

Eduard Molinos Iglesias

EINA DE SIMULACIÓ DEL CONSUM I EMISSIONS D'UN VEHICLE

TREBALL DE FI DE GRAU

Dirigit per Roger Cabré

Grau d'Enginyeria Electrònica (GEEIA)



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2020 – 2021

Índex General

Índex General	2
Índex d'Il·lustracions.....	4
Memòria Descriptiva	7
1. Introducció.....	7
1.1. Objecte.....	7
1.2. Context	7
1.3. Abast.....	10
2. Descripció del programa.....	12
2.1. Interfície gràfica (App designer)	12
2.2. L'aplicació (Design View)	18
2.2.1. Panell d'inici.....	18
2.2.2. L'aplicació	19
2.3. Abreviatures i definicions.....	23
3. Variables d'entrada i sortida.....	24
3.1. Variables d'entrada.....	24
3.2. Variables de sortida del trajecte.....	27
4. Gràfiques	29
4.1. Força de rodadura	29
4.2. Força de fricció.....	29
4.3. Força per pendent	30
4.4. Força d'acceleració.....	30
4.5. Força total	31
4.6. Velocitat i temps.....	31
4.7. Velocitat i distància recorreguda	32
4.8. Velocitat, temps i marxa.....	32
4.9. Força, velocitat i marxa	33
4.10. Acceleració	33
4.11. Altura i distància.....	34
4.12. Rpm i parell	34
4.13. RPM i potència	35
4.14. Energia emmagatzemada.....	35
4.15. Consum per marxés	36

4.16.	Consum específic.....	36
5.	Fonaments teòrics utilitzats per fer els càlculs	38
5.1.	Forces sobre el vehicle	38
5.2.	Altres magnituds.....	40
5.3.	Consum i contaminació	43
6.	Codi del programa	46
6.1.	Funció inicialitzar	46
6.2.	Funcions dels botons del panell d'inici	48
6.3.	Funció del botó 'Què desitja fer'	48
6.4.	Funció Tria un vehicle existent	50
6.5.	Funció Afegir tram	51
6.6.	Funció de dibuixar gràfiques	57
6.7.	Funció de Reset	64
6.8.	Funcions canvi de marxes i modes de conducció.....	66
6.9.	Funció de Tipus de trajecte.....	67
7.	Proves i exemples del programa.....	68
7.1.	Mateix trajecte diferent mode de conducció.....	68
7.2.	Pulse&Glide vs velocitat constant.....	74
7.3.	Tram pla i tram amb desnivell.....	78
7.4.	Regeneració d'energia	83
	Annexes	88
1.	El cicle europeu (NEDC).....	88
	Webgrafia	89

Índex d'Il·lustracions

Il·lustració 1-Efecte hivernacle	8
Il·lustració 2- SMOG sobre la ciutat	9
Il·lustració 3-Gràfic dels sectors que produeixen emissions de CO2 [3]	10
Il·lustració 4-Panell principal del Matlab	12
Il·lustració 5-Comando per obrir App designer	12
Il·lustració 6-Opció de finestra en blanc	13
Il·lustració 7-Entorn de App designer	13
Il·lustració 8-Menú de gestió de l'aplicació.....	14
Il·lustració 9- Part dels blocs disponibles.....	14
Il·lustració 10-Panell principal d'App designer	15
Il·lustració 11- Llistat de components	16
Il·lustració 12- Opcions de la pròpia pantalla principal	16
Il·lustració 13- Panell superior de 'Code View'	17
Il·lustració 14- Pantalla de codi.....	17
Il·lustració 15- Menú d'opcions principals	18
Il·lustració 16-Panell d'inici de l'aplicació	18
Il·lustració 17- Tutorial per saber com utilitzar la aplicació	18
Il·lustració 18- Visió general aplicació (amb resultats).....	19
Il·lustració 19- Visió general aplicació (amb gràfiques).....	19
Il·lustració 20- Opció de crear/triar vehicle	20
Il·lustració 21- Dades del vehicle i del seu motor	20
Il·lustració 22- Dades mode conducció	20
Il·lustració 23- Dades tram.....	21
Il·lustració 24- Taula resum dels trams	21
Il·lustració 25- Dades finals del trajecte i textos informatius.....	22
Il·lustració 26- Gràfiques informatives disponibles	22
Il·lustració 27- Botons de Reset i Exit.....	23
Il·lustració 28- Representació del Coeficient aerodinàmic	24
Il·lustració 29- Superfície frontal	25
Il·lustració 30-Benzina vs Gasoil	25
Il·lustració 31-Engranatges del canvi de marxes.....	26
Il·lustració 32- Vent sobre el vehicle	26
Il·lustració 33-Botó Start-Stop	27
Il·lustració 34- Vehicle superant un desnivell.....	28
Il·lustració 35- Gràfica de Força de rodadura	29
Il·lustració 36- Gràfica força de fricció.....	30
Il·lustració 37- Gràfica de la força per pendent.....	30
Il·lustració 38- Gràfica força d'acceleració	31
Il·lustració 39- Gràfica suma de les forces.....	31
Il·lustració 40- Gràfica de la velocitat a cada instant de temps.....	32
Il·lustració 41- Gràfica de la velocitat en funció de la distància.....	32
Il·lustració 42- Gràfica velocitat i marxa en funció del temps	33

II·lustració 43- Gràfica de força en funció de la velocitat i la marxa.....	33
II·lustració 44- Gràfica d'acceleracions	34
II·lustració 45- Gràfica d'altura durant el recorregut.....	34
II·lustració 46- Gràfica de RPM i parell.....	35
II·lustració 47-Gràfica de les RPM i la potència desenvolupada pel motor.....	35
II·lustració 48- Gràfica de l'energia regenerada	36
II·lustració 49-Gràfica del consum en funció de la marxa	36
II·lustració 50- Gràfica del consum específic.....	37
II·lustració 51- Força de rodadura (esquema forces).....	38
II·lustració 52- Força de fricció o aerodinàmica	39
II·lustració 53- Força per pendent (esquema de forces)	39
II·lustració 54- Força d'acceleració	40
II·lustració 55- Resultats de rpm i parell màxim	41
II·lustració 56- Gràfica per saber el consum específic en vehicles de gasoil.....	43
II·lustració 57- Gràfica per saber el consum específic en vehicles de benzina.....	44
II·lustració 58-Dades mode de conducció normal.....	68
II·lustració 59-Dades del mode de conducció esportiu	68
II·lustració 60- Dades del mode de conducció eco.....	69
II·lustració 61- Dades del trajecte.....	69
II·lustració 62- Resultats mode normal	69
II·lustració 63- Resultats del mode esportiu	70
II·lustració 64- Resultats mode eco	70
II·lustració 65- Força totals mode normal	70
II·lustració 66- Força total mode esportiu	71
II·lustració 67- Força total mode eco.....	71
II·lustració 68- Gràfica de velocitats i marxés mode normal	71
II·lustració 69- Gràfica de velocitats i marxés mode esportiu.....	72
II·lustració 70- Gràfica de velocitats i marxés mode eco	72
II·lustració 71- Consum específic mode normal.....	72
II·lustració 72- Consum específic mode esportiu	73
II·lustració 73- Consum específic mode eco	73
II·lustració 74- Dades vehicle.....	74
II·lustració 75- Taula amb trajecte del pulse&glide	74
II·lustració 76-Dades trajecte vel.constant	75
II·lustració 77-Resultats trajecte del Pulse&Glide	75
II·lustració 78-Resultats trajecte vel.constant.....	75
II·lustració 79- Força total del Pulse&Glide.....	76
II·lustració 80- Força total a velocitat constant	76
II·lustració 81- Canvi de marxés i velocitat del Pulse&Glide.....	76
II·lustració 82- Canvi de marxés i velocitat a vel.constant.....	77
II·lustració 83- Consum específic del Pulse&Glide	77
II·lustració 84- Consum específic a vel.constant.....	77
II·lustració 85- Dades vehicle.....	78
II·lustració 86- Taula dades trajecte de muntanya.....	78

II·lustració 87- Taula dades de trajecte en pla.....	79
II·lustració 88- Resultats numèrics trajecte de muntanya.....	79
II·lustració 89- Resultats numèrics trajecte en pla.....	79
II·lustració 90- Força total per trajecte muntanya	80
II·lustració 91- Força total per trajecte en pla.....	80
II·lustració 92- Força per pendent en trajecte de muntanya	80
II·lustració 93- Força per pendent en trajecte pla	81
II·lustració 94- Velocitat i marxos per trajecte de muntanya.....	81
II·lustració 95- Velocitat i marxos per trajecte en pla	81
II·lustració 96- Consum específic pel trajecte de muntanya.....	82
II·lustració 97- Consum específic del trajecte en pla	82
II·lustració 98- Dades per trajecte sense R.E.....	83
II·lustració 99- Dades per trajecte amb R.E	83
II·lustració 100- Dades tram	84
II·lustració 101- Resultats per trajecte sense R.E.....	84
II·lustració 102- Resultats per trajecte amb R.E.....	84
II·lustració 103- Força total sobre el vehicle sense R.E	85
II·lustració 104- Força total sobre el vehicle amb R.E.....	85
II·lustració 105- Energia emmagatzemada sense R.E	85
II·lustració 106- Energia emmagatzemada amb R.E	86
II·lustració 107- Gràfica de l'altura i distància recorregudes.....	86
II·lustració 108- Gràfica consum específic per recorregut sense R.E	86
II·lustració 109- Gràfica consum específic per recorregut amb R.E	87

Memòria Descriptiva

1. Introducció

Aquest treball de fi de grau consisteix en un programa, convertible a aplicació (apk), que permet saber, a partir d'unes dades d'un vehicle i un trajecte concret, diferents consums sota condicions de funcionament concretes.

La principal motivació per la qual es realitza aquest projecte és conèixer l'efecte que suposa l'ús del vehicle en la emissió de gasos nocius cap a l'atmosfera, resultants del procés de combustió.

1.1. Objecte

L'objecte principal del programa és proporcionar a l'usuari diferents dades interessants d'un trajecte que ha realitzat o que vulgui realitzar amb el seu vehicle.

D'aquesta manera es proporcionar dades de la contaminació que suposa un desplaçament i del rendiment que s'extreu del combustible utilitzat avui dia.

Finalment, s'observa com les diferents maneres de conduir i els diferents traçats realitzats pel conductor, són claus en el consum que s'obté, poden d'aquesta forma, saber com realitzar la nostra ruta sent més eficients, o el que és el mateix, contaminant menys.

1.2. Context

La idea de dur a terme aquesta aplicació com a projecte de final de carrera ha estat motivada pel context social en el qual ens trobem.

En l'actualitat, la contaminació atmosfèrica es troba dintre d'uns nivells inusualment elevats. Aquesta situació, comporta unes conseqüències negatives pel planeta que, alguns experts cataloguen ja com a irreversibles o gairebé irreversibles.

Les **conseqüències** més notables són [2]:

- Destrucció de la capa d'ozó- La principal funció d'aquesta capa és la de absorbir la radiació de rajos ultraviolats (UV). Quan aquesta absorció no es realitza de forma adequada, els rajos ultraviolats que arriben a la superfície terrestre reboten novament cap a l'atmosfera en forma de radiació infraroja, i el vapor d'aigua i CO₂ presents en aquesta, la retornen novament, provocant així un escalfament atmosfèric atípic.



Il·lustració 1-Efecte hivernacle

- Canvi climàtic- És un fet que la temperatura del planeta es troba en augment constant. Avui dia encara no es té certesa exacta sobre la seva causa, tot i que l'augment del CO₂ a l'atmosfera és proporcional a l'augment de temperatura experimentat.
- Pluja àcida- Consisteix en precipitacions amb un pH àcid (pH de 5), degut a la combinació d'òxids de nitrogen, emesos per fàbriques, centrals elèctriques, calderes i vehicles que cremen carbó o productes derivats del petroli que continguin sofre.

A més a més aquests fenòmens definits anteriorment, provoquen a la seva vegada:

- Efectes sobre els éssers humans- La mala qualitat de l'aire que es respira i la concentració excessiva de diferents gasos, són els causants de malalties i problemes de salut, sobre tot pel que fa a les relacionades amb el sistema respiratori. Un cas concret, són les partícules PM10, que són partícules en suspensió de entre 2,5 y 10 µm de diàmetre que poden ser emeses pels vehicles per exemple.
- Efectes sobre la biosfera (medi natural)- La mala qualitat de l'aire i les pluges àcides, provoquen alteracions estructurals en la biodiversitat i variacions en els ecosistemes.
- Efectes sobre els animals- Al igual que en les persones, els animals també pateixen efectes sobre la salut similars. Un clar exemple el trobem amb la fluorosis, que és un efecte causat per la ingesta d'aliments propers a certs nuclis urbans o indústries, i que contenen excés de fluor.
- Efectes sobre els materials- Les partícules contaminants poden provocar variacions en la estructura d'aquest o alguna reacció química amb el mateix.
- Aparició de 'SMOG'- És el terme d'origen angles que s'utilitza per referir-se a un tipus de boira que es crea en nuclis urbans principalment. La causa és la reacció entre òxids de nitrogen i hidrurs volàtils, emesos per automòbils i indústries, i oxigen atmosfèric reaccionen amb la radiació solar i formen l'ozó.



Il·lustració 2- SMOG sobre la ciutat

- Inversions tèrmiques- Aquest fenomen es produeix quan la capa d'aire de major temperatura es situa sobre la capa d'aire més freda i no permet el seu ascens(és més densa). Quan això succeeix la concentració de contaminants sota aquesta capa augmenta.
- Deposició àcida- Es tracta d'un efecte similar a la pluja àcida. La principal diferència es troba en l'estat amb el que les partícules arriben al sòl. En el cas de la pluja àcida, ja hem vist que ho fa en forma líquida, mentre que en la deposició àcida, les partícules en suspensió cauen en forma seca sobre plantes, aigües...Afectant així als ecosistemes on es dipositen.

Un cop vistes algunes de les conseqüències i efectes d'aquest canvi climàtic i de la contaminació tòxica de l'atmosfera, sorgeixen dues preguntes principalment:

-Quines en són les causes?

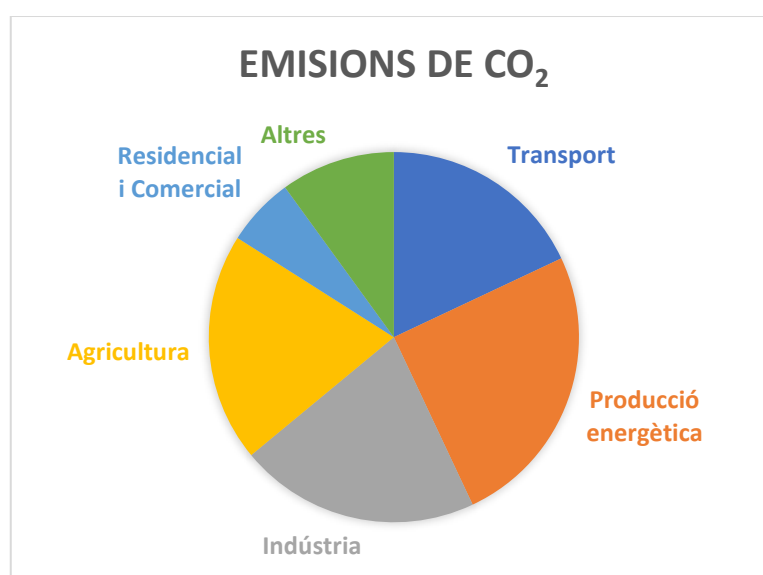
-Que pot fer aquest TFG per contribuir a la causa?

En resposta a la primera d'elles, podem afirmar que la **causa** [1] principal de la contaminació atmosfèrica és l'acció humana i les activitats que desenvolupa.

El principal gas contaminant present a l'atmosfera per causes antropològiques és el famós CO₂ o diòxid de carboni. El seu origen és variat, però hi han sectors en concret en els quals la producció d'aquests contaminants predomina sobre els altres. Alguns d'aquest són:

- El Transport- Tot i que no és el sector que més contaminació genera, és un dels més coneguts a nivell popular per aquest motiu. La majoria de mitjans de transport actuals es mouen gràcies a motors de combustió que funcionen amb gasoil o benzina que, com veurem en aquest treball, generen CO₂ en el procés de combustió.
- Sector de producció energètica- Es tracta del sector que més emissions de gasos d'efecte hivernacle genera a causa dels processos d'obtenció d'energia a partir de fonts no renovables. Entre aquests processos tenim per exemple la crema de combustibles fòssils com el carbó, el petroli, gas...

- La indústria- La majoria d'indústries generen gasos contaminants en els seus processos de fabricació. Un clar exemple el trobem en l'indústria tèxtil, per la gran quantitat de productes químics que requereix i la grandària d'aquesta.
- El sector de l'agricultura i forestal- Pel que fa a l'agricultura, la contaminació principalment es deu a productes químics utilitzats al camp, com ara fertilitzants o pesticides. A més a més, de processos indirectes necessaris com la producció d'aquests, el transport...
- Residencial- La pròpia activitat de cadascun de nosaltres i dels edificis comercials genera CO₂ d'origens molt variats. Algunes activitats obvies que intervenen són la generació de residus pròpia de la llar, l'ús de calefacció...
- Altres- On trobaríem altres sectors contaminants menys diferenciats que els vist anteriorment.



Il·lustració 3-Gràfic dels sectors que produeixen emissions de CO₂ [3]

Pel que fa a la segona qüestió plantejada, hem vist que el transport representa un percentatge considerable dintre de la emissió de gasos de CO₂, però és bastant probable que nosaltres com a usuaris no siguem conscients d'aquest fet, o si ho som, que no sapiguem com actuar per millorar aquesta situació.

És aquí quan el nostre programa pren importància, ja que la seva funció principal és la de oferir informació sobre un trajecte específic, realitzat amb un vehicle de certes característiques i sobre un panorama el més fidel a la realitat possible.

1.3. Abast

Aquest treball de fi de grau, es centra en l'estudi de cotxes de gasoil i benzina, tot i que les opcions disponibles en la pròpia aplicació permeten també:

- Entrar dades personalitzades del vehicle, podent d'aquesta forma extrapolar l'aplicació a altres mitjans de transport, com ara motos, furgonetes, camions .etc.

- Fer ús de l'opció de recuperació d'energia en frenades o pendents simulant així el funcionament d'un cotxe híbrid.

Per a fer aquest anàlisi serà necessari saber diferents dades d'entrada com ara:

- Característiques del vehicle- Si el teu vehicle es troba dintre de la base de dades de l'aplicació no serà necessari disposar de cap informació en aquest apartat. Si d'altra banda, no està de forma predeterminada, la informació a concretar a l'aplicació serà la següent:
 - Pes del cotxe
 - Coeficient aerodinàmic
 - Superfície frontal
 - Revolucions màximes
 - Potència màxima
 - Parell màxim
 - Tipus de combustible
 - Número canvi de marxes
 - Relacions de transmissió
- Característiques del tram a recórrer- S'especificarà informació del trajecte a recórrer o trajecte recorregut. Durant aquest, es podran anar encadenant diferents trams o porcions amb característiques diferents que acabaran conformant el total del trajecte. Les dades necessàries són concretament:
 - Velocitat inicial
 - Velocitat del vent
 - Velocitat final de tram
 - Altura final de tram (considerant l'altura inicial 0 com a referència)
 - Distància del tram
- Dades del mode de conducció (opcional)- Ens permet establir de forma més exacta les dades del trajecte en funció del mode com es condueix el vehicle, ja que l'estil de conducció de cada persona afecta en dades de vital rellevància, com ara el consum.
 - Revolucions màximes de canvi de marxa
 - Mode de conducció en cas de ser automàtic (esport, Normal, Eco o personalitzat)
 - Si es té o no botó de 'Start-Stop'
 - Si el tipus de trajecte és urbà, interurbà o mixte (opcional)

Totes aquestes variables s'explicaran amb profunditat a l'apartat de variables d'entrada i sortida. (Punt 3 del treball).

