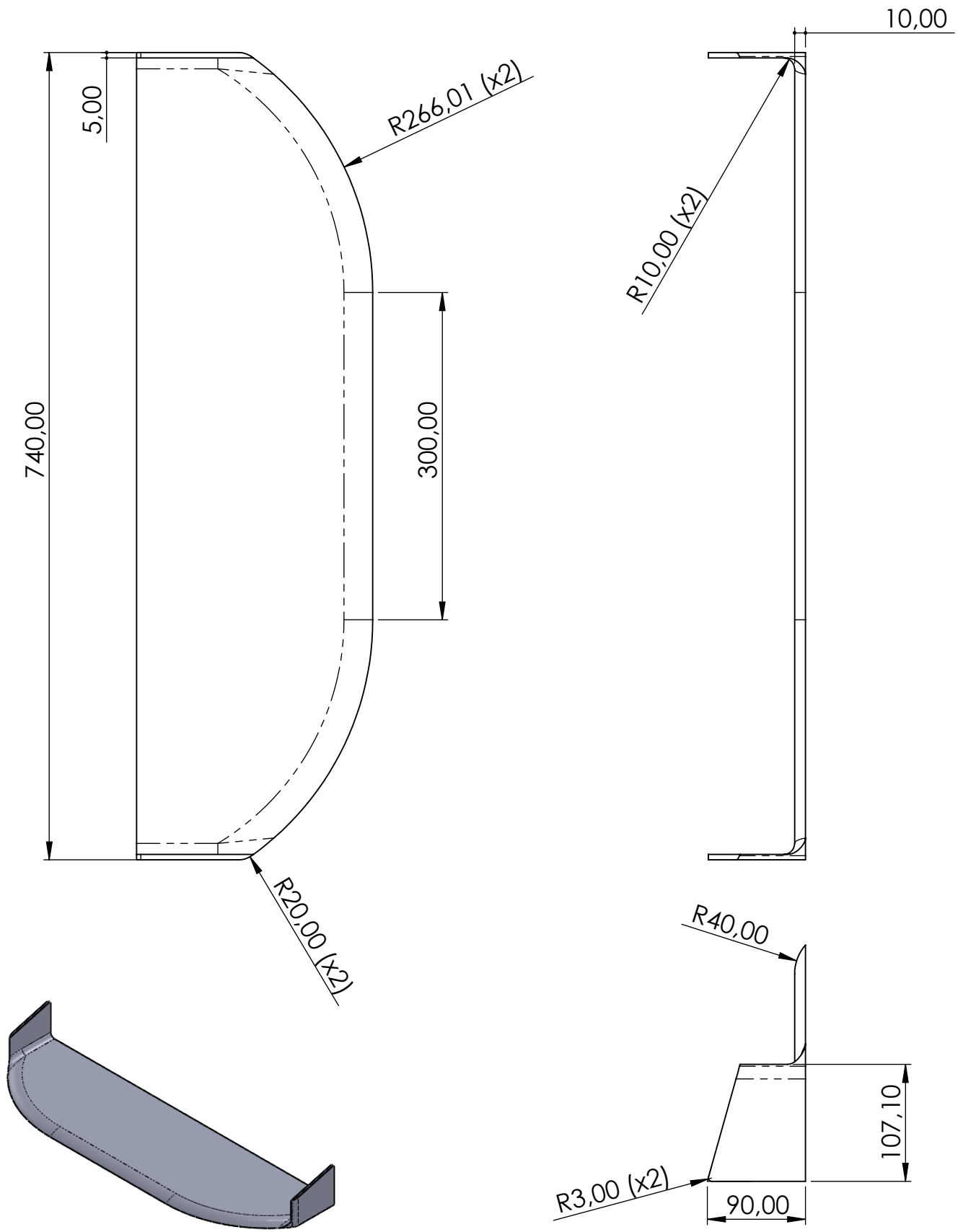
**ESTUDI I VALIDACIÓ DE  
MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA  
D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**

Alumne: Marc Antonell Rebellón



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Peça:	<b>Aleró</b>	Plànol n°:	n° 2
Data d'entrega:	02/05/2023	Quantitat:	1
Format:	DIN A3	Escala:	1:3
		Projecció:	

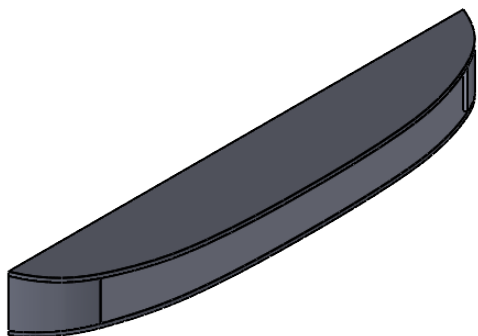
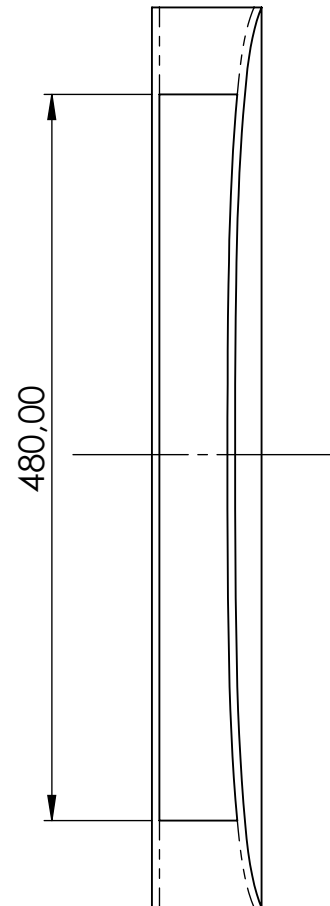
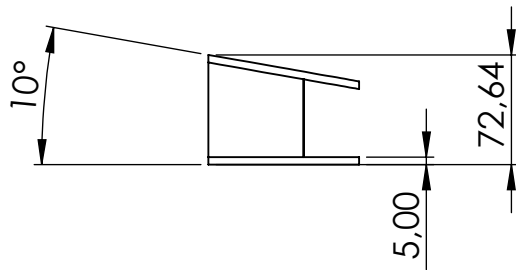