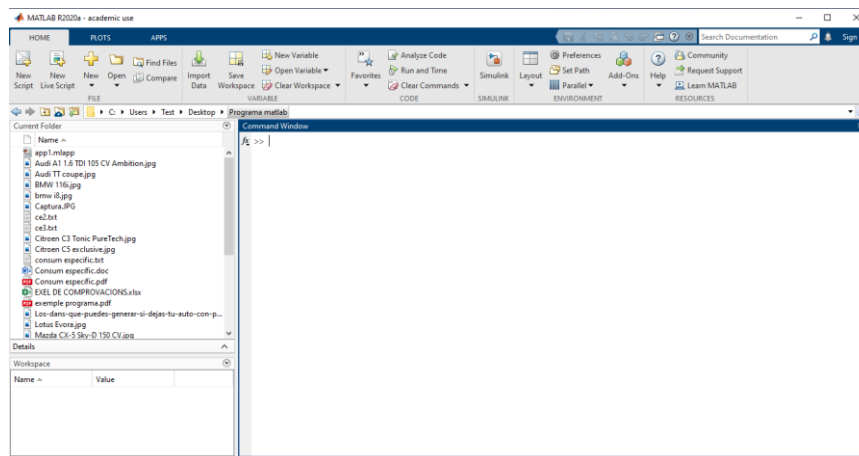
2. Descripció del programa

2.1. Interfície gràfica (App designer)

App Designer és un entorn de desenvolupament interactiu de Matlab, que permet dissenyar i programar el comportament d'una aplicació.

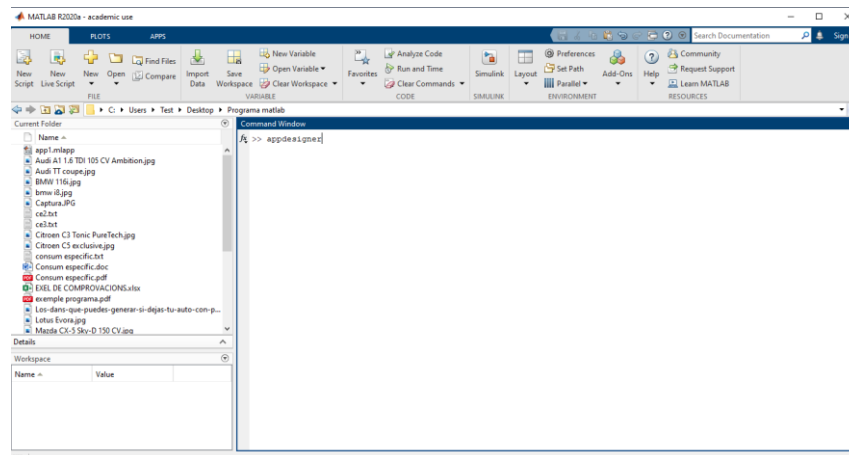
El procés a seguir per poder utilitzar l'entorn és el següent:

1. Obrim el nostre programa Matlab a l'ordinador i se'ns obrirà el següent panell principal.



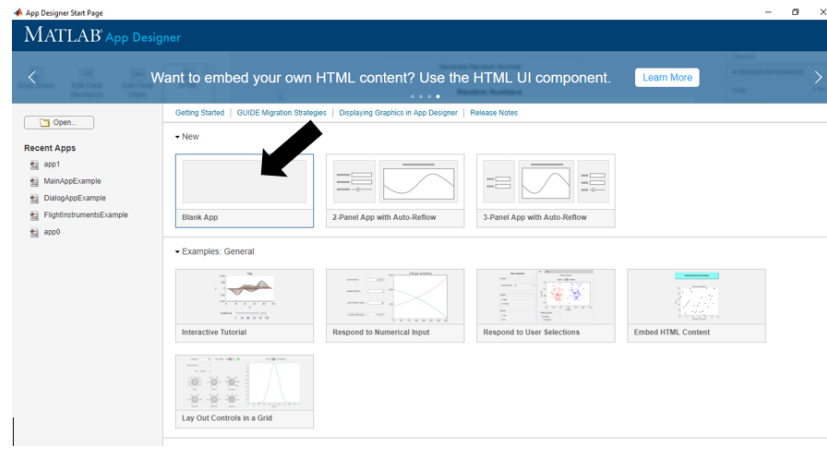
Il·lustració 4-Panell principal del Matlab

2. Escrivim el comando 'Appdesigner' al nostre panell principal i prenem enter.



Il·lustració 5-Comando per obrir App designer

3. Ja ens trobarem al panell principal de l'eina on tindrem l'opció d'obrir un programa d'exemple o amb certes funcions ja implementades, o bé obrir un nou espai de treball. En el nostre cas, triarem l'opció de nou espai de treball o (Blank App).



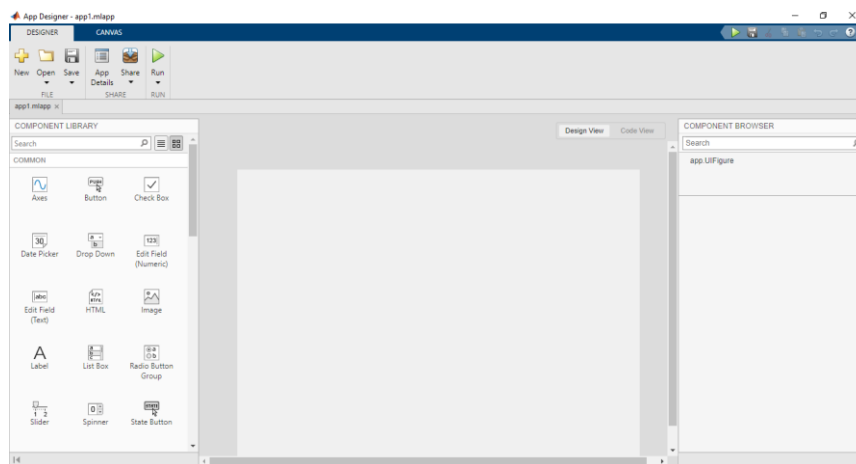
Il·lustració 6-Opció de finestra en blanc

Un cop seguits els passos descrits anteriorment, ja ens trobem a l'entorn de treball pròpiament dit. Ja podem començar a definir els components que formaran part de la nostra aplicació i la funció que desenvoluparan cadascun d'ells en aquesta.

Ens trobem doncs, dues parts o finestres ben diferenciades. Aquestes són la part de disseny o 'Design View' i la part de codi o 'Code view'.

Design view

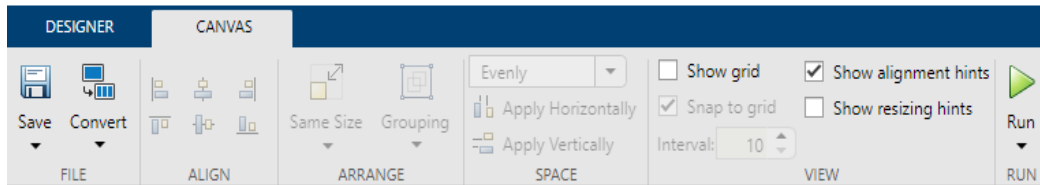
És la part destinada al disseny de la interfície gràfica de l'aplicació. En ella es decideixen els elements que hi apareixeran i les seves característiques físiques.



Il·lustració 7-Entorn de App designer

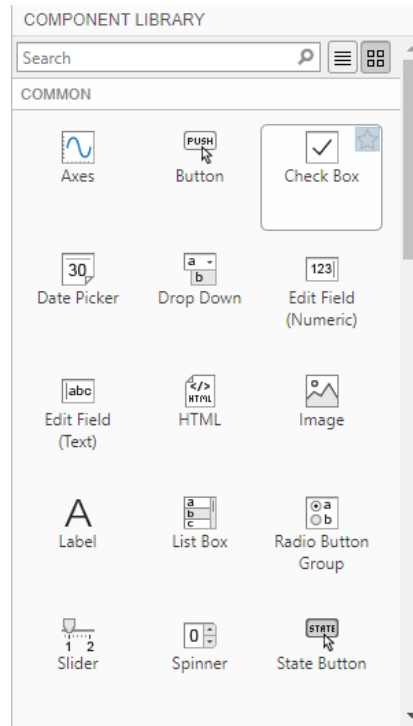
Dintre d'aquesta finestra, tenim 4 parts ben diferenciades:

1. Part superior o 'Canvas'- Consisteix en un menú bàsic amb diferents opcions d'ajudes per gestionar la posició o relació dels blocs amb la resta d'elements.





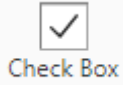
Il·lustració 8-Menú de gestió de l'aplicació

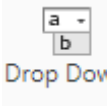



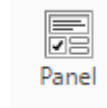
2. Part esquerra o 'Component library'- És aquí on trobem els blocs que podem triar per donar forma a la nostra aplicació. Cadascun dels blocs té una funció i unes propietats concretes.



Il·lustració 9- Part dels blocs disponibles

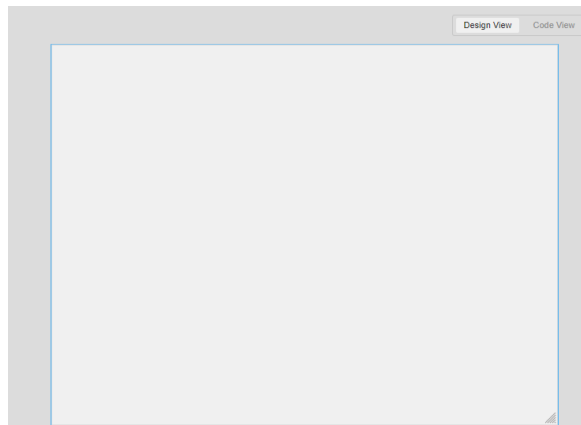
Els més utilitzats en el nostre cas, han estat:

 <p>Axes</p>	<p>És el bloc conegut com a gràfica, on principalment es defineixen els seus eixos i es representen diferents variables o magnituds de certa importància.</p>
 <p>Button</p>	<p>La seva funció és de botó, en ésser pulsat per l'usuari, pots definir mitjançant codi quina funció realitzarà aquesta pulsació.</p>
 <p>Check Box</p>	<p>Consisteix en la típica casella que es marca en fer un clic com a seleccionada, i es desmarca en tornar-lo a fer.</p>

 <p>Drop Down</p>	<p>Aquest bloc esta format per un desplegable que permet seleccionar l'opció desitjada dintre d'aquest. El número d'opcions possibles són configurades per l'usuari.</p>
 <p>Edit Field (Numeric)</p>	<p>Amb aquesta opció podem demanar dades numèriques a l'usuari, o bé presentar-les nosaltres mateixos. A més a més, pot anar acompanyat d'un petit text identificador que especifica que representa aquell valor.</p>
 <p>Image</p>	<p>Com el seu nom indica, és un bloc que permet carregar una imatge en l'espai desitjat i presentar-la en la nostra aplicació.</p>
 <p>Label</p>	<p>Ens permet escriure text dintre del nostre espai de treball, com ara aclaracions, títols, informacions...</p>
 <p>Panel</p>	<p>És un panell o finestra extra que es pot afegir amb la intenció de crear un panell secundari, mostrar una 'portada' de la nostra aplicació, programar una finestra emergent...</p>

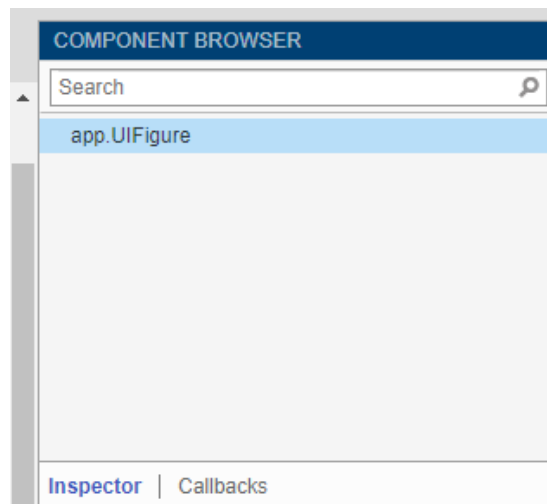
Taula 1-Blocs més utilitzats

3. El propi panell principal en el qual es situaran tots els blocs que compondran l'aplicació.



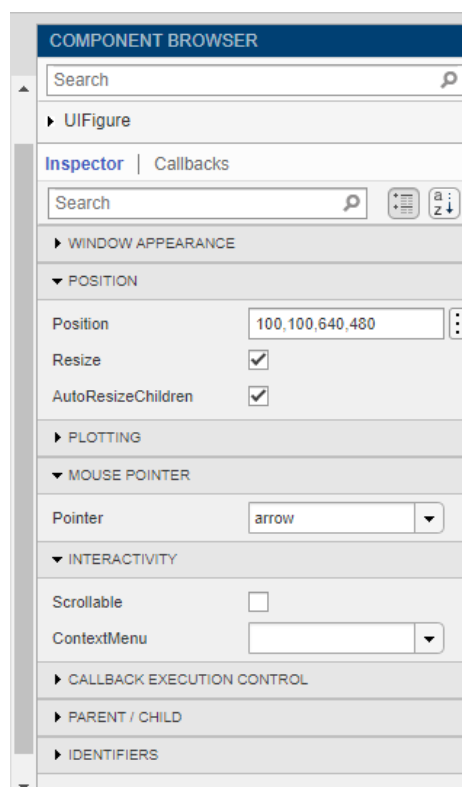
Il·lustració 10-Panell principal d'App designer

4. Part dreta o 'Component Browser'- En aquesta zona trobem un llistat dels components dels quals disposa la nostra aplicació i el nom amb el qual els reconeix el entorn a l'hora d'identificar-los.



Il·lustració 11- Llistat de components

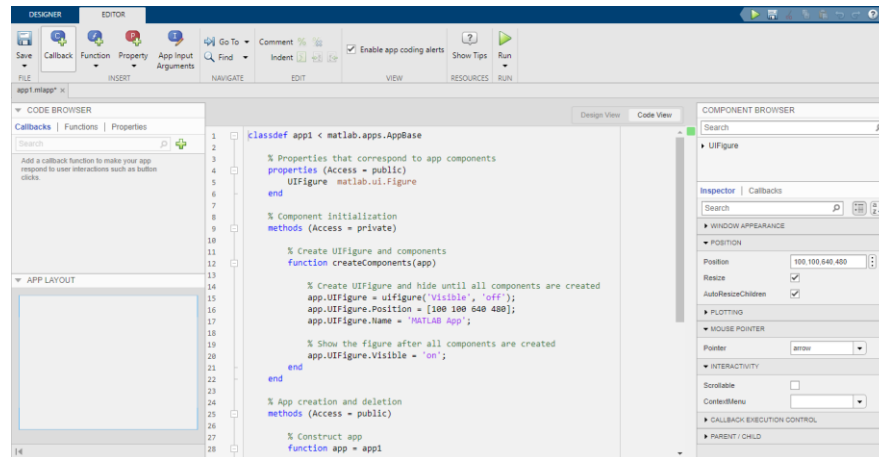
També tenim les opcions de cadascun dels blocs utilitzats. Cada bloc té unes opcions concretes, però en general hi han que coincideixen, com ara els colors que tenen, la posició on es troben situats, tipus de font del text (si en té), interacció que té amb l'usuari (visibilitat, si es editable...), el rang de valor que pot prendre (si és un bloc numèric).etc.



Il·lustració 12- Opcions de la pròpia pantalla principal

Code view

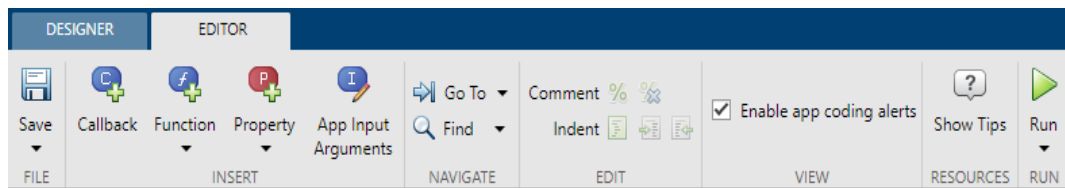
D'altra banda tenim la finestra destinada a l'escriptura del codi que defineix les funcions a realitzar.



En tractar-se d'una aplicació pensada ja per una funció concreta (crear aplicacions), tota la part de crear el main() principal, funcions, inicialització dels blocs... Es realitza de forma automàtica. D'aquesta manera, el programador únicament té la opció d'escriure noves funcions pròpies que necessiti o d'escriure el codi de cadascun dels blocs ja creats.

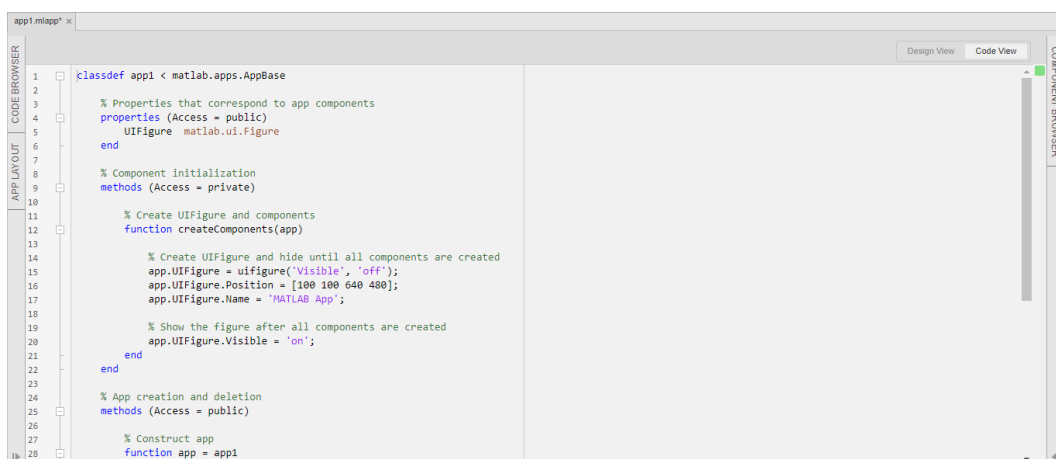
La pròpia finestra esta formada per:

1. Part superior o 'Editor'- És composta per diferents opcions que ajuden a programar les funcionalitats desitjades.



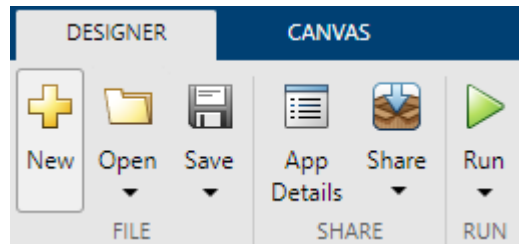
Il·lustració 13- Panell superior de 'Code View'

2. El panell principal o de codi- És pròpiament el codi de l'aplicació.



Il·lustració 14- Pantalla de codi

Per últim, ens quedaria ja el menú d'opcions més generals com ara guardar el procés, obrir un nou arxiu i exportar l'aplicació.