**ESTUDI I VALIDACIÓ DE MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**

Alumne: **Marc Antonell Rebellón**



Peça: <b>Splitter</b>		Plànol nº: <b>nº 3</b>
Data d'entrega: <b>02/05/2023</b>		Quantitat: <b>1</b>
Format: <b>DIN A4</b>	Escala: <b>1:5</b>	Projecció:



**ESTUDI I VALIDACIÓ DE  
MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA  
D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**

Dibuixat:

Marc Antonell Rebellón



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Peça:

**Difusor**

Plànol nº:  
nº 4

Data d'entrega:

02/05/2023

Quantitat:  
1

Format:

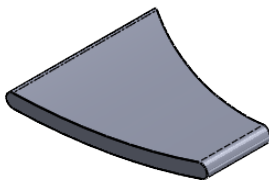
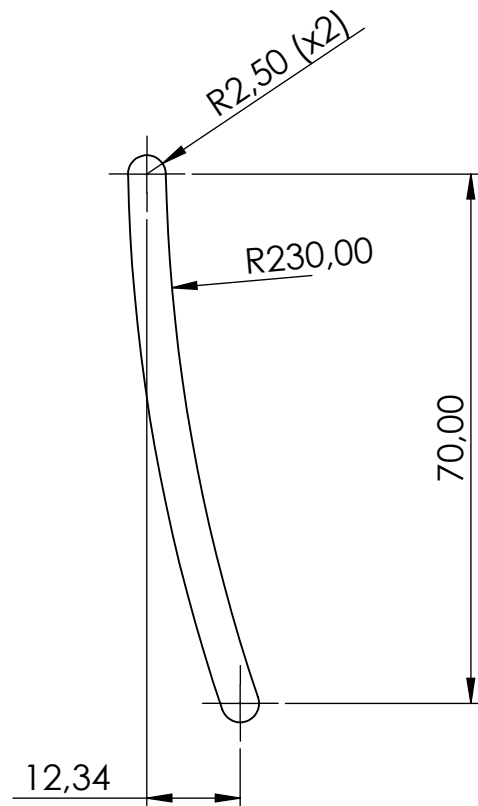
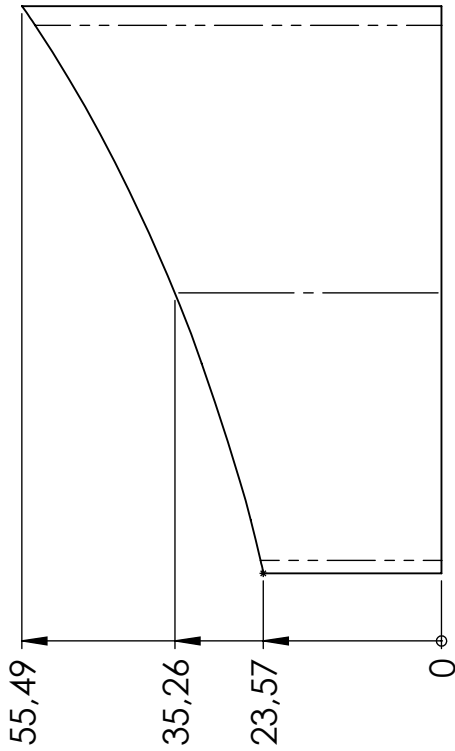
DIN A4

Escala:

1:5

Projecció:





**ESTUDI I VALIDACIÓ DE  
MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA  
D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**

Alumne:

Marc Antonell Rebellón



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Peça:

**Aleta lateral costat pilot**

Data d'entrega:

02/05/2023

Format:

DIN A4

Escala:

1:1

Plànol n°:

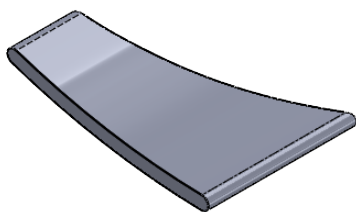
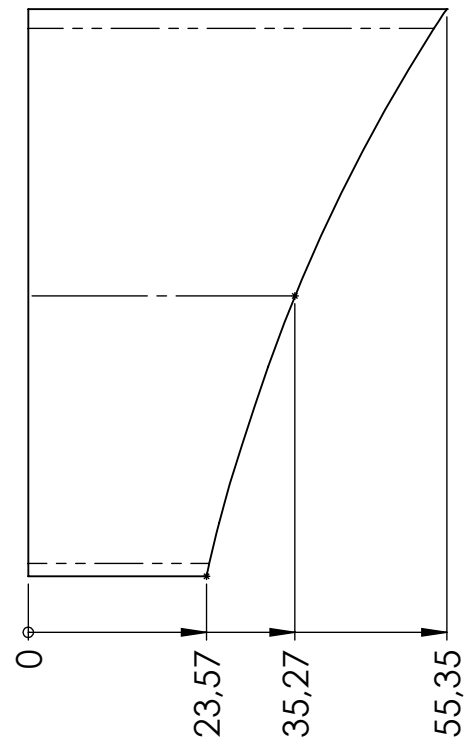
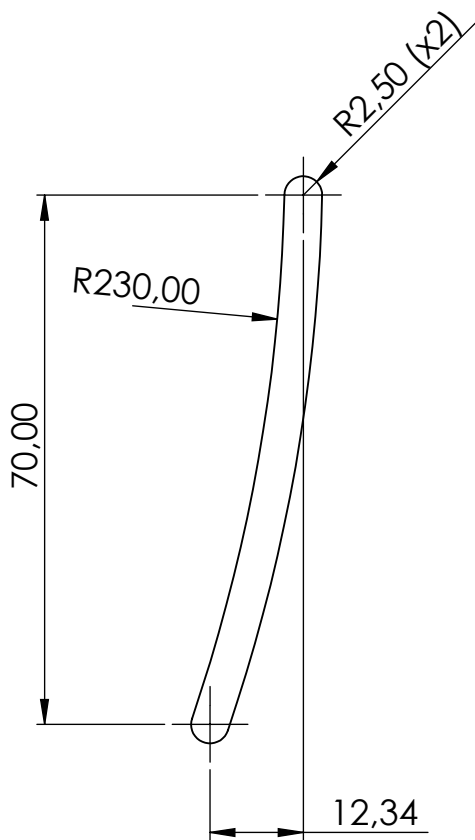
n° 5

Quantitat:

1

Projecció:





**ESTUDI I VALIDACIÓ DE  
MODIFICACIONS DE L'AERODINÀMICA  
D'UN VOLKSWAGEN GOLF MK6**

Alumne:

Marc Antonell Rebellón



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Peça:

**Aleta lateral costat copilot**

Data d'entrega:

02/05/2023

Format:

DIN A4

Escala:

1:1

Plànol nº:

nº 6

Quantitat:

1

Projecció:



## Conclusions

A l'inici del treball s'ha comentat la necessitat de realitzar una millora de l'aerodinàmica d'un Volkswagen Golf Mk6, la idea que es comenta és millorar l'aerodinàmica del model del cotxe de tal manera que aquest pugui entrar a les corbes a més velocitat sense obtenir com a resultat final un derrapatge o un accident. Degut a aquestes necessitats el que es buscava era generar una sèrie de peces adaptables al cotxe per mirar de millorar aquest factor.

Per realitzar aquestes millores s'han creat dissenys totalment diferents d'una mateixa peça, els quals son comparats posteriorment per veure quin estil de peça és el més adient per l'estudi que estem desitjant. El estudi que s'ha fet servir en cada una de les simulacions del model s'ha obtingut amb les mateixes condicions, així doncs s'obtenen uns resultats que es poden comparar entre si.

S'han realitzat dissenys de les següents peces:

- Alerons
- Splitters
- Difusors
- Aletes laterals

Una vegada obtinguts els dissenys de cada tipus de peça, s'han generat els càlculs del coeficient drag i el coeficient lift, el qual conjuntament amb diagrames de velocitats del fluid en diferents punt del model i amb l'ajuda de simulacions de les trajectòries de partícules s'han pogut comparar els diferents dissenys.

Una vegada obtingut el resultat final on s'han pogut assemblar totes les parts, s'ha realitzat el càlcul dels diferents coeficients. Així doncs i amb l'ajut de les imatges obtingudes amb l'estudi es pot confirmar que s'han obtinguts uns resultats que confirmen la hipòtesis que es buscava al llarg del treball. Els resultats dels nous diagrames de velocitats indiquen que totes les peces afavoreixen l'obtenció de més força en direcció al terra que és sinònim a la vegada de una millor estabilitat del cotxe en els pas de corbes pronunciades. Finalitzant així doncs amb un bon resultat de l'estudi realitzat durant aquest temps.

Per altre banda es comentarà a continuació un seguit de passos que es podrien realitzar per tal de millorar el treball realitzat i obtenir així uns millors resultats finals.

Una vegada ja s'han obtingut els diferents dissenys de cada peça, es podria seguir el treball realitzant estudis modificant l'angle d'atac de les diferents superfícies per així obtenir el màxim rendiment de cada una de les peces.

El segon pas que es podria realitzar seria la creació d'un estudi d'optimització de les peces, així s'obtindrien peces amb el mínim espessor sense perill de patir cap ruptura de les peces. Així s'aconseguiria el mínim pes possible per cada una de les peces i el mínim gas de material per crear-les.





## Anàlisi Econòmica

En aquest apartat es durà a terme el pressupost detallat del treball. Per tal de ser un pressupost clar i sense problemes de comprensió es desglossarà en diferents apartats depenent del motiu del cost. Per tal de realitzar el pressupost, el càlcul total en euros es resoldrà a partir de la multiplicació de la columna de les hores emprades per la tasca y el cost en €/h.

Les eines de les quals s'han utilitzat en el procés però que ja es tenien en propietat no seran contades com a part del cost del projecte, de la mateixa manera que el cost del programa ja que s'ha utilitzat el sistema educatiu subministrat per la universitat.

Tasca	Hores / unitats	Cost (€/h o €/unitat)	Total
<b>Memòria</b>			
Recerca d'informació	30	20	600
Elaboració de la memòria	100	20	2.000
<b>Modelatge</b>			
Disseny del model	70	20	1.400
Disseny de les peces	30	20	600
Simulació dels models	30	20	600
Plànols	2	20	40
<b>Total estudi</b>	<b>262</b>	<b>20</b>	<b>5.240</b>
<b>Procés de fabricació</b>			
Motllo d'injecció per l'aleró	1	65.000	65.000

Motllos d'injecció per el splitter	1	60.000	60.000
Motllo d'injecció pel difusor	1	55.000	55.000
Motllo d'injecció aletes laterals	1	30.000	30.000
<b>Total fabricació</b>			<b>210.000</b>
<b>Total projecte</b>			<b>215.240</b>

*Taula 2. Desglossament pressupost projecte.*

Els preus aproximats dels diferents motllos d'injecció han estat subministrats per una empresa catalana dedicada a la fabricació d'aquests tipus de motllos. Aquesta empresa en qüestió es diu Vibracoustic, la qual està situada a Martorell.