II·lustració 15- Menú d'opcions principals

2.2. L'aplicació (Design View)

Pel que fa a l'aplicació de la simulació del consum dels vehicles, la part d'interacció amb l'usuari esta composta per les següents parts:

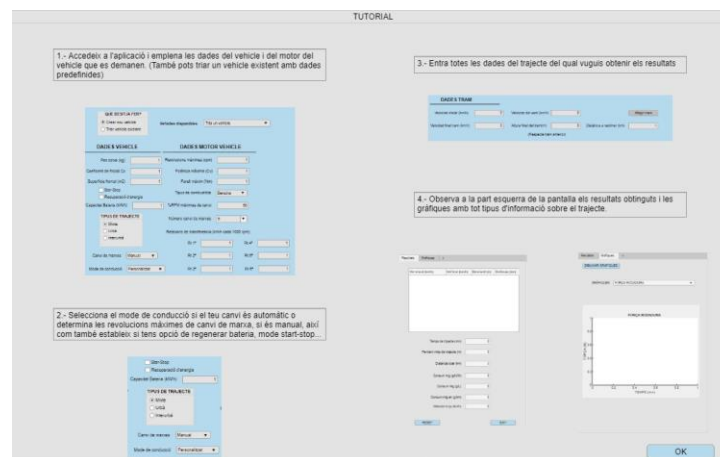
2.2.1. Panell d'inici

Es tracta d'un panell inicial on trobem 3 opcions:



II·lustració 16-Panell d'inici de l'aplicació

- Tutorial: consisteix en una finestreta emergent que ens informarà breument dels passos a seguir i del funcionament de l'aplicació en cas de ser nous usuaris en aquesta.

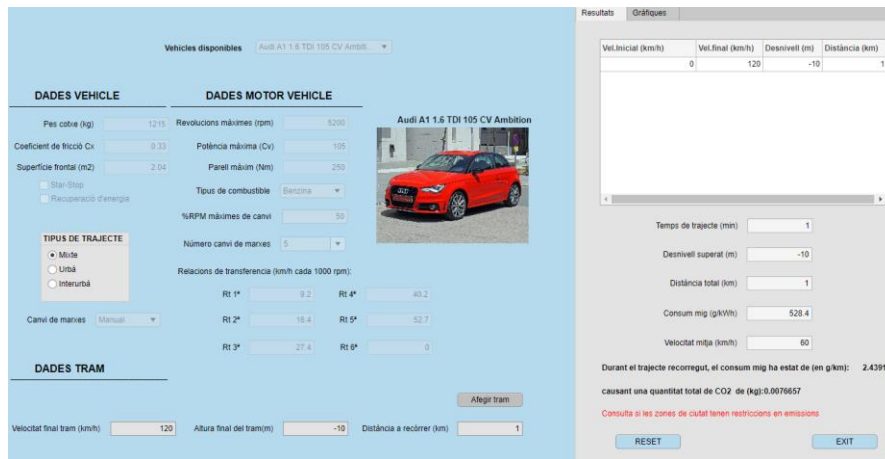


II·lustració 17- Tutorial per saber com utilitzar la aplicació

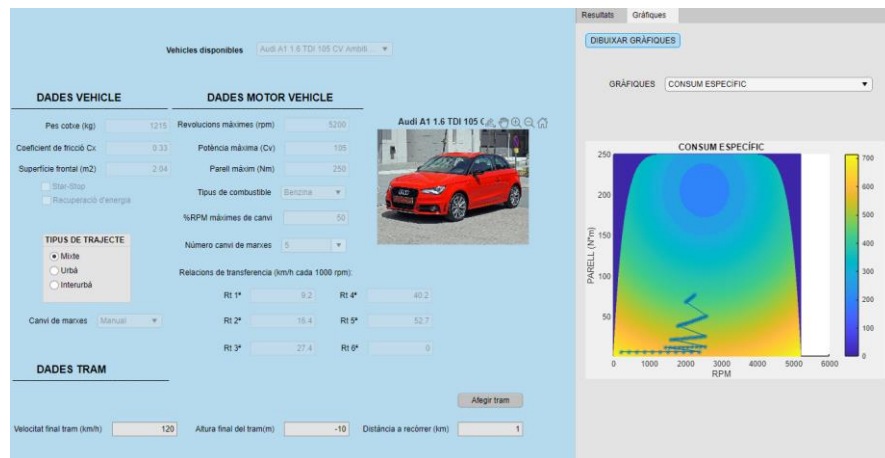
- Accedir- Dona accés a la aplicació com a tal, permetent començar ja a ficar dades i analitzar resultats.
- Tancar- Tanca la aplicació.

2.2.2. L'aplicació

Engloba el total de dades i resultats que interessin l'usuari. En aquesta és on s'hauran d'introduir totes les dades necessàries i on visualitzarem els resultats.



II-lustració 18- Visió general aplicació (amb resultats)



II-lustració 19- Visió general aplicació (amb gràfiques)

Dintre d'aquesta tenim:

- Part de selecció del vehicle- És la primera selecció a realitzar. Si el vehicle a estudiar esta dintre de la base de dades de l'aplicació triarem l'opció 'Tria un vehicle existent' i a continuació buscarem el cotxe dintre de 'Vehicles disponibles'.

D'altra banda si no trobem el cotxe desitjat, deixarem l'opció per defecte de Crear nou vehicle.

Il·lustració 20- Opció de crear/triar vehicle

- Entrada de dades del vehicle- Si hem triat un vehicle existent no ens serà necessari dur a terme aquest pas. Si no és el cas, completarem totes les dades del vehicle i del motor del vehicle que veiem en la imatge següent:

Il·lustració 21- Dades del vehicle i del seu motor

- Dades del mode de conducció- Dependent del conductor, la manera de conduir varia, de forma que s'han de triar les opcions disponibles més adients per a cada perfil de conducció.

Il·lustració 22- Dades mode conducció

- Informació sobre el tram- En un principi es demana la velocitat del vent (optatiu) i la velocitat inicial del vehicle al principi del tram. Per la resta de trams només serà necessari dir l'alçada, distància recorreguda i la velocitat a la que es finalitza el tram.

DADES TRAM

Velocitat inicial (km/h) Velocitat del vent (km/h)

Velocitat final tram (km/h) Altura final del tram(m) Distància a recórrer (km)

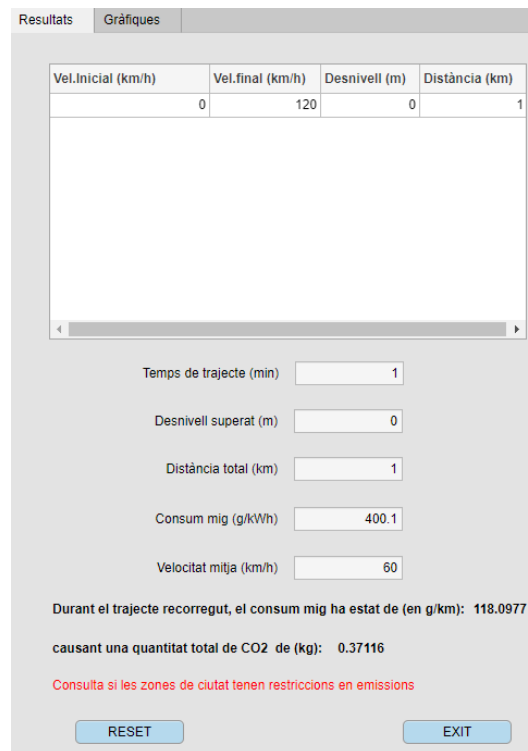
Il·lustració 23- Dades tram

- Taula resum de les dades dels trams- Forma part de la zona dels resultats, per tant, únicament és una taula informativa per l'usuari sobre totes les dades que ha anat entrant de cadascun dels trams.

Resultats		Gràfiques	
Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
0	120	0	1
120	30	5	1
30	180	5	1
180	0	5	1

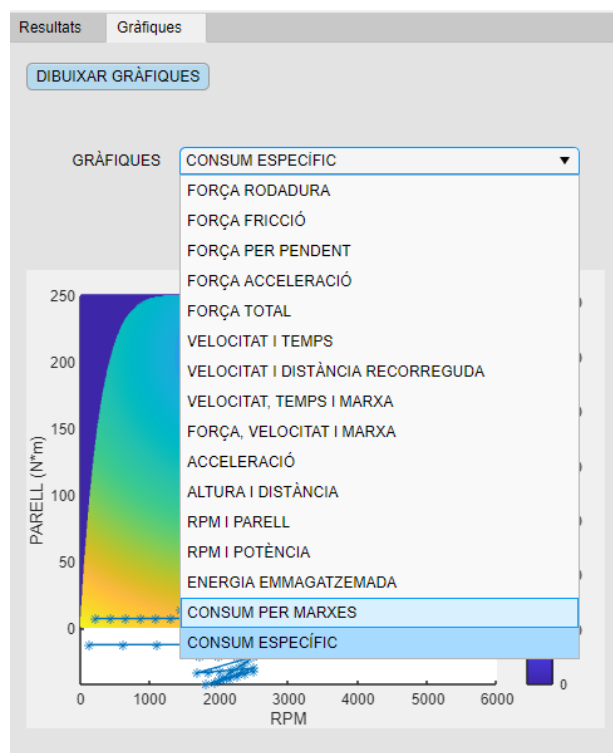
Il·lustració 24- Taula resum dels trams

- Resultats del recorregut- Permet visualitzar els resultats finals del trajecte i aporta tota la informació necessària.



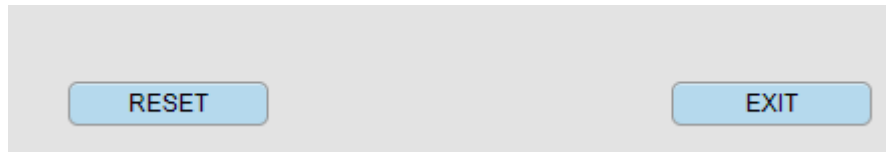
Il·lustració 25- Dades finals del trajecte i textos informatius

- Gràfiques informatives- Estan pensades per poder oferir una representació més detallada sobre els resultats i les variables al llarg del recorregut.



Il·lustració 26- Gràfiques informatives disponibles

- Botons de reset i exit- Com el seu nom indica, el botó de 'Exit' ens farà sortir de l'aplicació, mentre que el botó de 'Reset' ens permetrà poder esborrar totes les dades entrades i tornar a començar de nou des de 0.



Il·lustració 27- Botons de Reset i Exit

2.3. Abreviatures i definicions

- Contaminació atmosfèrica- és la contaminació de l'aire, és a dir, la presència en l'aire de determinades substàncies en concentracions superiors a les naturals.
- Consum específic- és el concepte que s'utilitza per quantificar el rendiment energètic d'un motor en relació amb la seva potència o el seu empenyiment.
- RPM- És la unitat de freqüència utilitzada per mesurar la velocitat angular de les rodes.
- Parell- És el moment de força que desenvolupa un motor sobre l'eix de transmissió de potència, o la tendència d'una força a girar sobre un eix.
- Potència- Capacitat de treball per unitat de temps.
- Energia- Capacitat de realitzar un treball.
- Unitats de mesura
 - M- Metres (Distàncies)
 - Km- Kilòmetres (Distàncies)
 - g/kWh- Grams per kilowatt hora (Consum específic)
 - g/km- Grams per kilòmetre (Consum)
 - rpm- Revolucions per minut (RPM)
 - N*m- Newtons per metres (Treball)
 - kg- Kilograms (Massa)
 - m²- Metres quadrats (Superfícies)
 - Cv- Cavalls (Potència)
 - Km/h- Kilòmetres per hora (Velocitat)
 - m/s- Metres per segon (Velocitat)
 - min- Minuts (Temps)
 - s- Segons (Temps)
 - km/h cada 1000 rpm- kilòmetre per hora cada 1000 revolucions per minut (Relacions de transmissió de les marxes)

3. Variables d'entrada i sortida

3.1. Variables d'entrada

La informació necessària per realitzar l'anàlisi del consum del vehicle es pot obtenir a partir de dues fonts de dades. La primera és el propi usuari, el qual emplenarà tots els camps necessaris, i la segona serà la pròpia aplicació al tenir ja definides part de les variables per a vehicles concrets.

En el cas de tenir que emplenar tots els camps de zero, seran necessàries les següents dades:

- Pes del cotxe- Representa la massa total del vehicle en kg. Per defecte es considera únicament el pes del vehicle sense cap tipus de càrrega com ara passatgers, equipatge... Tot i que si es vol considerar, els càlculs gaudiran d'una major precisió.
- Coeficient aerodinàmic(Cx) - Es coneix com a coeficient aerodinàmic a la magnitud adimensional que indica la resistència que el vehicle té al aire. Els valors més habituals són entre 0,2 i 0,5 per vehicles de carrer.



Il·lustració 28- Representació del Coeficient aerodinàmic

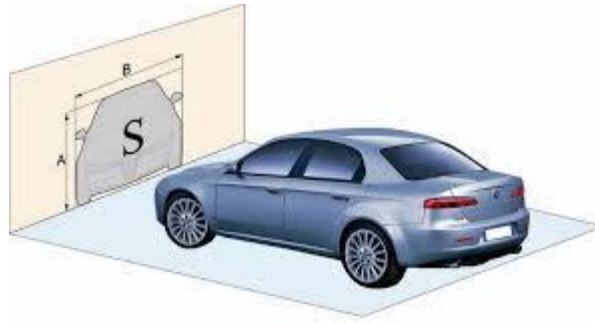
- Superfície frontal- És l'àrea que ocupa el cotxe vist de manera frontal. Aquesta es mesura en m² i si no es disposa del valor exacte es pot aproximar a partir de l'expressió:

$$\text{Superfície frontal} = b * h \quad (1)$$

On:

b=base del cotxe

h=Altura del cotxe



Il·lustració 29- Superfície frontal

- Revolucions màximes- Es mesuren en revolucions per minut (rpm). Indica la velocitat de rotació màxima de l'eix del motor.
- Potència màxima- És el valor màxim obtingut en multiplicar el parell màxim per les RPM sobre les RPM. Aquest valor sol situar-se una mica per sobre de la meitat del valor de les RPM màximes, com veurem representat més endavant en el punt 4.13.
- Parell màxim- És el moment de força màxim que desenvolupa el motor sobre l'eix de transmissió de potència. Aquest valor es situa aproximadament a l'equador del valor màxim de les RPM. La seva unitat del sistema internacional és el Nm.
- Tipus de combustible- En aquest cas, tenim dues opcions possibles. El gasoil o la benzina. Aquesta dada serà únicament necessària pel consum i per tant, per la contaminació que provoquem.



Il·lustració 30-Benzina vs Gasoil

- Número canvi de marxes- Depenent del vehicle podrem tenir cinc o sis marxes en funció de la caixa de canvis que disposi.
- Relacions de transmissió- És la relació entre la velocitat de gir d'un sistema d'engranatges connectats entre si. Aquest valor varia en funció de la marxa del cotxe, ja que per a marxes més altes, el valor d'aquest és més alt, ja que la diferència de velocitats de gir entre els eixos és més gran. Es mesura en km/h cada 1000rpm, de forma que el valor de la R_t ens ajudarà a saber les RPM del cotxe a una velocitat i marxa concretes.



II-lustració 31-Engranatges del canvi de marxes

- Velocitat inicial- Si el trajecte del qual volem saber les dades no coincideix amb l'inici del moviment del vehicle, la velocitat inicial prendrà un valor concret. Les unitats de velocitat que utilitza l'aplicació són km/h.
- Velocitat del vent- Tenir el vent a favor o en contra afecta a la força que el cotxe ha de fer per vèncer la fricció amb l'aire, per tant, tindrem l'opció de considerar-lo a favor (si fem signe positiu) o en contra (si el fem signe negatiu). Les unitats utilitzades són km/h.



II-lustració 32- Vent sobre el vehicle

- Velocitat final de tram- Aquest valor de velocitat, en km/h, serà el mateix tant per la velocitat amb la que acabem el tram, com la velocitat inicial del tram següent (si hi ha més trams).
- Altura final de tram- Correspondrà a l'altura amb la que acabem el tram, prenent com a referència o valor 0 el valor del punt de partida, de forma que si pugem en metres respecte el tram inicial ficarem el valor dels metres en positiu, si per contra, ens trobem a un nivell més baix, els ficarem amb signe negatiu.
- Distància del tram- Determina la distància que recorrem durant el tram en el qual ens trobem. Les unitats utilitzades són km.

- Revolucions màximes de canvi de marxa- Si el vehicle és de canvi manual, aquest valor dependrà de l'usuari que el condueix, ja que ell pot canviar en el moment que desitgi. Si és automàtic, serà el propi vehicle el que realitzi el canvi de marxa, però dependrà de la configuració que aquest tingui per dur aquesta tasca, dit d'una altra manera, del mode de conducció. Aquesta dada es dona en tant per cent sobre les RPM màximes del vehicle.
- Mode de conducció- En cas de ser automàtic, s'ha d'establir si es condueix en mode Eco (canviar a marxa immediatament més alta al 30% de les RPM màximes), Normal (canviar a marxa immediatament més alta al 50% de les RPM màximes), Esport (canviar a marxa immediatament més alta al 80% de les RPM màximes) o personalitzat (canviar de marxa al valor de RPM màximes desitjades). Si és automàtic, només tindrem l'opció de personalitzat.
- Botó de 'Start-Stop'- És una opció que disposen alguns dels cotxes més moderns, pels quals en parar el vehicle i trobar-se a una velocitat de 0 km/h, aquest s'atura per tal de no consumir combustible en ralenti. Si s'activa doncs aquesta opció, el consum és menor si ens aturem.



Il·lustració 33-Botó Start-Stop

- Tipus de trajecte- És un indicador purament informatiu pel qual l'aplicació serà capaç de saber per quina zona t'has desplaçat i informar-te sobre el consum en aquesta mateixa. Només es podrà seleccionar un trajecte urbà si es fa per ciutat, interurbà si ens desplaçem per exteriors de zones urbanes o mixte si combinem totes dues.

3.2. Variables de sortida del trajecte

Un cop descrites totes les variables d'entrada amb el seu significat i unitats, s'expliquen a continuació totes les dades o resultats que proporciona l'aplicació sobre el trajecte realitzat.

- Temps de trajecte- Ens informarà del temps en minuts que hem trigat en realitzar el total del recorregut, és a dir, la suma de tots els trams.
- Pendent del trajecte- Consisteix en un valor que indicarà el total de desnivell que hem superat. En cas que el punt final estigui a una altura inferior que l'inicial, aquest valor serà negatiu. Les unitats utilitzades són metres en aquest cas.



Il·lustració 34- Vehicle superant un desnivell

- Distància total recorreguda- És la distància total recorreguda des de l'inici del trajecte fins al seu final. Les seves unitats són km.
- Velocitat mitjana- Estableix quina ha estat la velocitat mitja al llarg de tot el recorregut en km/h.
- Consum mitjà- És el valor mig que es consumeix de combustible al llarg de tot el trajecte. El valor es dona en diferents unitats. A la seva vegada, en funció del tipus de trajecte que es realitza, apareix una notificació aconsellant o no consultar la normativa d'emissions pel tram on ens desplacem.
- CO₂ emes- Informa sobre els kg de CO₂ que s'han generat durant el total del recorregut i han estat emesos a l'atmosfera.

4. Gràfiques

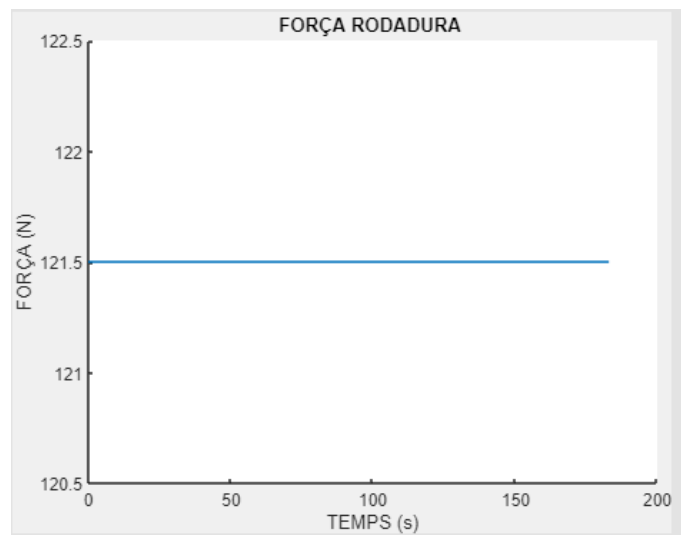
A banda dels resultats numèrics obtinguts, o variables de sortida anomenades en l'apartat anterior, l'aplicació ofereix un seguit de gràfiques que aporten informació extra a l'usuari, ja que permet veure que succeeix en punts concrets del trajecte, o veure l'influència de diferents factors en els resultats final, com les marxes, les forces que actuen sobre el vehicle...

Les gràfiques de les que es disposa són les següents:

4.1. Força de rodadura

La força de rodadura és la força que tenim quan un cos roda sobre una superfície.

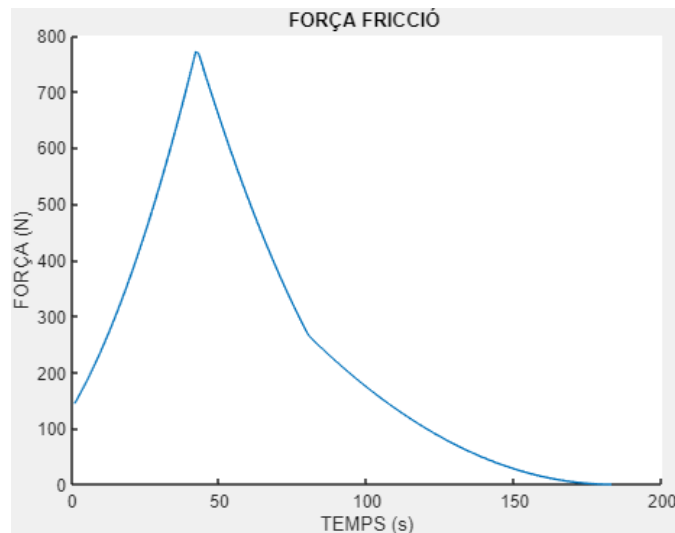
En aquest cas, es representa la força de rodadura que ha de vèncer el vehicle. Aquesta força és constant ja que únicament depèn del pes d'aquest, la seva aparença és la següent:



Il·lustració 35- Gràfica de Força de rodadura

4.2. Força de fricció

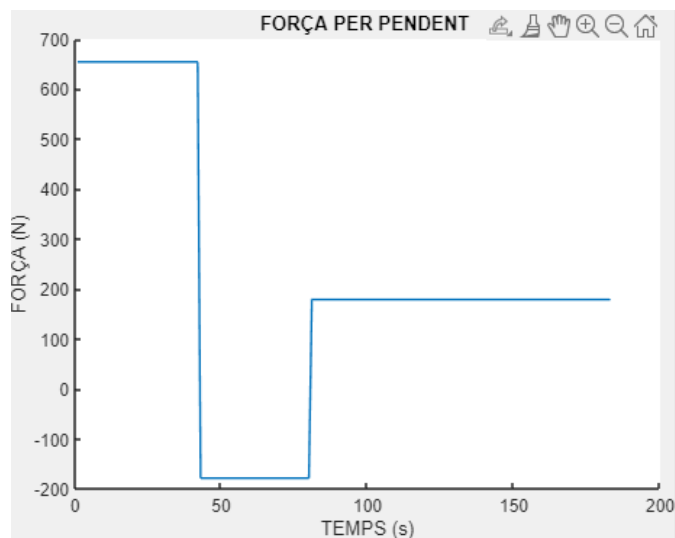
La força de fricció aerodinàmica, és la força que ha de vèncer el vehicle quan intenta desplaçar-se a través d'un fluid com és l'aire. Aquesta depèn tant de les característiques del fluid com de les del vehicle i la gràfica té el següent aspecte:



Il·lustració 36- Gràfica força de fricció

4.3. Força per pendent

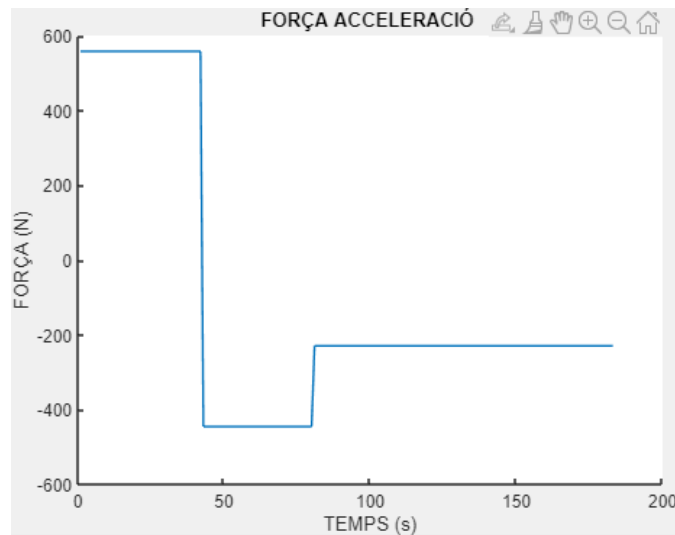
És la força que es presenta en el moment en que el vehicle no es desplaça per un terreny totalment pla. Aquesta força es deu a la pròpia gravetat, de forma que si necessitem fer una pujada, aquesta força s'oposarà a la nostra direcció de desplaçament, però si ens trobem en una baixada, aquesta serà a favor del sentit i direcció d'aquest.



Il·lustració 37- Gràfica de la força per pendent

4.4. Força d'acceleració

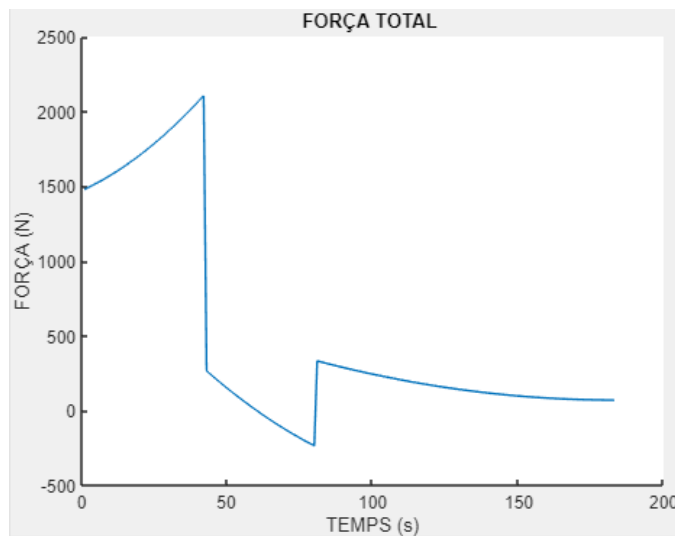
En voler fer un canvi de velocitat, el vehicle experimenta una acceleració. En funció de si aquesta acceleració és positiva (si la $v_{\text{final}} >$ que la v_{inicial}) o be negativa (frenem), la força que farà el vehicle també serà positiva o be negativa respectivament.



Il·lustració 38- Gràfica força d'acceleració

4.5. Força total

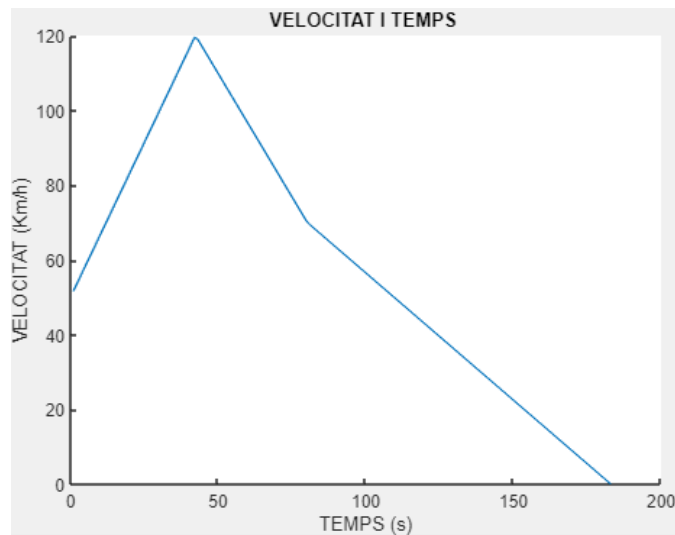
Representarà la suma de totes les forces esmentades anteriorment, per tal de poder veure quina força final actua sobre el cotxe.



Il·lustració 39- Gràfica suma de les forces

4.6. Velocitat i temps

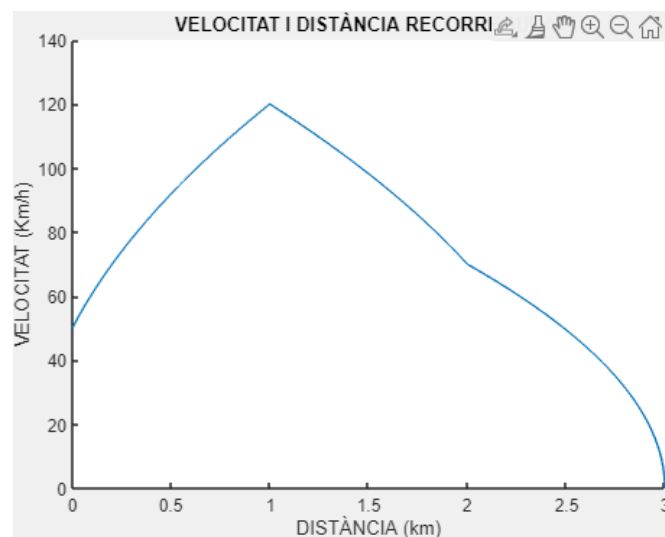
Es mostra la velocitat a la que es troba el vehicle en cada instant de temps. Es suposa que l'acceleració és constant.



Il·lustració 40- Gràfica de la velocitat a cada instant de temps

4.7. Velocitat i distància recorreguda

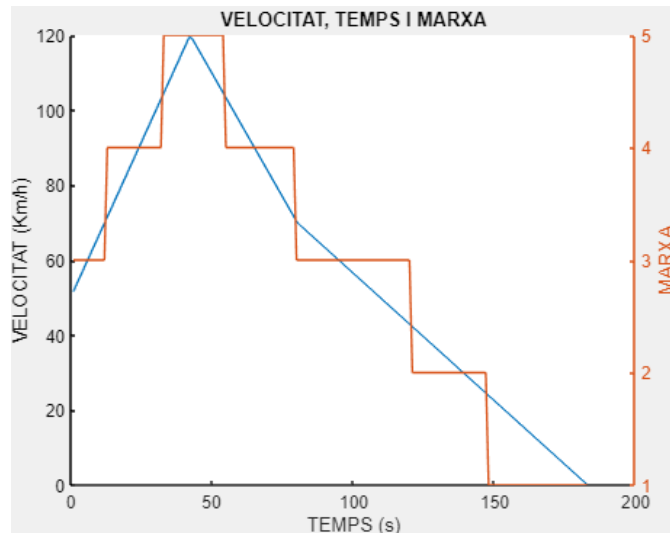
Es mostra la velocitat a la que es troba el vehicle en funció de la distància recorreguda.



Il·lustració 41- Gràfica de la velocitat en funció de la distància

4.8. Velocitat, temps i marxa

Novament es mostra la velocitat a la que es troba el vehicle en cada instant de temps, però s'incorpora la marxa del vehicle a la que es circula. Per a poder veure bé les dues variables, el sistema d'eixos d'ordenades té un fons d'escala diferent per les marxades i la velocitat.

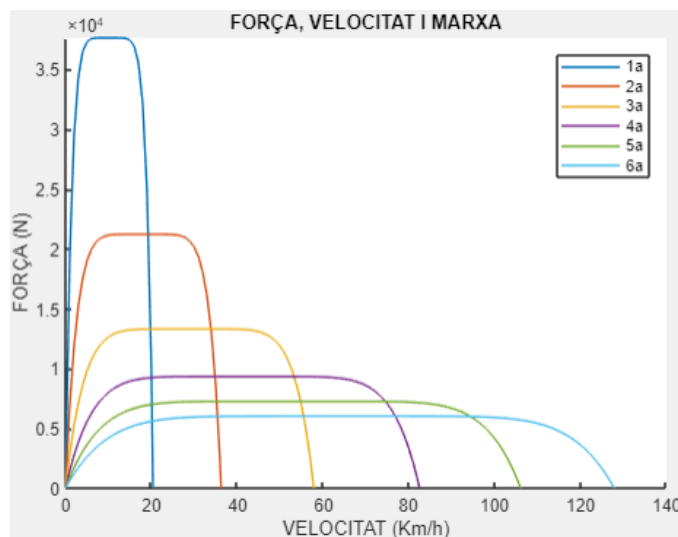


Il·lustració 42- Gràfica velocitat i marxa en funció del temps

4.9. Força, velocitat i marxa

La força és proporcional al parell que exerceix el vehicle, i la velocitat ho és amb les RPM de gir del motor, de forma que la gràfica presenta la mateixa àrea per a totes les marxes, ja que únicament canvia la relació que existeix entre aquestes. (A més marxa, més velocitat però menys parell).

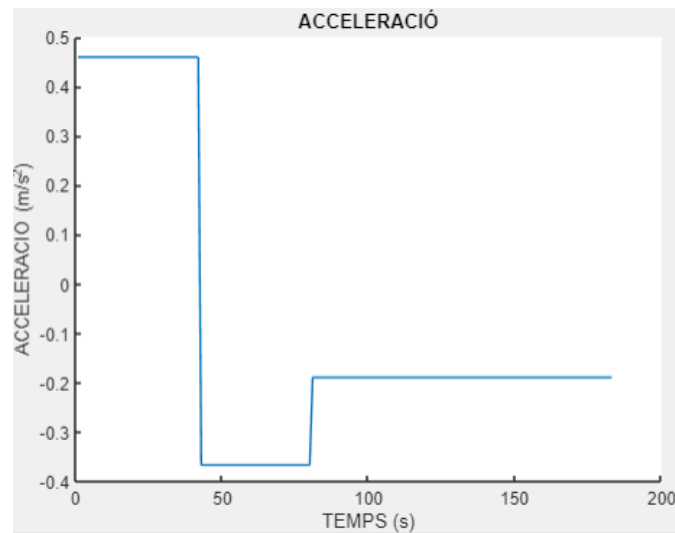
Si s'observa la gràfica 4.13, s'aprecia que la força s'obté dividint el parell entre la relació de transmissió, mentre que la velocitat és proporcional a les rpm de la mateixa gràfica multiplicades per la relació de transmissió. D'aquesta manera, a més marxa tenim una major amplada en la gràfica i disminuïm una part proporcional de l'eix y.



Il·lustració 43- Gràfica de força en funció de la velocitat i la marxa

4.10. Acceleració

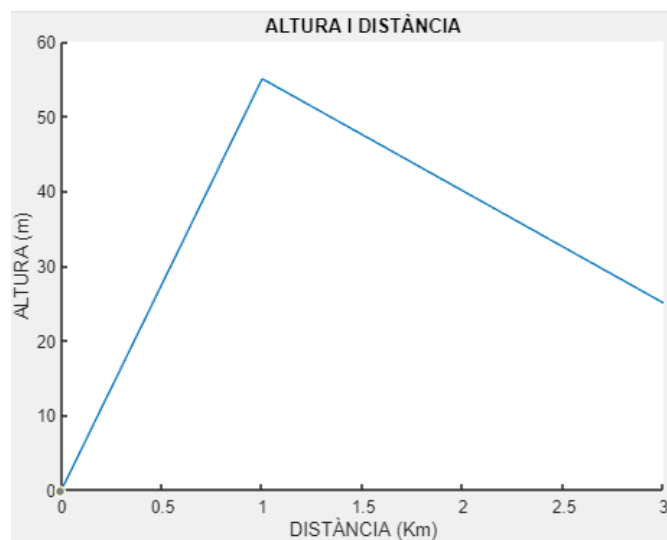
Únicament es representa l'acceleració que s'experimenta en cadascun dels trams. Com ja hem comentat abans, aquesta sempre es considera constant.



Il·lustració 44- Gràfica d'acceleracions

4.11. Altura i distància

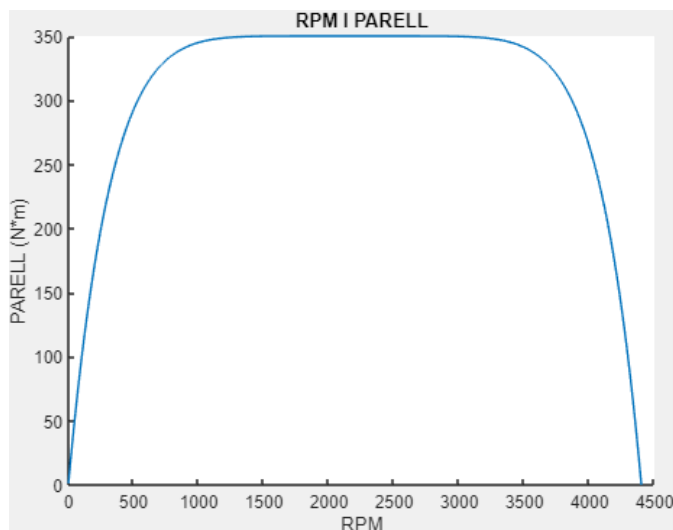
Indica l'altura a la que ens trobem en funció del punt del recorregut on estem.