## Bibliografia

- [1] *¿Qué es la aerodinámica? | Explora | Univision.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.univision.com/explora/que-es-la-aerodinamica>
- [2] *Principios básicos de la aerodinámica | Puro Motores.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.puromotores.com/13153320/principios-basicos-de-la-aerodinamica>
- [3] *Principios aerodinámicos aplicados a la aviación.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from [https://www.manualvuelo.es/1pbav/12\\_aerod.html](https://www.manualvuelo.es/1pbav/12_aerod.html)
- [4] *Las fuerzas sobre el monoplaza, drag y lift (o downforce) - Aerodinámica F1.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.aerodinamicaf1.com/2019/09/las-fuerzas-sobre-el-monoplaza-drag-y-lift-o-downforce/>
- [5] *Los coeficientes aerodinámicos - ¿Cómo se calculan? - Aerodinámica F1.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.aerodinamicaf1.com/2020/08/los-coeficientes-aerodinamicos-como-se-calculan/>
- [6] *5 elementos clave en la aerodinámica de los autos de carrera.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2015/02/06/5-elementos-clave-en-la-aerodinamica-de-los-autos-de-carrera>
- [7] *¿Cómo se calcula y se mejora la aerodinámica de un coche? - Clicars Blog.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.clicars.com/blog/curiosidades/calcular-mejorar-aerodinamica-coches/>
- [8] *Motor a Fondo - Coches y noticias del mundo del motor.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.motorafondo.net/la-aerodinamica-en-los-coches-historia-y-evolucion/>
- [9] *La aerodinámica y la eficiencia: un vistazo a la historia | Tecmovia.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/03/31/aerodinamica-y-eficiencia/>
- [10] *La evolución de la aerodinámica de los coches - The Pocket Magazine.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.thepocketmagazine.com/la-evolucion-de-la-aerodinamica-de-los-coches/>
- [11] *Mallado - 2016 - Ayuda de SOLIDWORKS.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from [https://help.solidworks.com/2016/spanish/solidworks/cworks/c\\_Background\\_on\\_Meshing.htm](https://help.solidworks.com/2016/spanish/solidworks/cworks/c_Background_on_Meshing.htm)

- [12] *Volkswagen Golf 6 3 doors GTI 2.0 TSI 210HP DSG Ficha Tecnica, consumo y dimensiones.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.ultimatespecs.com/es/car-specs/Volkswagen/12508/Volkswagen-Golf-6-3-doors-GTI-20-TSI-210HP-DSG.html>
- [13] *Acerca del refinado de objetos o subobjetos de malla | AutoCAD 2019 | Autodesk Knowledge Network.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://knowledge.autodesk.com/es/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/AutoCAD-Core/files/GUID-FBC8B54F-C7F0-40E5-93DE-A30EA4B40B2A-htm.html>
- [14] *VW G6 GTI-Masupha | 3D CAD Model Library | GrabCAD.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://grabcad.com/library/vw-g6-gti-masupha-1>
- [15] *Selección del material a utilizar - CONSTRUCCIÓN DEL ALERÓN.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://1library.co/article/selecci%C3%B3n-material-utilizar-construcci%C3%B3n-aler%C3%B3n.yr38pp8y>
- [16] *Alerón universal: ¿cómo homologarlo? -canalMOTOR.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-mantenimiento/aleron-universal/>
- [17] *BOE.es - BOE-A-2010-11154 Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-11154>
- [18] *(1708) Montamos Alerón Mercedes A W177 - YouTube.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from [https://www.youtube.com/watch?v=O8xAtvT2TNs&ab\\_channel=FAST%26YURIUS](https://www.youtube.com/watch?v=O8xAtvT2TNs&ab_channel=FAST%26YURIUS)
- [19] *3M Science. Applied to Life | 3M España.* (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from [https://www.3m.com.es/3M/es\\_ES/empresa-es/](https://www.3m.com.es/3M/es_ES/empresa-es/)
- [20] *Spoiler vs alerón trasero: ¿qué no eran la misma cosa? | Memo Lira.* (n.d.). Retrieved May 2, 2023, from <https://memolira.com/lo-que-debes-saber/spoiler-vs-aleron-trasero-que-no-son-la-misma-cosa/>
- [21] *▷¿Cómo funciona una hélice? | Blog 【Escuela de Aviadores】.* (n.d.). Retrieved April 4, 2023, from <https://escueladeaviadores.es/como-funciona-una-helice/>
- [22] *Método de los elementos finitos - Wikipedia, la enciclopedia libre.* (n.d.). Retrieved April 4, 2023, from [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_de\\_los\\_elementos\\_finitos](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos)

- [23] (122) *Ponemos aleron de fibra de carbono a Volkswagen Sirocco R Line* ❤️❤️ - YouTube. (n.d.). Retrieved April 7, 2023, from [https://www.youtube.com/watch?v=UidoSDe3Mow&ab\\_channel=NavarroV2](https://www.youtube.com/watch?v=UidoSDe3Mow&ab_channel=NavarroV2)
- [24] *PARAGOLPES DELANTERO PARA VOLKSWAGEN GOLF MK6 LOOK GTI - AMP Motorsport*. (n.d.). Retrieved April 7, 2023, from <https://www.amp-motorsport.com/es/golf-mk6-2008-2012/9453-paragolpes-delantero-para-volkswagen-golf-mk6-look-gti-con-pdc-sra.html>
- [25] *Cintas Lse De Doble Cara 3m,Lse-060 Especialmente Para Materiales De Energía De Baja Superficie,Incluyendo Pp,Tpo,Tpe - Buy Lse-060wf,Lse060,Low Surface Energy Tape Product on Alibaba.com*. (n.d.). Retrieved April 7, 2023, from <https://spanish.alibaba.com/p-detail/3M-1600379135121.html>
- [26] *AutoCAD 2019 Ayuda | Acerca del refinado de objetos o subobjetos de malla | Autodesk*. (n.d.). Retrieved April 13, 2023, from <https://help.autodesk.com/view/ACD/2019/ESP/?guid=GUID-FBC8B54F-C7F0-40E5-93DE-A30EA4B40B2A>
- [27] (122) *Simulación aerodinámica | Fuerza y coeficiente de arrastre | Flow Simulation | SolidWorks - YouTube*. (n.d.). Retrieved April 13, 2023, from [https://www.youtube.com/watch?v=15pY-FaC0\\_g&ab\\_channel=CAD%26CAE-Tutoriales](https://www.youtube.com/watch?v=15pY-FaC0_g&ab_channel=CAD%26CAE-Tutoriales)
- [28] *Estos 5 elementos aerodinámicos del coche que ayudan a reducir el consumo de combustible - Autofácil*. (n.d.). Retrieved April 13, 2023, from <https://www.autofacil.es/tecnica/elementos-aerodinamicos-ayudan-reducir-consumo/192901.html>
- [29] *Cómo mejorar la eficiencia aerodinámica de los vehículos*. (n.d.). Retrieved April 13, 2023, from <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/an/como-mejorar-eficiencia-aerodinamica-vehiculos/20220706080322422615.html>
- [30] *¿La fibra de vidrio es biodegradable? - Piensa ECO - Vida sostenible fácil y diaria*. (n.d.). Retrieved April 15, 2023, from <https://piensaeco.es/biodegradable/la-fibra-de-vidrio-es-biodegradable/>
- [31] Andrés Vargas Isaza, C., Carlos Posada Correa, J., Yamile Jaramillo Zapata, L., & Alberto García, L. (2015). *Energy consumption in plastic industry-review of studies developed*. 1(1), 93–107.
- [32] *MSI P65 Creator, análisis y opinión | Computer Hoy*. (n.d.). Retrieved April 15, 2023, from <https://computerhoy.com/analisis/msi-p65-creator-analisis-opinion-339521>