Il·lustració 45- Gràfica d'altura durant el recorregut

4.12. Rpm i parell

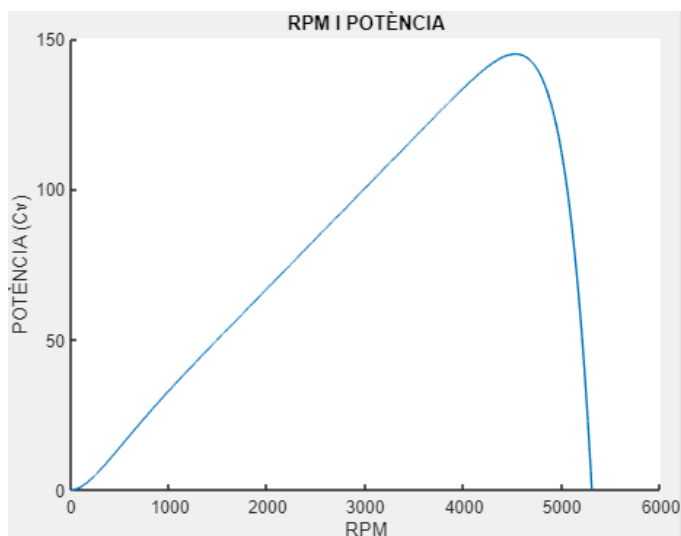
Aquesta gràfica relaciona les RPM i el parell màxim que podem tenir amb les característiques del motor del nostre vehicle. Es per aquest motiu, que el punt de treball estarà en tot moment dintre de l'àrea delimitada per aquesta corba.



Il·lustració 46- Gràfica de RPM i parell

4.13. RPM i potència

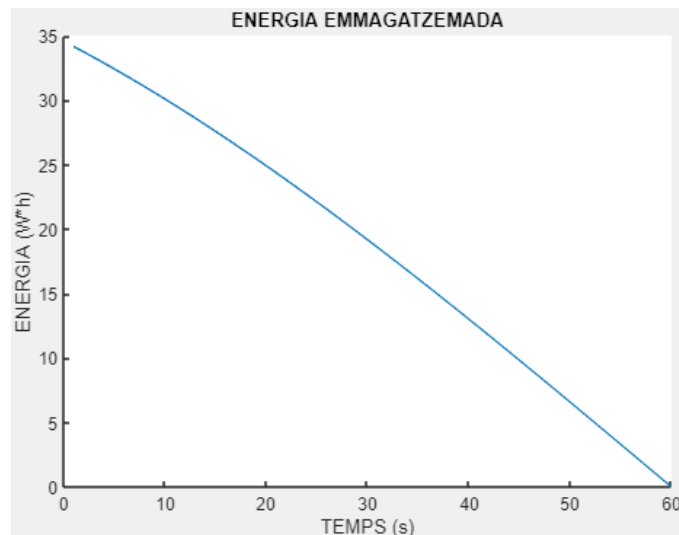
Es representa la potència que entrega el vehicle en funció de les RPM a les quals es troba, essent la forma de la gràfica molt similar per a tots els vehicles.



Il·lustració 47-Gràfica de les RPM i la potència desenvolupada pel motor

4.14. Energia emmagatzemada

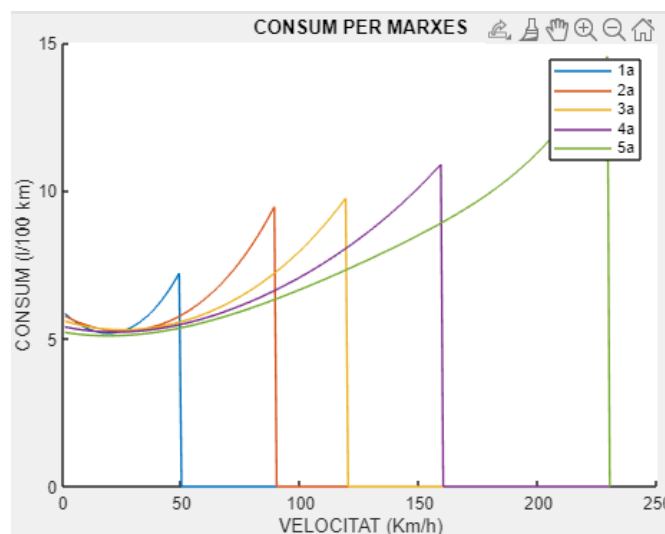
En cas d'escollir la opció de regenerar energia, es representarà en aquesta gràfica el valor que es regenera per a cada instant de temps.



Il·lustració 48- Gràfica de l'energia regenerada

4.15. Consum per marxes

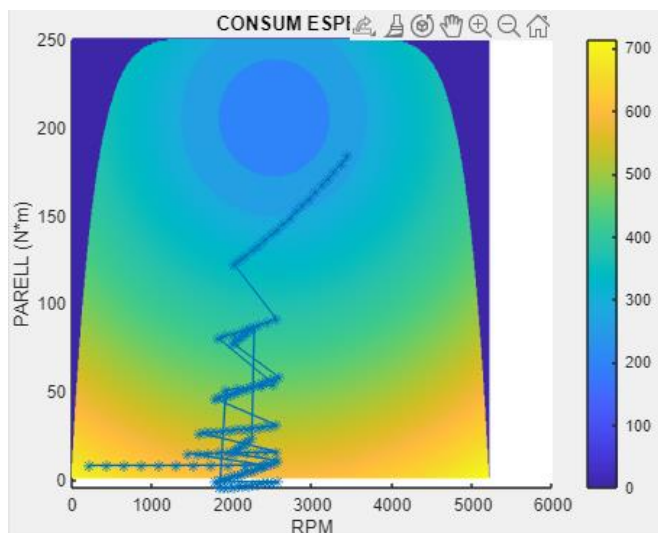
Es tracta d'una gràfica genèrica que representa el consum de cadascuna de les marxes a unes velocitats concretes. Amb aquesta gràfica podem observar que a marxes més llargues el consum és inferior que a marxes més baixes per una mateixa velocitat, però hem de tenir en compte que per limitacions obvies dels motors dels vehicles, no podem anar per exemple a 20km/h en 5a, ja que faríem malbé el motor.



Il·lustració 49-Gràfica del consum en funció de la marxa

4.16. Consum específic

Es representa el gràfic del consum específic dels vehicles de combustió. Per sobre d'aquest, es dibuixen els punts de RPM i parell específics del nostre trajecte en cada instant, i s'obté aquest consum específic en el punt desitjat. A continuació s'uneixen tots els punts estudiats i s'obté un gràfic amb la següent aparença:



Il·lustració 50- Gràfica del consum específic

5. Fonaments teòrics utilitzats per fer els càlculs

Per tal d'oferir els resultats de trajecte a partir de les diferents dades proporcionades per l'usuari, és necessari utilitzar certes fórmules o fonaments teòrics que relacionin aquetes entrades i sortides.

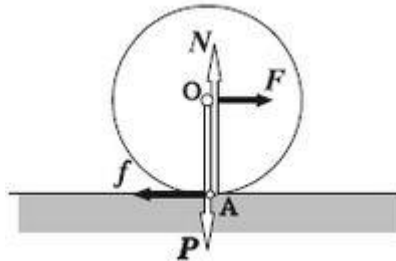
5.1. Forces sobre el vehicle

En l'apartat anterior, hem vist que tenim certes forces que actuen sobre el vehicle i les representàvem en gràfiques.

Ara, s'explica la manera en com es calcula cadascuna d'elles.

- Força de rodadura- El seu valor és constant i es calcula com:

$$F. Rodadura (N) = \frac{Pes\ cotxe(kg)}{10} \quad (2)$$



Il·lustració 51- Força de rodadura (esquema forces)

- Força de fricció o aerodinàmica- Per calcular aquesta força, s'aproximen les condicions de densitat, temperatura... de l'aire a les condicions estàndard, de forma que:

$$F. Fricció (N) = \frac{1}{2} * \rho * Sf * Cx * (V. cotxe - V. vent)^2 \quad (3)$$

On:

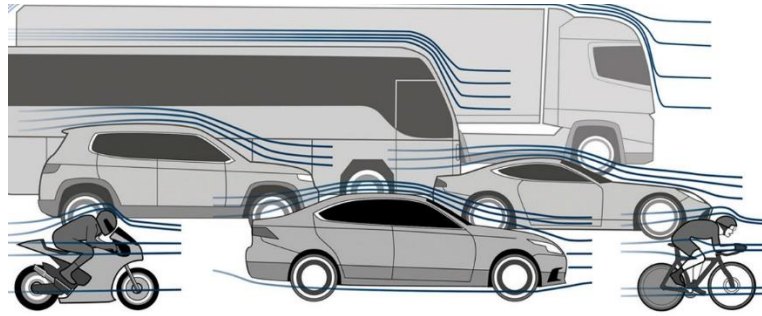
ρ - Densitat de l'aire (1,225 kg/m³)

Sf - Superfície frontal del vehicle (m²)

Cx - Coeficient de fricció

$V.cotxe$ - Velocitat del cotxe (m/s)

$V.vent$ - Velocitat del vent (m/s)



Il·lustració 52- Força de fricció o aerodinàmica

- Força per pendent- En dependre del pendent, hem de considerar els metres que baixem i en quina distància ho fem. Serà constant per a cadascun dels trams ja que considerem que baixem els mateixos metres per cada tram que recorrem.

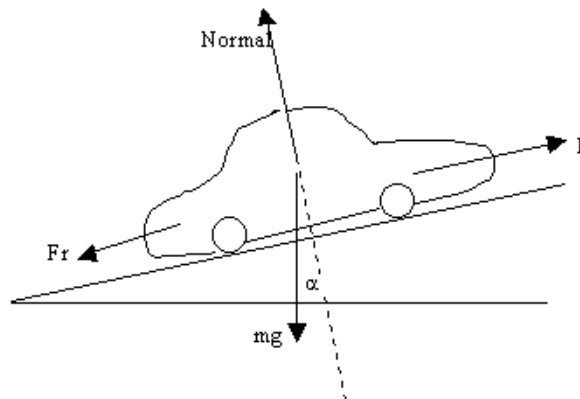
$$F. Pendent(N) = \text{Pes cotxe} * 9,81 * \left(\frac{\text{Desnivell tram}}{\text{Distància tram}} \right) \quad (4)$$

On:

Pes cotxe- en kg

Desnivell tram- metres que baixem o pugem (m)

Distància tram- Distància en la que baixem o pugem els metres del tram (m)



Il·lustració 53- Força per pendent (esquema de forces)

- Força d'acceleració- Si mantenim una velocitat constant, aquesta força és 0, però si augmentem o disminuïm la velocitat, llavors calculem aquesta força com:

$$F. Acceleració = \text{Pes cotxe} * \text{acceleració} \quad (5)$$

Essent l'acceleració:

$$\text{Acceleració} = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (6)$$

On:

Pes cotxe- en kg

Acceleració- en m/s²

dv- Variació de velocitat (m/s)

dt- Variació de temps (m/s)



Il·lustració 54- Força d'acceleració

- Força total- Per tal d'obtenir la força final resultant que actua sobre el vehicle, únicament es realitza el sumatori de totes les forces anteriors. S'ha de tenir en compte que la força de rodadura sempre serà positiva, mentre que la resta poden ser positives o negatives en funció si s'oposen al moviment del vehicle (+) o van a favor (-).

$$F_{TOTAL}(N) = Fr + Ff + Fa + Fp \quad (7)$$

On:

Fr- Força de rodadura (N)

Ff- Força de fricció (N)

Fa- Força d'acceleració (N)

Fp- Força per pendent (N)

5.2. Altres magnituds

- Revolucions per minut- Per calcular les RPM d'un instant concret del recorregut, és necessari conèixer la velocitat a la que es desplaça el vehicle, ja que les RPM i la velocitat són directament proporcionals i es relacionen mitjançant la següent equació:

$$RPM = \left(\frac{v}{Rt}\right) * 1000 \quad (8)$$

On:

v- velocitat del vehicle (km/h)

Rt- Relació de transferència de la marxa (km/h cada 1000 rpm)

- Parell- Per determinar quin és el parell per a un punt específic del nostre recorregut, és necessari conèixer la força total que esta experimentant el vehicle en aquest instant (que es calcula com s'ha especificat a l'apartat anterior). De forma que:

$$Parell(N * m) = \frac{F}{Rt} * 1000 \quad (9)$$

On:

F- Força total (N)

Rt- Relació de transferència de la marxa (km/h cada 1000 rpm)

- Revolucions per minut i parell màxim- S'acaba de veure que per un instant del recorregut concret, la velocitat determina les RPM a les que anem, de forma que per una mateixa marxa sempre tindrem les mateixes RPM per la mateixa velocitat. D'altra banda, el parell depèn de les forces que actuen sobre el vehicle, de forma que podem tenir diferents valors de parell per unes mateixes RPM, però hi haurà algun moment on les característiques del motor no donin per a més i arribem al nostre parell màxim. Per calcular quin és aquest punt per a cada valor de RPM, ho farem de la següent manera:

$$Parell(N * m) = -abs\left(rpm - \frac{rpm.màx}{2}\right)^7 * \frac{Parell.màx}{\left(\frac{rpm.màx}{2}\right)^7} + Parell.màx \quad (10)$$

On:

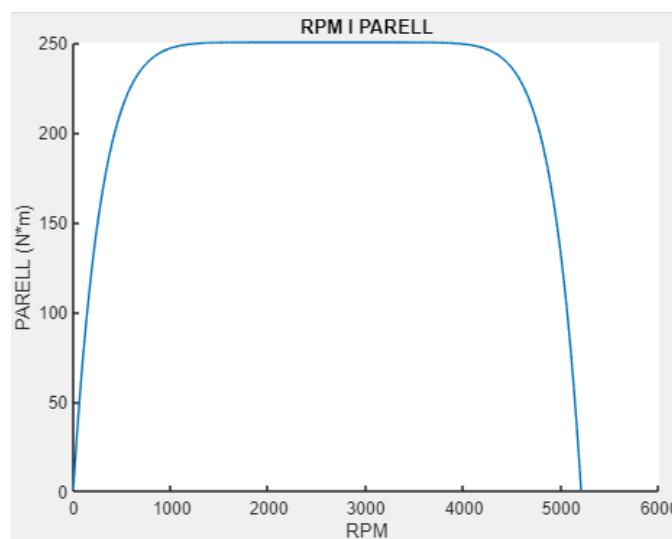
*Parell- És el valor màxim de parell per unes RPM concretes. (N*m)*

Rpm- Revolucions per minut per les quals volem saber el parell màxim que podem tenir. (rpm)

Rpm.màx- Revolucions màximes absolutes del motor del vehicle (Valor que es proporciona en la fitxa tècnica del vehicle). (rpm).

*Parell.màx- Parell màxim absolut que pot donar el motor del vehicle (Valor que es proporciona en la fitxa tècnica del vehicle). (N*m).*

Els valors que s'obtenen amb aquesta equació tenen la següent forma:



Il·lustració 55- Resultats de rpm i parell màxim

Essent 5200 rpm i 250 Nm les RPM i parell màxim per aquest vehicle en concret.

Totes les dades o punts del trajecte es trobaran doncs sempre per sota de la corba obtinguda d'aquesta forma.

Encara així, la forma d'aquest gràfic pot variar el funció del rang de les RPM que poden arribar a assolir el parell màxim (Troblem aquesta dada a la fitxa tècnica del vehicle), de forma que si:

- El rang de RPM en parell màxim és superior al 18% del total de RPM llavors l'equació a aplicar és:

$$Parell(N * m) = -abs\left(rpm - \frac{rpm.màx}{2}\right)^9 * \frac{Parell.màx}{\left(\frac{rpm.màx}{2}\right)^9} + Parell.màx \quad (11)$$

On les variables que apareixen són les mateixes que en l'equació anterior.

- El rang de RPM en parell màxim és inferior al 6% del total de RPM llavors l'equació a aplicar és:

$$Parell(N * m) = -abs\left(rpm - \frac{rpm.màx}{2}\right)^5 * \frac{Parell.màx}{\left(\frac{rpm.màx}{2}\right)^5} + Parell.màx \quad (12)$$

On les variables que apareixen són les mateixes que en l'equació anterior.

- Potència- La potència que entrega el motor esta estrictament relacionada amb les RPM i el parell.

$$Pot(kWh) = Parell * w \quad (13)$$

Essent:

$$w\left(\frac{rad}{s}\right) = rpm * \frac{\pi}{30} \quad (14)$$

On:

*Parell- en N*m*

w- velocitat angular en rad/s

rpm- revolucions per minut

De forma que si volem obtenir la potència màxima que exerceix el vehicle per unes certes RPM, hem d'utilitzar els valors de límits obtinguts al càlcul del punt anterior.

- Energia emmagatzemada- Quan l'usuari tria l'opció de regeneració d'energia, esta dient que el seu vehicle és capaç d'aprofitar moments del recorregut on el vehicle esta per exemple en una baixada o frenant. Si això succeeix, vol dir que la força que actua sobre el vehicle va a favor del desplaçament d'aquest i per tant, s'emmagatzema en una bateria. La forma de saber quin és el valor d'energia obtinguda és:

$$\text{Energia emmagatzemada (kWh)} = 0,8 * \text{abs}(F) * \frac{v}{3,6*10^6} \quad (15)$$

On:

F- força total que actua sobre el vehicle (N)

v- velocitat del vehicle en m/s

5.3. Consum i contaminació

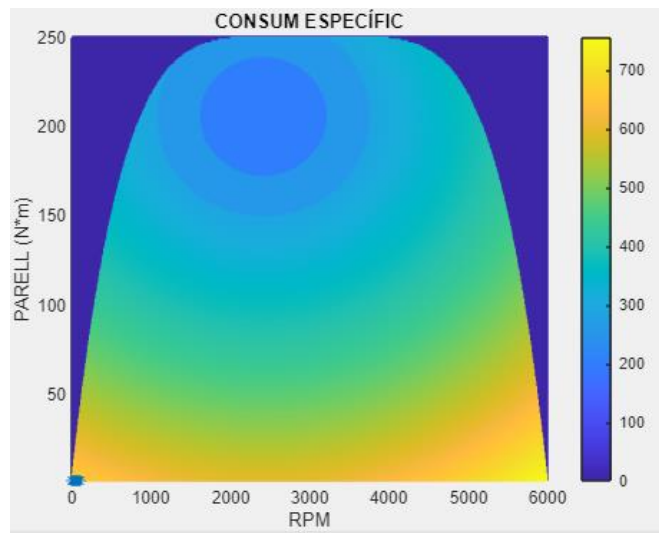
Per últim, ens queda determinar el consum del vehicle i la contaminació que emet a l'atmosfera.

Per determinar el consum, no existeix una equació que ofereixi un valor exacte. A la pràctica, aquest valor de consum específic en funció de les RPM i del parell en el qual ens trobem, s'obté a partir d'assajos empírics en bancs de proves per exemple. Això és degut a que per a cada motor trobem que hi ha una certa variació i per tant, cada vehicle té el seu propi consum específic per característiques similars.

Encara així, per realitzar aquesta aplicació s'ha utilitzat una gràfica genèrica extreta del treball ("Herramienta de simulación de consumo y emisiones de un vehículo" d'Ivan Tamarit), amb fonaments teòrics basats en els llibres de ("*Motores de combustión interna, fundamentos*") i ("*El motor: de cuatro tiempos/ de dos tiempos*").