[33] *Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico. Cambio climático.* (n.d.). Retrieved April 15, 2023, from [https://canvclimatic.gencat.cat/es/actua/factors\\_demissio\\_associats\\_a\\_lenergia/](https://canvclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/)

[34] "Estudio de la influencia de los alerones en. (2013). *Alejandro Berrocal Siguero.*

## Annex 1

### TEXTO ORIGINAL

Las reformas de vehículos en España están reguladas por el Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación.

Con fecha 9 de octubre de 2007, se aprobó la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, que ha sido incorporada al ordenamiento jurídico español mediante la Orden ITC/1620/2008, de 5 de junio, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos.

Con independencia de esa incorporación, es preciso completar su transposición para adaptar determinados conceptos y exigencias del Real Decreto 736/1988, de 8 de julio a lo dispuesto en la Directiva 2007/46/CE, de 5 de septiembre. En particular, el citado real decreto permite las reformas en los vehículos antes de su matriculación, mientras que la Directiva 2007/46/CE, de 5 de septiembre, no lo permite, ofreciendo, para estos casos, un procedimiento alternativo como es la homologación individual de vehículos. Además la evolución de la técnica y la experiencia resultante de la aplicación del Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, en el largo tiempo transcurrido desde su entrada en vigor, hacen muy conveniente dar una nueva regulación a la tramitación de las reformas de vehículos.

En consecuencia, el objeto de este real decreto es aprobar una nueva y completa regulación en esta materia, procediendo a recoger la experiencia práctica de la aplicación de la norma que se sustituye y a integrar la evolución técnica. Además la nueva regulación tiene en cuenta las normas del Derecho de la Unión Europea, para asegurar mejor las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que concierne a la protección al medio ambiente, así como para colaborar en la defensa de los derechos de los consumidores.

De acuerdo con lo previsto en el artículo 24.1.c) de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, el proyecto ha sido objeto del preceptivo trámite de audiencia. Asimismo, esta disposición ha sido sometida al procedimiento de información de normas reglamentarias técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, previsto en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de

junio, así como el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, que incorpora estas directivas al ordenamiento jurídico español.

Esta disposición se dicta al amparo del artículo 149.1.21.<sup>ª</sup> de la Constitución española, que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de tráfico y circulación de vehículos a motor, que incluye la competencia para la determinación de las condiciones o prescripciones técnicas de los vehículos para que sea admitida su circulación.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Industria, Turismo y Comercio y del Ministro del Interior, con la aprobación previa de la Vicepresidenta Primera y Ministra de la Presidencia, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 2 de julio de 2010,

DISPONGO:

### **Artículo 1. Objeto.**

Constituye el objeto de este real decreto la regulación del procedimiento para la realización y tramitación de las reformas efectuadas en vehículos después de su matriculación definitiva en España con el fin de garantizar que tras la reforma se siguen cumpliendo los requisitos técnicos exigidos para su circulación.

### **Artículo 2. Ámbito de aplicación.**

1. Este real decreto se aplicará a todos los vehículos matriculados definitivamente y remolques ligeros (categoría O1) autorizados a circular.
2. Este real decreto no se aplicará a los vehículos antes de su matriculación definitiva. Las modificaciones efectuadas en los vehículos antes de su matriculación definitiva deberán estar incluidas en la homologación de tipo o tramitarse a través del procedimiento de homologación individual.

### **Artículo 3. Definiciones.**

A los efectos previstos en el presente real decreto, se entiende por:

1. Homologación de tipo: Procedimiento mediante el cual un Estado miembro certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos pertinentes.



2. Homologación de tipo nacional: Procedimiento de homologación de tipo establecido por la legislación nacional de un Estado miembro; la validez de dicha homologación queda limitada al territorio de ese Estado miembro.
3. Homologación de tipo CE: Procedimiento mediante el cual un Estado miembro certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de las Directivas 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas y componentes y unidades técnicas independientes destinadas a dichos vehículos; 2003/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos, y por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE; 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo del 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos y tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo, y de los actos reglamentarios enumerados en los anexos de las referidas Directivas.
4. Homologación individual: Procedimiento por el cual un Estado miembro certifica que un vehículo en particular, ya sea singular o no, cumple las disposiciones administrativas y requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.
5. Homologación de tipo multifásico: Procedimiento mediante el cual un tipo de vehículo incompleto o completado cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.
6. Vehículo de base: Todo vehículo que se utiliza en la fase inicial de un proceso de homologación de tipo multifásico.
7. Vehículo incompleto: Todo vehículo que deba pasar por lo menos por una fase más para ser completado y cumplir los requisitos técnicos pertinentes establecidos en la legislación aplicable.
8. Vehículo completado: El vehículo, producto del procedimiento de homologación de tipo multifásico, que cumpla los requisitos técnicos establecidos en la legislación aplicable.
9. Vehículo completo: Todo vehículo que no necesita ser completado para satisfacer los requisitos técnicos pertinentes establecidos en la legislación aplicable.

10. Actos reglamentarios: Una directiva particular, un reglamento (CE) o un reglamento CEPE/ONU anexo al Acuerdo revisado de 1958 relativo a la adopción de prescripciones técnicas para los vehículos de ruedas, el equipo y piezas que pueden montarse y/o usarse en los vehículos de ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas en base a estas prescripciones.

11. Fabricante: La persona u organismo responsable ante la autoridad de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación o de autorización, y de garantizar la conformidad de la producción. No es esencial que la persona u organismo participe directamente en todas las fases de la fabricación de un vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente sujeta al proceso de homologación.

12. Representante del fabricante: Toda persona física o jurídica establecida en la Unión Europea, debidamente designada por el fabricante para que le represente ante las autoridades competentes y para que actúe en su nombre. Cuando se hace referencia al término «fabricante» ha de entenderse que se indica tanto el fabricante como su representante.

13. Autoridad de homologación: La autoridad con competencias en todos los aspectos de la homologación de un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente o de la homologación individual de un vehículo, del proceso de autorización, de la emisión y, en su caso, retirada de certificados de homologación, así como para actuar como punto de contacto con las autoridades de homologación de los demás Estados miembros, para designar los servicios técnicos y garantizar que el fabricante cumple sus obligaciones sobre conformidad de la producción. En la actualidad, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

14. Servicio técnico: La entidad designada por la autoridad de homologación como laboratorio para llevar a cabo ensayos de homologación o como entidad de evaluación de la conformidad para llevar a cabo la inspección inicial y otros ensayos o inspecciones en nombre de la autoridad de homologación, siendo posible que el propio organismo competente lleve a cabo esas funciones.

15. Servicio técnico de reformas: La entidad designada por la autoridad de homologación española como laboratorio para llevar a cabo informes de las reformas tipificadas en el presente real decreto y, en su caso, los ensayos previstos en los actos reglamentarios afectados por la/s reforma/s.

16. Taller: Entidad debidamente inscrita en el registro oficial de talleres de reparación de vehículos correspondiente. En España, registro especial de talleres de reparación de vehículos automóviles y de sus equipos y componentes, regulado por la reglamentación aplicable. A los efectos del presente real decreto también tendrán la consideración de taller las instalaciones de los fabricantes de vehículos

cuando intervengan en la ejecución de las reformas en el ámbito que se determine en el Registro de fabricantes y firmas autorizadas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

17. Estación de Inspección Técnica de Vehículos (ITV): Las instalaciones que tienen por objeto la ejecución material de las inspecciones técnicas que, de acuerdo con el Reglamento General de Vehículos, aprobado por Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, y demás normas aplicables, deban hacerse en los vehículos y sus componentes y accesorios, y que estén habilitadas por el órgano competente de la Comunidad Autónoma del territorio donde estén radicadas.

18. Reforma de vehículo: Toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación y en remolques ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye cualquier actuación que implique alguna modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo.

19. Vehículo: Todo vehículo a motor y sus remolques, incluidos los vehículos especiales.

20. Manual de Reformas de Vehículos: Documento elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las comunidades autónomas, que establece las descripciones de las reformas tipificadas, su codificación y la documentación precisa para su tramitación. Este manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las estaciones de ITV. El manual será actualizado cuando se modifique la tipificación de las reformas o los criterios reglamentarios en materia de vehículos, tanto de carácter nacional como de la Unión Europea.

21. Vehículo de la misma categoría o tipo: Aquellos vehículos que no presentan entre sí diferencias por las que deban considerarse de distinta categoría o tipo, según se definen en las Directivas 2007/46/CE, 2003/37/CE o 2002/24/CE, o en el real decreto de homologación nacional de tipo.

22. Conjunto funcional: Conjunto de sistemas, partes o piezas autorizado por la autoridad de homologación, destinado a cumplir una función determinada en uno o varios vehículos del mismo o de diferentes tipos o categorías y que afectan a una o varias funciones de las incluidas en el anexo I del presente real decreto.

23. Proyecto técnico: Conjunto de documentos, redactado por técnico competente, que tiene por objeto la definición y la valoración de las características de un producto, obra o instalación, que se requieren en función de su fin o destino.

24. Certificación final de obra: El acto por el que en forma de documento se da la conformidad por parte de un técnico de las obras y/o instalaciones realizadas según proyecto.

25. Certificado del taller: El documento que acredita la ejecución de una determinada actuación de un taller sobre un vehículo determinado.

#### **Artículo 4. Tipificación de las reformas.**

Las reformas de vehículos se tipifican en el anexo I.

#### **Artículo 5. Requisitos generales.**

1. La reglamentación cuyo cumplimiento es exigible al vehículo reformado es la que se indica en el manual de reformas de vehículos.

2. La reglamentación cuyo cumplimiento es exigible para la tramitación de las reformas de vehículos se deriva de la que se cita en la columna 3 del anexo I del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, aceptándose como alternativa la indicada en la columna 4 del mismo anexo y, en su caso, en la reglamentación de homologación española.

En el manual de reformas de vehículos se indica, para cada reforma, los actos reglamentarios que, en su caso, pueden verse afectados por la reforma.

3. El cumplimiento de la reglamentación cuyo cumplimiento es exigible se demostrará mediante informe, según modelo del anexo II, emitido por un servicio técnico designado para reformas de vehículos, o del fabricante del vehículo, inscrito en el registro de firmas autorizadas de fabricantes de la autoridad de homologación, en el que se hará constar que el vehículo reformado, según se solicita, cumple los requisitos de los actos reglamentarios que son de aplicación conforme a las reformas tipificadas en el anexo I y al manual de reformas de vehículos. Cuando el informe de conformidad sea emitido por el fabricante para vehículos completados, dicho informe se basará en otro informe emitido por el/los fabricante/s de fase anterior cuando la transformación realizada afecte a sistemas, componentes o unidades técnicas independientes.

En el caso de que la reforma implique un cambio de categoría del vehículo, el informe citado deberá incluir relación de la documentación de homologación de los actos reglamentarios cuyo cumplimiento es exigible para la nueva categoría. En el caso de que la/s reforma/s deriven en otro vehículo homologado, será suficiente que el solicitante de la reforma obtenga del fabricante una certificación que lo acredite. En el caso de que el informe de conformidad sea emitido por el fabricante del vehículo, esta certificación podrá incluirse en dicho informe.

En el caso que el emisor del informe de conformidad estime necesario basar su informe en otro emitido por el servicio técnico designado para los ensayos de homologación de los actos reglamentarios de que se trate, deberá ponerlo en conocimiento del interesado quien estará obligado a aportar el o los informes solicitados como condición indispensable para que le sea emitido el informe según el anexo II.