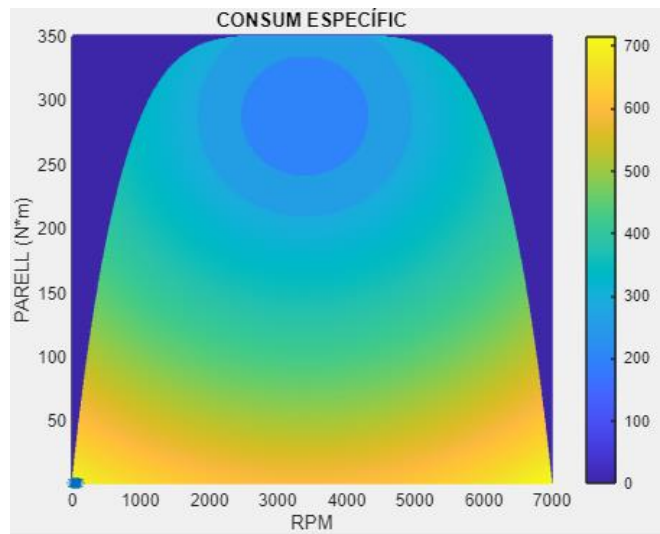
L'aparença de la gràfica és la següent:

- Per gasoil: trobem que els punts de consum més òptim es troben desplaçats cap a la zona de RPM més baixes.



Il·lustració 56- Gràfica per saber el consum específic en vehicles de gasoil

- Per benzina: S'aprecia com el punt òptim de consum es troba aproximadament per un valor mig de RPM, ja que es sap que els cotxes de benzina sempre treballen a valors més alts d'aquestes.



Il·lustració 57- Gràfica per saber el consum específic en vehicles de benzina

Depenent doncs del tipus de combustible utilitzat, s'obté el consum específic de la gràfica anterior en g/kWh.

Aquest consum el donem també en g/km amb el següent procediment:

1. Tenim la força que experimenta el vehicle a cada instant de temps.
2. Sabem que el treball es defineix com:

$$\Delta W(J) = F(N) * \Delta x(m) \quad (16)$$

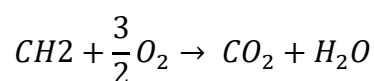
On:

F- Força total sobre el vehicle

Δx- Variació de distància

3. Hem de calcular el treball per a la mitja de la força exercida durant el trajecte i multiplicar-la per 1000 ja que suposem que a cada metre tenim la força mitja.
4. Passem la mesura de J a kWh dividint pel factor de conversió de 3600000.
5. Tenim el treball realitzat en kWh i el consum específic extret de la gràfica en g/kWh, de forma que si els multipliquem obtenim el consum en g/kWh de combustible mig.

Per últim, un cop obtinguts els grams de combustible utilitzats, sabem que la reacció química que es produeix és la següent:



Essent la relació g/mol entre el CH₂ i el CO₂ de 14 cada 44 respectivament, de forma que obtindrem els g/km de CO₂ de la següent forma:

$$CO_2 \left(\frac{g}{km} \right) = \frac{44}{14} * CH_2 \left(\frac{g}{km} \right) \quad (17)$$

I finalment obtindrem els kg totals de CO₂ emes a l'atmosfera multiplicant pel total de km recorreguts.

6. Codi del programa

En utilitzar App designer per realitzar la nostra aplicació, ha estat necessari aplicar les condicions de programació que imposa.

Per una banda, cada element del nostre programa (element, botó d'opcions, desplegable...) ha de tenir la seva pròpia funció si volem que immediatament al utilitzar-lo es realitzi alguna acció vinculada a l'element.

A més a més, cadascun dels elements té un seguit de propietats configurables per codi, com ara:

- La visibilitat- `app.Nomvariable.Visible = 'On' o 'Off'`
- Si és pot editar-
- En el cas dels gràfics, els colors, títols, marcadors, eixos, escales...

Finalment, al ser una interfície pensada pel disseny d'aplicacions, algunes feines com declarar les funcions, les variables, ubicar els objectes... les realitza de forma automàtica.

Tenint en compte això, les diferents funcions o codi principal del programa realitzades són les següents:

6.1. Funció inicialitzar

En declarar totes les variables que son necessàries, en aquesta funció s'inicialitzen amb els valors requerits, de forma que totes elles prenen ja un valor conegut.

```
app.i=0; %Per controlar si hem d'accedir a if o no
app.Tempstrajecte=0; %Temps que triguem en fer el trajecte
app.Vinicial=0; %Velocitat inicial del trajecte
app.Vfinal=0; %Velocitat final de trajecte
app.Distanciatrajecte=0; %Distància del trajecte
app.Distanciatot=0; %Distància total del recorregut
app.Desnivelltrajecte=0; %Altura del tram
app.Desnivelltot=0; %Altura final del trajecte
app.trams=0; %Número de trams que tenim
app.rmpmax=2000; %RPM a parell màxim per defecte
app.cefinal=0; %Per guardar la suma de consums específics

%Variables per radis i centre del oval en la gràfica de consum específic
app.a=0;
app.b=0;
app.c=0;
app.x0=0;
app.y0=0;

app.rmpentreparell=0; %Adaptar el fons d'escala de parell i rpm
app.parellentrerpm=0; %Adaptar el fons d'escala de parell i rpm
app.consum=0; %Variable per guardar el consum en un parell i rpm concret.
app.resetejat=0; %Per saber si hem d'escriure 0 a la taula de dades
app.energtotal=0; %Variable per guardar el total d'energia regenerada
app.densitatcomb=0; %Variable per guardar la densitat del combustible
app.consumengkm=0; %Variable auxiliar
app.temps=[]; %Taula on guardem el temps que triguem en recórrer els
diferents trams (acumulatiu).
```

```

app.velocitats=[]; %Taula on guardem les velocitats extrem de cada tram
(introduïdes per l'usuari).
app.desnivells=[]; %Taula on guardem les diferents altures dels trajectes.
app.distancies=[]; %Taula on guardarem la distància que es recorre a cada
trajecte.
app.distanciesacum=[]; %Taula on guardarem la distància que es recorre a
cada trajecte (acumulativa).
app.taulatemps=[]; %Taula on guardem tots els instants de temps que
utilitzem per fer càlculs.
app.tauladistancies=[]; %Taula on guardem tots els metres de distancia que
utilitzem per fer càlculs.
app.taulavelocitats=[]; %Taula per guardar totes les velocitats pels
instants de t.
app.taulavelocitats2=[]; %Taula per guardar totes les velocitats per cada
m.
app.taulavelocitatscanvi=[]; %Taula per guardar totes les velocitats de
canvi de marxa.
app.taularpm=[]; %Taula per guardar les rpm a cada instant de temps.
app.taulaparell=[]; %Taula per guardar el valor del parell en funció de
les rpm.
app.taulaacceleracions=[]; %Taula per guardar totes les acceleracions pels
instants de t.
app.taulaacceleracions2=[]; %Taula per guardar totes les acceleracions
pels instants de d.
app.taulamarxes=[]; %Taula per guardar totes les marxes que es fiquen
durant el trajecte a cada instant de t.
app.taulaalturarecorregut=[];
app.taulaenergiaregenerada=[]; %Taula per guardar el consum en cada segon
app.taulaFfricccio=[]; %Taula on guardem el valor de la força de fricció
per cada valor de t.
app.taulaFdesnivell=[]; %Taula on guardem el valor de la força per
desnivell durant el trajecte.
app.taulaFacceleracio=[]; %Taula on guardem el valor de la força
d'acceleració en cada instant de temps.
app.taulaFtotal=[]; % Taula amb la suma de totes les forces.

app.rpm1=[]; % Taula per guardar les rpm de la 1 marxa en el 0-120km/h
app.rpm2=[]; % Taula per guardar les rpm de la 2 marxa en el 0-120km/h
app.rpm3=[]; % Taula per guardar les rpm de la 3 marxa en el 0-120km/h
app.rpm4=[]; % Taula per guardar les rpm de la 4 marxa en el 0-120km/h
app.rpm5=[]; % Taula per guardar les rpm de la 5 marxa en el 0-120km/h
app.rpm6=[]; % Taula per guardar les rpm de la 6 marxa en el 0-120km/h

app.par1=[]; % Taula per guardar el parell de la 1 marxa en el 0-120km/h
app.par2=[]; % Taula per guardar el parell de la 2 marxa en el 0-120km/h
app.par3=[]; % Taula per guardar el parell de la 3 marxa en el 0-120km/h
app.par4=[]; % Taula per guardar el parell de la 4 marxa en el 0-120km/h
app.par5=[]; % Taula per guardar el parell de la 5 marxa en el 0-120km/h
app.par6=[]; % Taula per guardar el parell de la 6 marxa en el 0-120km/h

app.taulaconsums1=[]; % Per guardar el consum de la 1 marxa en el 0-70km/h
app.taulaconsums2=[]; % Per guardar el consum de la 2 marxa en el 0-70km/h
app.taulaconsums3=[]; % Per guardar el consum de la 3 marxa en el 0-70km/h
app.taulaconsums4=[]; % Per guardar el consum de la 4 marxa en el 0-70km/h
app.taulaconsums5=[]; % Per guardar el consum de la 5 marxa en el 0-70km/h
app.taulaconsums6=[]; % Per guardar el consum de la 6 marxa en el 0-70km/h

app.Ftotal=[]; % Variable per saber la força a velocitats concretes per
marxa, velocitat, consum.

```

```

app.ce=[]; % Taula per guardar el consum específic.
app.r=[]; % Taula per guardar els valors de revolucions per minut
app.p=[]; % Taula per guardar els valors de parell

%Per ficar la imatge que volem a l'inici de l'aplicació
app.Imatge1 = imread('No seleccio.jpg');
imshow(app.Imatge1, 'Parent', app.Imatgecotxe);
title(app.Imatgecotxe, '')

```

6.2. Funcions dels botons del panell d'inici

En accedir a l'aplicació trobem 3 botons principals que tenen funcions concretes cadascun d'ells. El codi d'aquests és:

- Botó tutorial- Ens obra un nou panell i mostra es passos a seguir pe utilitzar l'aplicació i les diferents parts per les quals esta formada.

```
app.TUTORIALPanel.Visible='On'; % Mostra el panell del tutorial
```

En prémer el botó de OK que té aquest panell, el tornarà a fer no visible amb la mateixa línia de codi, però amb 'Off'

- Botó accedir-Aquest permet accedir al panell de l'aplicació per començar a fer la simulació requerida.

```
app.PanelIntroduccion.Visible = 'off'; %Deixem de mostrar el panell d'inici
inicialitzar(app); %Inicialitzem variables
```

- Botó tancar

```
delete(app); % Tanquem l'aplicació
```

6.3. Funció del botó 'Què desitja fer'

En accedir a la pantalla principal on entrar totes les dades, ens trobem una opció que ens permet escollir entre entrar les dades d'un vehicle de forma personalitzada (entrant totes les variables que es demanen una a una) o triar un vehicle ja existent (On les dades del propi vehicle estan ja guardades al programa).

En funció de l'opció escollida, es mostren unes opcions o unes altres, es deixa o no editar variables...

```

opcio1=app.Crearnouvehicle.Value; %Crear un nou vehicle
opcio2=app.Triarvehicleexistent.Value; %Tria vehicle existent

if (opcio1 == 1) %si volem crear un nou vehicle
%Amaguem el desplegable de triar un vehicle
app.Vehiclesdisponibles.Visible='Off';
app.VehiclesdisponiblesLabel.Visible = 'Off';
app.Vehiclesdisponibles.Value='Tria un vehicle';%Establim la primera opció
del desplegable com predeterminedada

```

```

%Fem visibles tots els camps a emplenar, deixem que es puguin editar i
inicialitzem els valors amb el valor per defecte
app.Pescotxeentrada.Visible = 'On';
app.Cx.Visible = 'On';
app.Superfciefrontal.Visible = 'On';
app.Revolucionsmximes.Visible = 'On';
app.Potnciamxima.Visible = 'On';
app.Parellmxim.Visible = 'On';
app.Tipusdecombustible.Visible = 'On';
app.RPMmximesdecanvi.Visible = 'On';
app.Nmerocanvidemarxes.Visible = 'On';
app.Rt1.Visible = 'On';
app.Rt2.Visible = 'On';
app.Rt3.Visible = 'On';
app.Rt4.Visible = 'On';
app.Rt5.Visible = 'On';
app.Rt6.Visible = 'On';
app.Pescotxeentrada.Editable = 'On';
app.Pescotxeentrada.Value = 1
app.Cx.Editable = 'On';
app.Cx.Value = 1
app.Superfciefrontal.Editable = 'On';
app.Superfciefrontal.Value = 1
app.Revolucionsmximes.Editable = 'On';
app.Revolucionsmximes.Value = 1;
app.Potnciamxima.Editable = 'On';
app.Potnciamxima.Value = 1;
app.Parellmxim.Editable = 'On';
app.Parellmxim.Value = 1;
app.Tipusdecombustible.Enable = 'On';
app.Tipusdecombustible.Value= 'Gasoil';
app.Nmerocanvidemarxes.Enable = 'On';
app.Nmerocanvidemarxes.Value = '6';
app.RPMmximesdecanvi.Editable = 'On';
app.Rt1.Editable = 'On';
app.Rt1.Value = 1;
app.Rt2.Editable = 'On';
app.Rt2.Value = 1;
app.Rt3.Editable = 'On';
app.Rt3.Value = 1;
app.Rt4.Editable = 'On';
app.Rt4.Value = 1;
app.Rt5.Editable = 'On';
app.Rt5.Value = 1;
app.Rt6.Editable = 'On';
app.Rt6.Value = 1;
app.Imatge1 = imread('No seleccio.jpg');
imshow(app.Imatge1, 'Parent', app.Imatgecotxe);
title(app.Imatgecotxe, '')

elseif (opcio2 == 1) %Si volem triar un vehicle existent
%fem aparèixer la opció de triar vehicle
app.Vehiclesdisponibles.Visible='On';
app.VehiclesdisponiblesLabel.Visible = 'On';
%Fem no visibles tots els camps que s'emplenaran de forma automàtica en
triar un vehicle
app.Pescotxeentrada.Visible = 'Off';
app.Cx.Visible = 'Off';
app.Superfciefrontal.Visible= 'Off';
app.Revolucionsmximes.Visible = 'Off';
app.Potnciamxima.Visible = 'Off';

```

```

app.Parellmxim.Visible = 'Off';
app.Tipusdecombustible.Visible = 'Off';
app.RPMmximesdecanvi.Visible = 'off';
app.Nmerocanvidemarxes.Visible = 'Off';
app.Rt1.Visible = 'off';
app.Rt2.Visible = 'off';
app.Rt3.Visible = 'off';
app.Rt4.Visible = 'off';
app.Rt5.Visible = 'off';
app.Rt6.Visible = 'off';
end

```

6.4. Funció Tria un vehicle existent

Un cop triada la opció del vehicle existent en l'apartat anterior, les variables es feien no visibles, ja que esperen a que es seleccioni el vehicle en concret. Aquesta funció té totes les dades dels vehicles i mostra com es tracten les variables del programa. (Només ensenyarem un únic vehicle ja que la resta són el mateix codi però amb el valor de les dades corresponents a cadascun d'ells).

```

value = app.Vehiclesdisponibles.Value; %Es guarda l'opció triada
switch value; %En funció del vehicle triat les dades tindran un valor
case 'Tria un vehicle' %Si no s'ha seleccionat cap encara
%S'estableixen els valors inicials de les variables i no es mostren
app.Pescotxeentrada.Value = 1;
app.Cx.Value = 1;
app.Superfciefrontal.Value = 1;
app.Revolucionsmximes.Value = 1;
app.Potnciamxima.Value = 1;
app.Parellmxim.Value = 1;
app.Tipusdecombustible.Value = 'Benzina';
app.Nmerocanvidemarxes.Value = '6';
app.Rt1.Value = 1;
app.Rt2.Value = 1;
app.Rt3.Value = 1;
app.Rt4.Value = 1;
app.Rt5.Value = 1;
app.Rt6.Value = 1;
app.rmpmax = 1;
app.Pescotxeentrada.Visible = 'Off';
app.Cx.Visible = 'Off';
app.Superfciefrontal.Visible = 'Off';
app.Revolucionsmximes.Visible = 'Off';
app.Potnciamxima.Visible = 'Off';
app.Parellmxim.Visible = 'Off';
app.Tipusdecombustible.Visible = 'Off';
app.Nmerocanvidemarxes.Visible = 'Off';
app.Rt1.Visible = 'Off';
app.Rt2.Visible = 'Off';
app.Rt3.Visible = 'Off';
app.Rt4.Visible = 'Off';
app.Rt5.Visible = 'Off';
app.Rt6.Visible = 'Off';
%Es carrega la imatge inicial on no apareix cap vehicle en concret
app.RPMmximesdecanvi.Visible = 'Off';
app.Imatge1 = imread('No seleccio.jpg');
title(app.Imatgecotxe, '')
case 'MINI Cooper S Roadster' %En triar un vehicle en concret

```

```

%Es fan visibles les dades, no es permeten editar i s'estableix el valor
de cadascuna d'elles.
app.Pescotxeentrada.Value = 1260;
app.Pescotxeentrada.Visible = 'On';
app.Pescotxeentrada.Editable = 'Off';
app.Cx.Value = 0.37;
app.Cx.Visible = 'On';
app.Cx.Editable = 'Off';
app.Superfciefrontal.Value = 1.97;
app.Superfciefrontal.Visible = 'On';
app.Superfciefrontal.Editable = 'Off';
app.Revolucionsmximes.Value = 6500;
app.Revolucionsmximes.Visible = 'On';
app.Revolucionsmximes.Editable = 'Off';
app.Potnciamxima.Value = 184;
app.Potnciamxima.Visible = 'On';
app.Potnciamxima.Editable = 'Off';
app.Parellmxim.Value = 260;
app.Parellmxim.Visible = 'On';
app.Parellmxim.Editable = 'Off';
app.Tipusdecombustible.Visible = 'On';
app.Tipusdecombustible.Value = 'Benzina';
app.Tipusdecombustible.Enable = 'Off';
app.Nmerocanvidemarxes.Visible = 'On';
app.Nmerocanvidemarxes.Value = '6';
app.Nmerocanvidemarxes.Enable = 'Off';
app.Rt1.Value = 9.3;
app.Rt1.Visible = 'On';
app.Rt1.Editable = 'Off';
app.Rt2.Value = 14.4;
app.Rt2.Visible = 'On';
app.Rt2.Editable = 'Off';
app.Rt3.Value = 20.7;
app.Rt3.Visible = 'On';
app.Rt3.Editable = 'Off';
app.Rt4.Value = 26.9;
app.Rt4.Visible = 'On';
app.Rt4.Editable = 'Off';
app.Rt5.Value = 32.3;
app.Rt5.Visible = 'On';
app.Rt5.Editable = 'Off';
app.Rt6.Value = 37.6;
app.Rt6.Visible = 'On';
app.Rt6.Editable = 'Off';
app.RPMmximesdecanvi.Visible = 'On';
app.rmparmax = 2770;
%Establim la imatge del vehicle
app.Imatgel = imread('MINI Cooper S Roadseter.jpg');
title(app.Imatgecotxe, 'MINI Cooper S Roadseter')
...
...
... fins a acabar amb tots els vehicles disponibles.

```

6.5. Funció Afegir tram

És una de les funcions més importants del programa. Això suposa també més complexitat. Això és degut a que és la funció que s'executa al prémer el botó d'afegir tram, de forma que es realitzen tots els càlculs de totes les variables de sortida, emplenat de taules per poder representar gràfiques... El respectiu codi és el següent:

```
%Un cop afegim un tram al programa, no es permet canviar ja l'opció
escollida ni editar cap valor, ja que es faran els càlculs a partir
d'aquestes dades i no seria lògic que es tinguin dades diferents per trams
del mateix recorregut.
```

```
app.Qudesitjafer.Visible= 'Off';
app.Vehicledisponibles.Enable='Off';
app.Pescotxeentrada.Enable = 'Off';
app.Cx.Enable = 'Off';
app.Superfciefrontal.Enable = 'Off';
app.Revolucionsmximes.Enable = 'Off';
app.Potnciamxima.Enable = 'Off';
app.Parellmxim.Enable = 'Off';
app.Tipusdecombustible.Enable = 'Off';
app.RPMmximesdecanvi.Enable='Off';
app.Nmerocanvidemarxes.Enable = 'Off';
app.Rt1.Enable = 'Off';
app.Rt2.Enable = 'Off';
app.Rt3.Enable = 'Off';
app.Rt4.Enable = 'Off';
app.Rt5.Enable = 'Off';
app.Rt6.Enable = 'Off';
app.RecuperacidenergiaCheckBox.Enable='Off';
app.StarStopCheckBox.Enable='off';
app.CanvidemarxesDropDown.Enable='Off';
app.ModedeconducciDropDown.Enable='Off';
app.CapacitatBateriakWhEditField.Enable='Off';
```

```
%En funció de si és el primer tram o no, hi ha petites diferències en la
manera de procedir de forma que fem un control d'aquest factor, i a la
seva vegada anem sumant el número de trams que tenim
```

```
app.trams = app.trams + 1;
```

```
if (app.i == 1) %Si ja no és el primer tram
%Preparem totes les dades del trajecte necessàries per emplenar la taula
que ens informa d'això.
app.Vinicial=app.Vfinal; %La velocitat inicial del nou tram es la final
del tram anterior
app.Vfinal=app.Velocitatfinaltram.Value;%Velocitat final l'estableix
l'usuari
app.Desnivelltrajecte=app.Alturafinaldetram.Value;%Desnivell l'estableix
l'usuari
app.Distanciatrajecte = app.Distnciaarecorrer.Value; %La distància del
tram l'estableix l'usuari
nr = {app.Vinicial app.Vfinal app.Desnivelltrajecte
app.Distanciatrajecte}; %Creem la nova fila de la taula
app.TaulaDadestrajecte.Data = [app.TaulaDadestrajecte.Data;nr]; %Afegim a
la taula existent la nova fila de dades
```

```
else %Pel primer tram
%Emplenem el primer valor de les taules de les dades
app.temps(1) = 0;
app.desnivells (1) = 0;
app.distancies (1) = 0;
app.velocitats(1) = app.Velocitatinicial.Value;
app.Vinicial = app.Velocitatinicial.Value; %Guardem el valor de la
velocitat inicial
%No deixem que es visualitzi la velocitat inicial novament
app.Velocitatinicial.Visible = 'Off';
app.Velocitatiniciallabel.Visible = 'Off';
%la velocitat del vent és constant durant el trajecte per tant deixem de
demanar-la
```

```

app.VelocitatdelventkmhLabel.Visible = 'Off';.
app.Velocitatvent.Visible = 'Off';
app.Vfinal = app.Velocitatfinaltram.Value; %La velocitat final
l'estableix l'usuari
app.Desnivelltrajecte = app.Alturafinaldetram.Value; %El desnivell
l'estableix l'usuari
app.Distanciatrajecte = app.Distnciaarecorrer.Value; %La distància del
tram l'estableix l'usuari
% Ara tocaria emplenar la taula, però hem de saber si s'ha polsat el botó
de reset o no, ja que en cas de resetejar la taula, la primera fila queda
amb valors a 0, mentre que si s'acaba d'iniciar l'aplicació, la taula no
té cap filera existent.
    if (app.resetejat ~= 0) %si s'ha polsat el reset
        %Només emplenem la fila de 0 amb els valors pertinents
        app.TaulaDadestrajecte.Data = {app.Vinicial app.Vfinal
        app.Desnivelltrajecte app.Distanciatrajecte};
        app.resetejat=0;
    else %Si no s'ha polsat
        %Creem la nova fila i assignem els valors
        nr = {app.Vinicial app.Vfinal app.Desnivelltrajecte
        app.Distanciatrajecte};
        app.TaulaDadestrajecte.Data = [app.TaulaDadestrajecte.Data;nr];
    end
app.i=1; %Per no entrar mes en aquest else ja que no es el primer tram
del trajecte
end

%Un cop emplenada la taula del programa amb la informació dels trams,
s'emplenaran ara les variables de sortida i les variables de tipus string
on es guarden valors a cada instant per després representar les
gràfiques.

%Gestionem la distància del tram i del trajecte
app.Distanciatot = app.Distanciatot + app.Distanciatrajecte;
app.DistnciatotalkmEditField.Value = app.Distanciatot;
app.distancies (app.trams+1) = app.Distanciatrajecte;

%Gestionem la velocitat inicial i final dels trams
app.velocitats(app.trams+1) = app.Vfinal;
Vmitjatram=(app.Vfinal+app.Vinicial)/2; %Calculem la velocitat mitja del
tram en el que ens trobem

%Calculem els temps que es triguen
app.Tempstrajecte=app.Tempstrajecte+
((app.Distanciatrajecte/Vmitjatram)*60); %Amb la distància i la velocitat
mitja sabem el temps que triguem
app.temps (app.trams+1) = app.Tempstrajecte*60;
app.TempsdetrajecteminEditField.Value = app.Tempstrajecte;

app.VelocitatmitjakmhEditField.Value =
app.Distanciatot/(app.Tempstrajecte/60); %amb la distància tot i el temps
tot sabem la v.mitja

%Gestionem les diferències de nivells entre trams i total
app.Desnivelltot = app.Desnivelltot + app.Desnivelltrajecte; %Sumem tots
els desnivells i tenim el total de metres pujats o baixats
app.desnivells (app.trams+1)=
app.desnivells (app.trams)+app.Desnivelltrajecte;
app.DesnivellsuperatmEditField.Value = app.Desnivelltot;

```

```

%Un cop ja guardats tots els valors frontera dels trams (Velocitat
inicial, final, temps que triguem, desnivells... caldrà fer el càlcul de
les diferents variables per a cada instant)
for index = 1:(app.trams)
t = round(app.temps(index)+1):1:round(app.temps(index+1)); % Sumem 1 al
valor d'inici, ja que sinó estariem repetint el càlcul per al valor de t
frontera de cada tram
app.taulatemps(t)=t;
%Càlcul de la velocitat per instants
app.taulavelocitats(t)=(app.velocitats(index+1)-
app.velocitats(index))/(app.temps(index+1)-app.temps(index))*(t-
app.temps(index))+app.velocitats(index);
%Càlcul de la força de fricció amb fórmula(3)
app.taulaFfricció(t)= 0.6125*((app.taulavelocitats(t)/3.6-
app.Velocitatvent.Value/3.6).^2)*1.7*app.Superfciefrontal.Value*app.Cx.Va
lue;
%Càlcul de la força per pendent amb fórmula(4)
app.taulaFdesnivell(t)=
app.Pescotxeentrada.Value*9.81*sin((app.desnivells(index+1)-
app.desnivells(index))/sqrt((app.desnivells(index+1)-
app.desnivells(index)).^2+(app.distancies(index+1)*1000).^2));
%Càlcul de la forà d'acceleració amb fórmula(5)
app.taulaFacceleracio(t) =
app.Pescotxeentrada.Value*((app.velocitats(index+1)/3.6-
app.velocitats(index)/3.6)/(app.temps(index+1)-app.temps(index)));
%Càlcul de la força total amb fórmula(7)
app.taulaFtotal(t) = app.Pescotxeentrada.Value/10 +
0.6125*((app.taulavelocitats(t)/3.6-
app.Velocitatvent.Value/3.6).^2)*1.7*app.Superfciefrontal.Value*app.Cx.Va
lue + app.Pescotxeentrada.Value*9.81*sin((app.desnivells(index+1)-
app.desnivells(index))/sqrt((app.desnivells(index+1)-
app.desnivells(index)).^2+(app.distancies(index+1)*1000).^2)) +
app.Pescotxeentrada.Value*((app.velocitats(index+1)/3.6-
app.velocitats(index)/3.6)/(app.temps(index+1)-app.temps(index)));
%Un cop tenim la força total, si tenim activada l'opció de regenerar
energia, llavors guardarem aquells instants on la força sigui negativa
com energia regenerada amb un rendiment del 70% amb fórmula(15)
    if (app.taulaFtotal(t)<0) & (app.RecuperacidenergiaCheckBox.Value==1)
        valor=abs(app.taulaFtotal(t)).*(app.taulavelocitats(t)/(3.6*3.6*10^
3));
        app.taulaenergiaregenerada(t)=0.7*valor;
        app.energtotal=app.energtotal+app.taulaenergiaregenerada(t);
        %Si arribem al límit de la capacitat de la bateria deixarem
d'emmagatzemar-ne més
        if(app.energtotal>(app.CapacitatBateriakWhEditField.Value*100
0))
            app.taulaenergiaregenerada(t) = 0;
        end
    else
        app.taulaenergiaregenerada(t) = 0;
    end
end
%Calculem l'acceleració de cada instant amb fórmula(6)
app.taulaacceleracions(t)=((app.velocitats(index+1)/3.6-
app.velocitats(index)/3.6)/(app.temps(index+1)-app.temps(index)));
end

%PEL CONSUM
%L'algoritme utilitzat per determinar el consum específic és el punt més
complex de l'aplicació, el funcionament és el següent: Si visualitzem la
gràfica del C.E, observem que és un oval de consum mínim, i a partir
d'aquí la resta de nivells són concèntrics a aquest oval, de forma que

```

```

determinarem el centre del oval principal i en funció de la distància
entre el centre i el punt del que vulguem saber el c.e, tindrem un valor
o un altre. Ara determinem el centre del oval.
%Variables per adaptar escales entre eixos de rpm i parell per poder
mesurar la distància correctament
app.parellentrerpm = app.Parellmxim.Value/app.Revolucionsmximes.Value;
app.rmpentreparell = app.Revolucionsmximes.Value/app.Parellmxim.Value;
%Determinació d'eixos del oval
app.a = 0.15*app.Revolucionsmximes.Value; % Eix a=eix x y b=eix y
app.b = (app.a/1.118)*app.parellentrerpm;
app.c = app.a*1.5*app.parellentrerpm; %Eix per al 2 oval concèntric
comb = app.Tipusdecombustible.Value; %Per saber si és benzina o gasoil
%En funció del tipus de combustible, el centre del oval esta situat en un
lloc o en un altre com s'ha vist ja en apartats anterior
switch comb
    case 'Benzina'
        app.x0 = app.Revolucionsmximes.Value/2.06;
        app.densitatcomb=720;
    case 'Gasoil'
        app.x0 = app.Revolucionsmximes.Value/2.48;
        app.densitatcomb=840;
end
% Centre en eix y no varia
app.y0 = app.Parellmxim.Value*0.82;

%Ara s'emplenen les taules de les rpm, parell i marxa dels punts del
trajecte que es recorre
rpmcanvi = app.Revolucionsmximes.Value*app.RPMmximesdecanvi.Value/100;
%Per cada instant de temps calculem cadascuna de les variables
for var = 1:round(app.temps(app.trams+1))
%Com tenim el valor de rpm en tant per cent a les que es canvia de marxa,
i sabem la velocitat i la RT de cada marxa, sabem a quina marxa hem
d'anar
%Per la primera marxa
if ((app.taulavelocitats(var)>= -1)&(app.taulavelocitats (var)<
(rpmcanvi/1000*app.Rt1.Value))) %En algunes ocasions els programa fa un
petit error establint-0,001 a la velocitat de 0.
%Càlcul de ROM i parell amb fórmula (8) i (9) respectivament
app.taulamarxes (var) = 1;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt1.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt1.Value/1000;
    %En cas de que la velocitat sigui 0, si tenim activat el mode
    Start-Stop no es consumeix, però si no el tenim, hem d'establir un
    consum de ralenti del motor
    if (app.taulavelocitats(var) <= 0)
        if (app.StarStopCheckBox.Value==1)
            app.taularpm(var)=0;
        else
            app.taularpm(var)=900;
            app.taulaparell(var)=0;
        end
    end
end
%Per la segona marxa
if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt1.Value)) &
(app.taulavelocitats (var) < (rpmcanvi/1000*app.Rt2.Value)))
app.taulamarxes (var) = 2;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt2.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt2.Value/1000;
end
%Per la tercera marxa

```

```

if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt2.Value)) &
(app.taulavelocitats (var) < (rpmcanvi/1000*app.Rt3.Value)))
app.taulamarxes (var) = 3;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt3.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt3.Value/1000;
end
%Per la quarta marxa
if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt3.Value)) &
(app.taulavelocitats (var) < (rpmcanvi/1000*app.Rt4.Value)))
app.taulamarxes (var) = 4;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt4.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt4.Value/1000;
end
%Per la cinquena marxa
if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt4.Value)) &
(app.Nmerocanvidemarxes.Value == '5'))
app.taulamarxes (var) = 5;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt5.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt5.Value/1000;
end
%Si el cotxe no té 6, llavors s'estableix la 5 en el seu lloc
if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt4.Value)) &
(app.taulavelocitats (var) < (rpmcanvi/1000*app.Rt5.Value)) &
(app.Nmerocanvidemarxes.Value == '6'))
app.taulamarxes (var) = 5;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt5.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt5.Value/1000;
end
%Per la sisena marxa
if ((app.taulavelocitats (var) >= (rpmcanvi/1000*app.Rt5.Value)) &
(app.Nmerocanvidemarxes.Value == '6'))
app.taulamarxes (var) = 6;
app.taularpm (var) = app.taulavelocitats(var)/app.Rt6.Value*1000;
app.taulaparell (var) = app.taulaFtotal(var)*app.Rt6.Value/1000;
end
end

%Per últim, queda determinar el consum específic per cada punt del tram,
de forma que utilitzem el mètode de la distància amb el centre de l'oval
ja explicat unes línies de codi més amunt.
%inicialitzem les variables
app.cefinal=0;
app.consumengkm=0;
%Per a tots els instants de temps
for var = 1:round(app.temps(app.trams+1))
app.taulaalturarecorregut(var)=1000;%Donem un valor de z superior per
poder situar el recorregut dibuixat per sobre del gràfic de consum
específic, ja que sinó en dibuixar-los en l mateixa gràfica quedava tapat
%Si el moto no treballa i per tant no fa parell, no es consumeix
if (app.taulaparell(var)<0) || (app.taularpm(var)==0)
app.consum=0;
%Si en canvi tenim parell positiu, calculem la distància del punt de
treball al oval
else
termel=(app.taularpm(var)*app.parellentrerpm-
app.x0*app.parellentrerpm)^2;
distancia=(sqrt(termel+(app.taulaparell(var)-app.y0)^2)-app.b);
app.consum = 260*exp(1*distancia/app.y0);
if (distancia<0)%En cas d'estar dintre del oval
distancia=0;

```

```

app.consum=200;
end
if ((distancia>0) & (distancia<(app.c-app.b)))%Si estem entre el 1
i 2 oval
app.consum=260;
end
end
%Finalment, sumem el consum al total i fem el càlcul del consum en les
unitats desitjades, tenint en comte que si l'usuari selecciona l'opció de
recuperar energia, aquesta s'utilitza durant el trajecte, fent així que
el consum sigui inferior.
app.cefinal = app.cefinal + app.consum;
if (app.RecuperacidenergiaCheckBox.Value ==1)
f=app.taulaFtotal(var)+f;
energia=f*1000/3600000; (15)
else
if(app.taulaFtotal(var)>0)
f=app.taulaFtotal(var)+f;
energia=f*1000/3600000; (15)
end
end
end
app.ConsummigkkWhEditField.Value= app.cefinal/var;
if (energia<0)
energia=0;
end
app.consumengkm=energia/var*app.cefinal/var; (16)
app.gkm.Text=num2str(app.consumengkm);
%Ensenyem el resultat numèric i els textos pertinents, així com també
calculem els kg de CO2 emesos a l'atmosfera.
app.gkm.Visible='On';
app.textresultat.Visible='On';
app.co2.Text=num2str(app.consumengkm*44/14*app.Distanciatot/1000); (17)
app.textco2.Visible='On';
app.co2.Visible='On';
app.Zonaconsum.Visible='On';

```

6.6. Funció de dibuixar gràfiques

Una part important dels resultats, són les gràfiques que es presenten a l'usuari. Algunes d'aquestes gràfiques no necessiten de càlculs addicionals als ja realitzats en altres funcions, mentre que d'altres sí que ho fan.