#### **Artículo 6. Autorización de conjuntos funcionales.**

1. El fabricante del conjunto funcional que desee obtener la autorización deberá presentar ante la autoridad de homologación un ejemplar de la documentación siguiente:

a) Solicitud de autorización.

b) Ficha de características donde se describa el conjunto funcional y los actos reglamentarios afectados, incluida la instalación, sellada por un servicio técnico competente en materia de homologación en España.

c) Acta de ensayo del conjunto funcional y de su instalación expedida por un servicio técnico competente en materia de homologación en España.

2. La autoridad de homologación deberá resolver y notificar en el plazo de seis meses desde la entrada en el registro de toda la documentación que, para cada caso, se establezca en este real decreto. Transcurrido el plazo máximo sin haberse notificado resolución expresa la solicitud se entenderá desestimada de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 43.1 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y de Procedimiento Administrativo Común y en el artículo 61 del Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

3. Se comunicarán dichas autorizaciones a los órganos de las comunidades autónomas competentes en materia de inspección técnica de vehículos, adjuntando la documentación técnica citada anteriormente.

#### **Artículo 7. Tramitación y documentación.**

1. Las reformas de vehículos se podrán solicitar por el titular del vehículo o por persona por él autorizada.

2. Si una modificación de un vehículo entraña simultáneamente varias de las reformas de vehículos tipificadas en el anexo I, su tramitación exigirá el cumplimiento de los requisitos fijados para cada una de éstas en el manual de reformas de vehículos.

3. La tramitación de reformas de vehículos podrán requerir todos o alguno de los siguientes documentos:

a) Proyecto técnico detallado de la reforma a efectuar y certificación final de obra en la que se indique que la misma se ha realizado según lo establecido en dicho proyecto, suscritos ambos por técnico titulado competente. En la certificación de obra se hará constar de forma expresa el taller y la fecha en la que se efectuó la misma. Este proyecto técnico se ha de presentar al emisor del informe de conformidad.

b) Informe de conformidad según anexo II emitido por el servicio técnico de reformas designado o alternativamente por el fabricante del vehículo.

c) Certificado del taller en el que se efectuó la reforma, según modelo del anexo III, de la correcta realización de la misma.

4. Cuando sean emitidos por el fabricante, los informes de conformidad del párrafo b) anterior serán únicamente extendidos por personas expresamente autorizadas por las empresas fabricantes para este cometido.

5. Para cada tipo de reforma de vehículo, la documentación que habrá de presentarse ante los órganos de la Administración competentes en materia de inspección técnica de vehículos (ITV), la tramitación y los requisitos específicos exigibles serán los indicados en el manual de reformas de vehículos.

6. En el caso de correspondencia del vehículo reformado con un tipo homologado, se podrá hacer la reforma sin aportar lo dispuesto en el apartado 3.a) de este artículo.

7. En el caso de una reforma amparada por un conjunto funcional autorizado por la autoridad de homologación, no será necesario el cumplimiento del párrafo a) y se inspeccionará el vehículo de acuerdo con el artículo 8 de este real decreto.

#### **Artículo 8. Inspecciones técnicas.**

1. El titular del vehículo, o persona por él autorizada, al que se le haya efectuado una reforma, está obligado a presentar el mismo a inspección técnica en el plazo máximo de quince días, aportando la documentación según se determina en el manual de reformas de vehículos. El alcance de la inspección será el delimitado por el manual de reformas de vehículos y en su ejecución se utilizará el manual de procedimiento de inspección de las estaciones de ITV.

2. El òrgano de la Administraci3n competente en materia de ITV efectuar3 la inspecci3n del veh3culo reformado, en base al alcance indicado en el apartado 1, al objeto de comprobar la correcta ejecuci3n de la reforma, y si dicha reforma ha modificado las condiciones exigidas para circular por las v3as p3blicas.

3. Si el resultado de la inspecci3n prevista fuera favorable, el òrgano de la Administraci3n competente diligenciar3 la tarjeta ITV o, en su caso, expedir3 una nueva.

4. Si el resultado de la inspecci3n resultara desfavorable o negativo, se aplicar3, en su caso, lo dispuesto en el Real Decreto 2042/1994, de 14 de octubre, por el que se regula la inspecci3n t3cnica de veh3culos.

5. Si el veh3culo reformado hubiese sido matriculado en provincia distinta de aquella en que se autoriza la reforma, el òrgano de la Administraci3n competente que la haya autorizado, adem3s de actuar seg3n lo dispuesto en los apartados 2 y 3 de este art3culo, remitir3 al òrgano competente de la comunidad aut3noma de matriculaci3n un ejemplar de la diligencia que se indica en el apartado 3, con facs3mil del nuevo n3mero de bastidor, en su caso, para constancia en el expediente del veh3culo.

El òrgano de la Administraci3n competente lo comunicar3 a la Jefatura de Tr3fico de su provincia seg3n lo dispuesto en el Real Decreto 2042/1994, de 14 de octubre.

#### **Art3culo 9. Requisitos exigibles a los servicios t3cnicos de reformas.**

1. La autoridad de homologaci3n podr3 designar los servicios t3cnicos de reformas de veh3culos.

Para su designaci3n, las entidades interesadas deber3n solicitarlo a la autoridad de homologaci3n, aportando la certificaci3n de la competencia t3cnica mediante la acreditaci3n por parte de la Entidad Nacional de Acreditaci3n (ENAC), de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma UNE EN ISO/IEC 17020:2004 Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspecci3n.

Los ensayos requeridos deber3n ser realizados por un laboratorio que cumpla con los requisitos establecidos en la norma UNE EN ISO/CEI 17025:2005 Evaluaci3n de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibraci3n o por un servicio t3cnico de homologaci3n.

2. Los servicios t3cnicos de homologaci3n podr3n solicitar la designaci3n como servicio t3cnico de reformas aportando a la autoridad de homologaci3n la documentaci3n que demuestre competencia t3cnica con la norma UNE EN ISO/IEC 17020:2004.

3. La solicitud y la documentación señalada en los apartados anteriores del presente artículo podrá presentarse de acuerdo con lo previsto en el artículo 38 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. Las solicitudes también podrán tramitarse por medios electrónicos, de conformidad con la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos.

#### **Artículo 10. Régimen sancionador.**

1. El incumplimiento de las disposiciones del presente real decreto, se sancionará con arreglo al régimen de infracciones y sanciones previsto en el título V de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, sin perjuicio de lo que se establece en el apartado siguiente.

2. Cuando el incumplimiento de lo dispuesto en el presente real decreto constituya una infracción tipificada en el texto refundido de la Ley General de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre y en el Real Decreto 1945/1983, de 22 de junio, por el que se regulan las infracciones y sanciones en materia de defensa del consumidor y de la producción agro-alimentaria, será sancionado de conformidad con lo prescrito en dicho texto refundido y real decreto.

#### **Disposición transitoria primera. Período en el que los laboratorios de reformas designados con anterioridad a la entrada en vigor de este real decreto podrán seguir emitiendo informes.**

En tanto no se produzca la designación de los servicios técnicos de reformas a que se refiere el artículo 9, los laboratorios de reformas designados a la entrada en vigor de este real decreto, durante un periodo máximo de un año a partir de esa fecha, podrán extender los informes a que se refiere el artículo 7.3.b) en virtud de lo establecido en el artículo 13 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

#### **Disposición transitoria segunda. Carrozado inicial de los vehículos.**

El carrozado inicial a que hace referencia el anexo 11 del Real Decreto 2140/1985, de 9 de octubre, por el que se dictan normas sobre homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques así como de partes y piezas de dichos vehículos, podrá seguir realizándose según el Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, hasta las fechas de obligatoriedad de homologación de tipo para los tipos de vehículos ya existentes determinadas en la última columna del anexo XIX de la Directiva 2007/46/CE, de 5 de septiembre de 2007.



**Disposició transitoria tercera. Reformas antes de la matriculación.**

Los vehículos con homologación de tipo española, hasta la fecha en la que deban corresponder a tipos homologados según la Directiva 2007/46/CE, de 5 de septiembre de 2007, podrán ser reformados antes de la matriculación, siguiendo el procedimiento establecido en el presente real decreto.

**Disposició transitoria cuarta. Reformas de importancia generalizada.**

Las reformas de importancia generalizada en los vehículos que hayan sido autorizadas conforme a las prescripciones establecidas con anterioridad a la entrada en vigor del presente real decreto y que no hayan sido legalizadas sólo podrán efectuarse dentro del plazo de dos años a contar desde esa fecha.

**Disposició transitoria quinta. Reformas de nueva tipificación.**

Los vehículos a los que se les hubiera efectuado una reforma tipificada como tal en este real decreto y que con anterioridad no fuera considerada como reforma, deberán legalizarla mediante diligencia administrativa ante el órgano competente de la comunidad autónoma correspondiente, quien hará la anotación en la tarjeta de ITV, para lo cual dispondrán del plazo de seis meses. Transcurrido este periodo, deberán legalizarse siguiendo el procedimiento establecido por el presente real decreto.

**Disposició derogatoria única. Derogación normativa.**

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en este real decreto y, en particular, el Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación.

**Disposició final primera. Título competencial.**

El presente real decreto se dicta al amparo del artículo 149.1.21ª de la Constitución española, que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de tráfico y circulación de vehículos a motor.

**Disposició final segunda. Modificación del Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.**

El artículo 7.2 del Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, queda redactado como sigue:

«2. El titular de un vehículo de motor, remolque o semirremolque en el que se haya efectuado una reforma de importancia deberá regularizarla ante el órgano de la Administración competente en materia de industria.

La tramitación y regularización de las reformas de importancia se ajustarán a la reglamentación que se recoge en el anexo I.»

**Disposición final tercera. Autorización para la modificación de los anexos del real decreto.**

Se autoriza al Ministro de Industria, Turismo y Comercio a modificar por orden ministerial los anexos del presente real decreto.

**Disposición final cuarta. Entrada en vigor.**

El presente real decreto entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 2 de julio de 2010.

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno y Ministra de la Presidencia,

MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Tipificación de las reformas de vehículos.

Anexo II. Informe de conformidad.

Anexo III. Certificado del taller.

## **ANEXO I**

### **Tipificación de las reformas de vehículos**

Las reformas de vehículos se refieren a las modificaciones introducidas en las funciones que se relacionan a continuación y que, en su caso, serán desarrolladas según convenga en el manual de reformas de vehículos.

Se consideran reformas de vehículos las modificaciones relativas a las funciones siguientes:

1. Identificación.
2. Unidad motriz.
3. Transmisión.
4. Ejes.
5. Suspensión.
6. Dirección.
7. Frenos.
8. Carrocería.
9. Dispositivos de alumbrado y señalización.
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques.
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV.

**ANEXO II**

**Informe de conformidad**

El/los abajo firmante(s) ..... expresamente autorizado/s por: .....

**INFORMA**

Que el vehículo, marca ....., tipo....., variante....., denominación comercial ....., contraseñas de homologación (\*) ....., matrícula ....., y con número de bastidor....., es técnicamente apto para ser sometido a la(s) reforma(s) consistente(s) en:

Tipificada/s con el/los Código de Reforma/s .....

Especificaciones técnicas o reglamentarias:

Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

Reglamentación aplicable	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento.

El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I y en el manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmo el presente en ....., a ..... de ..... de .....

(\*) Si el vehículo no dispone de contraseña se rellenará este campo con N.P.

### ANEXO III

#### Certificado del taller

D....., expresamente autorizado por la empresa ..... domiciliada en ..... provincia de ..... calle ..... n.º.....teléfono ..... dedicada a la actividad de ..... con n.º de registro industrial ..... y n.º de registro especial (1) .....

#### CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s, y asume la responsabilidad de la ejecución, sobre el vehículo marca....., tipo....., variante....., denominación comercial ..... matrícula ..... y n.º de bastidor ..... de acuerdo con:

La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.

Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.

El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

#### OBSERVACIONES:

..... a ..... de ..... de.....

Firma y sello

Fdo.: .....

(1) En el caso de que la reforma sea efectuada por un fabricante se indicará N/A.