Les característiques que tenen totes les gràfiques a representar és el codi per establir els títols del gràfic i eixos, així com la declaració de quina variable ocuparà cadascun dels eixos.

```

%Es crea un gran switch que serà el desplegable de les opcions de gràfiques
a representar, de forma que cada cop que s'experimenta un canvi d'opció es
fa un Reset de la gràfica, dels eixos, la llegenda...
graf=app.grafiques.Value;
app.Grafica.YLimMode = 'auto';
reset(app.Grafica);
colorbar(app.Grafica,'Off');
legend(app.Grafica,'Off');
switch graf
%Es representa la força de rodadura a cada instant de temps
case 'FORÇA RODADURA'
title(app.Grafica, 'FORÇA RODADURA ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')

```

```

ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
t1 = 0:1:app.Tempstrajecte*60;
frodadura = 0*t1+app.Pescotxeentrada.Value/10; (2)
plot(app.Grafica,t1,frodadura);
%Es representa la força de fricció a cada instant de temps
case 'FORÇA FRICCIÓ'
title(app.Grafica, 'FORÇA FRICCIÓ ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaFfriccio);

%Es representa la força per pendent a cada instant de temps
case 'FORÇA PER PENDENT'
title(app.Grafica, 'FORÇA PER PENDENT ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaFdesnivell);
%Es representa la força d'acceleració a cada instant de temps
case 'FORÇA ACCELERACIÓ'
title(app.Grafica, 'FORÇA ACCELERACIÓ ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaFacceleracio);
%Es representa la força total a cada instant de temps
case 'FORÇA TOTAL'
title(app.Grafica, 'FORÇA TOTAL ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
plot (app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaFtotal);
%Es representa la velocitat a cada instant de temps
case 'VELOCITAT I TEMPS'
title(app.Grafica, 'VELOCITAT I TEMPS ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'VELOCITAT (Km/h)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulavelocitats);
%Per aquest cas és necessari saber la velocitat per cada metre recorregut
case 'VELOCITAT I DISTÀNCIA RECORREGUDA'
title(app.Grafica, 'VELOCITAT I DISTÀNCIA RECORREGUDA ')
xlabel(app.Grafica, 'DISTÀNCIA (km)')
ylabel(app.Grafica, 'VELOCITAT (Km/h)')
app.distanciesacum (1) = 0;
%Es guarda la distància total que es té a cada tram
for ind = 1:app.trams
app.distanciesacum(ind+1)=app.distanciesacum(ind)+app.distancies(ind+1);
end
%Per a cada metre de recorregut es calcula l'acceleració i s'aplica la
fórmula de:

```

$$v = \sqrt{2 * a * (x - x_0) + v_0^2}$$

```

On:
a-Acceleració en m/s²
x-Posició actual (m)
x0- Distància inicial del tram(m)
v0- velocitat inicial del tram(m/s)

for index = 1:(app.trams)
d=round(app.distanciesacum(index)*1000+1):1:round(app.distanciesacum(index+1)*1000);
app.tauladistancies(d)=d/1000;
app.taulaacceleracions2(d)=((app.velocitats(index+1)/3.6-
app.velocitats(index)/3.6)/(app.temps(index+1)-app.temps(index)));

```

```

app.taulavelocitats2(d)=3.6*sqrt(2.*app.taulaacceleracions2(d).*(d-
app.distanciasacum(index)*1000)+(app.velocitats(index)/3.6).^2);
end
plot (app.Grafica,app.tauladistancias,app.taulavelocitats2);
%Representem la velocitat i la marxa en cada instant de temps
case 'VELOCITAT, TEMPS I MARXA'
title(app.Grafica, 'VELOCITAT, TEMPS I MARXA')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'VELOCITAT (Km/h)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulavelocitats);
yyaxis (app.Grafica,'right');
ylabel(app.Grafica, 'MARXA')
yticks(app.Grafica,[0,1,2,3,4,5,6]);
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulamarxes);
%Per saber quina és la força aplicada per marxa, cal saber el parell.
Aplicant la fórmula que ja es coneix per cadascuna de les marxes.
case 'FORÇA, VELOCITAT I MARXA'
title(app.Grafica, 'FORÇA, VELOCITAT I MARXA')
xlabel(app.Grafica, 'VELOCITAT (Km/h)')
ylabel(app.Grafica, 'FORÇA (N)')
rpmcanvi = app.Revolucionsmximes.Value*app.RPMmximesdecanvi.Value/100;
%Busquem les velocitats de canvi de marxa per saber fins quin valor de
velocitat hem de calcular.
app.taulavelocitatscanvi(1) = rpmcanvi/1000*app.Rt1.Value;
app.taulavelocitatscanvi(2) = rpmcanvi/1000*app.Rt2.Value;
app.taulavelocitatscanvi(3) = rpmcanvi/1000*app.Rt3.Value;
app.taulavelocitatscanvi(4) = rpmcanvi/1000*app.Rt4.Value;
app.taulavelocitatscanvi(5) = rpmcanvi/1000*app.Rt5.Value;
app.taulavelocitatscanvi(6) = rpmcanvi/1000*app.Rt6.Value;
percentatgeparmax = app.rmpparmax*100/app.Revolucionsmximes.Value;
%S'aplica la fórmula (10) o (11) o (12) del parell max a un valor concret
de rpm
if (percentatgeparmax > 18)
v1 = 0:1:(app.taulavelocitatscanvi(1))+1;
parell1 = -(abs(((v1*1000/app.Rt1.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
v2 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(2))+1;
parell2 = -(abs(((v2*1000/app.Rt2.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
v3 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(3))+1;
parell3 = -(abs(((v3*1000/app.Rt3.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
v4 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(4))+1;
parell4 = -(abs(((v4*1000/app.Rt4.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
v5 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(5))+1;
parell5 = -(abs(((v5*1000/app.Rt5.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
v6 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(6))+1;
parell6= -(abs(((v6*1000/app.Rt6.Value)-
(rpmcanvi/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(rpmcanvi/2).^9)+app.Parellmxim.
Value;
elseif (percentatgeparmax < 6)
v1 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(1))+1;

```

```

parell1 = -(abs(((v1*1000/app.Rt1.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
v2 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(2))+1;
parell2 = -(abs(((v2*1000/app.Rt2.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
v3 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(3))+1;
parell3 = -(abs(((v3*1000/app.Rt3.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
v4 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(4))+1;
parell4 = -(abs(((v4*1000/app.Rt4.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
v5 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(5))+1;
parell5 = -(abs(((v5*1000/app.Rt5.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
v6 = 0:1:round(app.taulavelocita5scanvi(6))+1;
parell6 = -(abs(((v6*1000/app.Rt6.Value) -
(rpmcanvi/2)).^5)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^5) + app.Parellmxim.
Value;
else
v1 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(1))+1;
parell1 = -(abs(((v1*1000/app.Rt1.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
v2 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(2))+1;
parell2 = -(abs(((v2*1000/app.Rt2.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
v3 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(3))+1;
parell3 = -(abs(((v3*1000/app.Rt3.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
v4 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(4))+1;
parell4 = -(abs(((v4*1000/app.Rt4.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
v5 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(5))+1;
parell5 = -(abs(((v5*1000/app.Rt5.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
v6 = 0:1:round(app.taulavelocitatscanvi(6))+1;
parell6 = -(abs(((v6*1000/app.Rt6.Value) -
(rpmcanvi/2)).^7)) * (app.Parellmxim.Value / (rpmcanvi/2).^7) + app.Parellmxim.
Value;
end
%Finalment, s'extreu la força a partir del parell. (9)
forca1 = parell1*1000/app.Rt1.Value;
forca2 = parell2*1000/app.Rt2.Value;
forca3 = parell3*1000/app.Rt3.Value;
forca4 = parell4*1000/app.Rt4.Value;
forca5 = parell5*1000/app.Rt5.Value;
forca6 = parell6*1000/app.Rt6.Value;
max = app.Parellmxim.Value*1000/app.Rt1.Value;
app.Grafica.YLim = [0 max];
plot(app.Grafica,v1,forca1,v2,forca2,v3,forca3,v4,forca4,v5,forca5,v6,for
ca6);
legend(app.Grafica,'1a','2a','3a','4a','5a','6a');

```

```

%Representem l'acceleració a cada instant de temps
case 'ACCELERACIÓ'
title(app.Grafica, 'ACCELERACIÓ')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'ACCELERACIÓ (m/s^2)')
plot (app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaacceleracions);
%Es representa l'altura a cada final de tram i s'uneixen els punts
case 'ALTURA I DISTÀNCIA'
title(app.Grafica, 'ALTURA I DISTÀNCIA')
xlabel(app.Grafica, 'DISTÀNCIA (Km)')
ylabel(app.Grafica, 'ALTURA (m)')
app.distanciesacum (1) = 0;
for ind = 1:app.trams
app.distanciesacum(ind+1)=app.distanciesacum(ind)+app.distancies(ind+1);
end
plot(app.Grafica,app.distanciesacum,app.desnivells);
%S'aplica novament la fórmula del parell màxim a unes certes rpm, però en
aquest cas no es fa per cap marxa en concret.
case 'RPM I PARELL'
title(app.Grafica, 'RPM I PARELL')
xlabel(app.Grafica, 'RPM')
ylabel(app.Grafica, 'PARELL (N*m)')
percentatgeparmax = app.rmpparmax*100/app.Revolucionsmximes.Value;
w = 1:1:app.Revolucionsmximes.Value;
if (percentatgeparmax > 18)
parell=-(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^9)+app.Parellmxim.Value;
elseif (percentatgeparmax < 6)
parell = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^5))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^5)+app.Parellmxim.Value;
else
parell = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^7))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^7)+app.Parellmxim.Value;
end
plot(app.Grafica,w,parell);
%Per aquest cas es fa el mateix procés que en la gràfica anterior i s'aplica
la formula de la potència (13)
case 'RPM I POTÈNCIA'
title(app.Grafica, 'RPM I POTÈNCIA')
xlabel(app.Grafica, 'RPM')
ylabel(app.Grafica, 'POTÈNCIA (Cv)')
percentatgeparmax = app.rmpparmax*100/app.Revolucionsmximes.Value;
w = 1:1:app.Revolucionsmximes.Value;
if percentatgeparmax > 18
parell = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^9))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^9)+app.Parellmxim.Value;
elseif percentatgeparmax < 6
parell = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^5))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^5)+app.Parellmxim.Value;
else
parell = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^7))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revoluci
onsmximes.Value/2).^7)+app.Parellmxim.Value;
end
potencia = w.*(3.1415/30).*(parell/1000); (13) i (14)
plot(app.Grafica,w,potencia);

```

```

%Es representa l'energia emmagatzemada a cada instant
case 'ENERGIA EMMAGATZEMADA'
title(app.Grafica, 'ENERGIA EMMAGATZEMADA')
xlabel(app.Grafica, 'TEMPS (s)')
ylabel(app.Grafica, 'ENERGIA (W*h)')
plot(app.Grafica,app.taulatemps,app.taulaenergiaregenerada);
%És una gràfica general que expressa el consum en cas de anar a una certa
velocitat amb les diferents marxex disponibles
case 'CONSUM PER MARXES'
title(app.Grafica, 'CONSUM PER MARXES')
xlabel(app.Grafica, 'VELOCITAT (Km/h)')
ylabel(app.Grafica, 'CONSUM (g/kWh)')
%Rang de velocitats que considerem
for vel=1:230
%S'obté la força (7) que experimenta el vehicle, les rpm (8) i el parell
(9) per cadascuna de les marxex
app.taulavelocitatficticia(vel)=vel;
app.Ftotal(vel)=app.Pescotxeentrada.Value/10+0.6125*((app.taulavelocitatf
icticia(vel)/3.6-
app.Velocitatvent.Value/3.6).^2)*1.7*app.Superfciefrontal.Value*app.Cx.Va
lue;
app.rpm1(vel) = (app.taulavelocitatficticia(vel)/app.Rt1.Value)*1000;
app.par1(vel) = app.Ftotal(vel)*app.Rt1.Value/1000;
app.rpm2(vel) = (app.taulavelocitatficticia(vel)/app.Rt2.Value)*1000;
app.par2(vel) = app.Ftotal(vel)*app.Rt2.Value/1000;
app.rpm3(vel) = app.taulavelocitatficticia(vel)/app.Rt3.Value*1000;
app.par3(vel) = app.Ftotal(vel)*app.Rt3.Value/1000;
app.rpm4(vel) = app.taulavelocitatficticia(vel)/app.Rt4.Value*1000;
app.par4(vel) = app.Ftotal(vel)*app.Rt4.Value/1000;
app.rpm5(vel) = app.taulavelocitatficticia(vel)/app.Rt5.Value*1000;
app.par5(vel) = app.Ftotal(vel)*app.Rt5.Value/1000;
%Com s'ha fet a la funció afegir tram, calculem la distància de cadascun
dels punts al oval de consum i determinem el valor del consum
terme1 = (app.rpm1(vel)*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
terme2 = (app.rpm2(vel)*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
terme3 = (app.rpm3(vel)*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
terme4 = (app.rpm4(vel)*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
terme5 = (app.rpm5(vel)*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
distancia1 = (sqrt(terme1+(app.par1(vel)-app.y0)^2)-app.b);
distancia2 = (sqrt(terme2+(app.par2(vel)-app.y0)^2)-app.b);
distancia3 = (sqrt(terme3+(app.par3(vel)-app.y0)^2)-app.b);
distancia4 = (sqrt(terme4+(app.par4(vel)-app.y0)^2)-app.b);
distancia5 = (sqrt(terme5+(app.par5(vel)-app.y0)^2)-app.b);
cons1 = 260*exp(1*distancia1/app.y0);
cons2 = 260*exp(1*distancia2/app.y0);
cons3 = 260*exp(1*distancia3/app.y0);
cons4 = 260*exp(1*distancia4/app.y0);
cons5 = 260*exp(1*distancia5/app.y0);
%Passem a l/100 km i guardem els valors per les velocitats que ens interessa
per a cadascuna de les marxex (15)
energia=(app.Ftotal(vel)*1000)/3600000;
if(vel<50)
app.taulaconsums1(vel)=cons1*energia*0.0431;
else
app.taulaconsums1(vel)=0;
end
if(vel<90)
app.taulaconsums2(vel)=cons2*energia*0.0431;
else
app.taulaconsums2(vel)=0;
end
end

```

```

if(vel<120)
app.taulaconsums3(vel)=cons3*energia*0.0431;
else
app.taulaconsums3(vel)=0;
end
if(vel<160)
app.taulaconsums4(vel)=cons4*energia*0.0431;
else
app.taulaconsums4(vel)=0;
end
if(vel<230)
app.taulaconsums5(vel)=cons5*energia*0.0431;
else
app.taulaconsums5(vel)=0;
end
end
plot(app.Grafica,app.taulavelocitatficticia,app.taulaconsums1,app.taulavelocitatficticia,app.taulaconsums2,app.taulavelocitatficticia,app.taulaconsums3,app.taulavelocitatficticia,app.taulaconsums4,app.taulavelocitatficticia,app.taulaconsums5);
legend(app.Grafica,'1a','2a','3a','4a','5a');
%Per representar el gràfic del consum específic
case 'CONSUM ESPECÍFIC'
title(app.Grafica, 'CONSUM ESPECÍFIC')
xlabel(app.Grafica, 'RPM')
ylabel(app.Grafica, 'PARELL (N*m)')
percentatgeparmax = app.rpmparmax*100/app.Revolucionsmximes.Value;
w = 1:1:app.Revolucionsmximes.Value;
%Es calculen els valors frontera de parell/rpm (10) o (11) o (12)
if percentatgeparmax > 18
parell(w) = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2)).^9))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revolucionsmximes.Value/2).^9)+app.Parellmxim.Value;
elseif percentatgeparmax < 6
parell(w) = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^5))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revolucionsmximes.Value/2).^5)+app.Parellmxim.Value;
else
parell(w) = -(abs((w-
(app.Revolucionsmximes.Value/2).^7))* (app.Parellmxim.Value/(app.Revolucionsmximes.Value/2).^7)+app.Parellmxim.Value;
end
%Com s'ha d'obtenir el valor del c.e per cada punt possible es fan dos bucles per recórrer tots els valors
for r = 1:round((app.Revolucionsmximes.Value-1)/10)
rev=r*10;
app.r(r)=rev;
for p = 1:round(app.Parellmxim.Value)
if (p < parell(rev))%Si estem per sota del parell màxim
%Tornem a aplicar el mateix codi que anteriorment per calcular el consum en funció d'ela distància
termel = (rev*app.parellentrerpm-app.x0*app.parellentrerpm)^2;
distancia = sqrt(termel+(p-app.y0)^2)-app.b;
consum=260*exp(1*distancia/app.y0);
if distancia<0
distancia=0;
consum=200;
end
if ((distancia>0) & (distancia<(app.c-app.b)))
consum=260;
end
end
end

```

```

    app.ce(p,r) = consum;
    else %Si estem fora dels límits, el consum valdrà 0
    app.ce(p,r)=0;
    end
end
end
%Guardem els valors de parell en una taula perquè se'ns permeti
representar el dibuix i representem indicant que mostri l'escala de
colors com a llegenda i prengui el valor de consum com indicatiu del
color a dibuixar al gràfic
p=1:1:round(app.Parellmxim.Value)
app.p(p)=p;
max = app.Parellmxim.Value;
app.Grafica.YLim = [-inf max];
plot3(app.Grafica,app.taularpm,app.taulaparell,app.taulaalturarecorregut,
'-*');
hold (app.Grafica,"on");
mesh(app.Grafica,app.r,app.p,app.ce);
colorbar(app.Grafica);
view(app.Grafica,2);
hold (app.Grafica,"off");
end

```

6.7. Funció de Reset

En cas de voler triar un altre vehicle o canviar el recorregut un cop ja s'ha entrat un altre, el botó Reset activarà aquesta funció que únicament netejarà totes les dades entrades, variables, gràfiques, taules... Tornant a deixar tota l'aplicació preparada per poder entrar tot de nou.

També s'establiran els valors inicials de les variables del propi programa i es permetrà l'edició dels paràmetres necessaris.

```

inicialitzar(app);
reset(app.Grafica);
cla(app.Grafica);
colorbar(app.Grafica,'Off');
legend(app.Grafica,'Off');
app.TaulaDadestrajecte.Data = {0,0,0,0};
app.Vehiclesdisponibles.Value='Tria un vehicle';
app.CanvidemarxesDropDown.Value='Manual';
app.ModedeconducciDropDown.Visible = 'Off';
app.ModedeconducciDropDownLabel.Visible = 'Off';
app.ModedeconducciDropDown.Value='Personalitzat';
app.RPMmximesdecanvi.Value=50;
app.RPMmximesdecanvi.Editable='On';
app.TempsdetrajecteminEditField.Value=0;
app.DesnivellsuperatmEditField.Value=0;
app.ConsummigkWhEditField.Value=0;
app.VelocitatmitjakmhEditField.Value=0;
app.DistnciatotalkmEditField.Value=0;
app.Velocitatinicial.Value=0;
app.Velocitatinicial.Visible = 'On';
app.Velocitatiniciallabel.Visible= 'On';
app.Velocitatfinaltram.Value=0;
app.Velocitatvent.Value=0;
app.Velocitatvent.Visible = 'On';
app.VelocitatdelventkmhLabel.Visible = 'On';
app.Alturafinaldetram.Value=0;
app.Distnciaarecorrer.Value=1;

```

```

app.Pescotxeentrada.Value = 1;
app.Cx.Value = 1;
app.Superfciefrontal.Value = 1;
app.Revolucionsmximes.Value = 1;
app.Potnciamxima.Value = 1;
app.Parellmxim.Value = 1;
app.Tipusdecombustible.Value = 'Benzina';
app.Nmerocanvidemarxes.Value = '6';
app.Rt1.Value = 1;
app.Rt2.Value = 1;
app.Rt3.Value = 1;
app.Rt4.Value = 1;
app.Rt5.Value = 1;
app.Rt6.Value = 1;
app.rpmparmax = 0;
app.resetejat = 1;
    if (app.Triarvehicleexistent=='1')
        %Fem no visibles tots els camps que s'emplenaran de forma automàtica
        en triar un vehicle
        app.Pescotxeentrada.Visible = 'Off';
        app.Cx.Visible = 'Off';
        app.Superfciefrontal.Visible= 'Off';
        app.Revolucionsmximes.Visible = 'Off';
        app.Potnciamxima.Visible = 'Off';
        app.Parellmxim.Visible = 'Off';
        app.Tipusdecombustible.Visible = 'Off';
        app.RPMmximesdecanvi.Visible ='off';
        app.Nmerocanvidemarxes.Visible = 'Off';
        app.Rt1.Visible = 'off';
        app.Rt2.Visible = 'off';
        app.Rt3.Visible = 'off';
        app.Rt4.Visible = 'off';
        app.Rt5.Visible = 'off';
        app.Rt6.Visible = 'off';
    end
app.Qudesitjafer.Visible= 'On';
app.Vehiclesdisponibles.Enable='On';
app.Pescotxeentrada.Enable = 'On';
app.Cx.Enable = 'On';
app.Superfciefrontal.Enable = 'On';
app.Revolucionsmximes.Enable = 'On';
app.Potnciamxima.Enable = 'On';
app.Parellmxim.Enable = 'On';
app.Tipusdecombustible.Enable = 'On';
app.RPMmximesdecanvi.Enable='On';
app.Nmerocanvidemarxes.Enable = 'On';
app.Rt1.Enable = 'On';
app.Rt2.Enable = 'On';
app.Rt3.Enable = 'On';
app.Rt4.Enable = 'On';
app.Rt5.Enable = 'On';
app.Rt6.Enable = 'On';
app.RecuperacidenergiaCheckBox.Enable='On';
app.StarStopCheckBox.Enable='On';
app.CanvidemarxesDropDown.Enable='On';
app.ModedeconducciDropDown.Enable='On';
app.StarStopCheckBox.Value=0;
app.CapacitatBateriakWhEditField.Visible='Off';
app.CapacitatBateriakWhEditFieldLabel.Visible='Off';
app.CapacitatBateriakWhEditField.Editable='On';
app.CapacitatBateriakWhEditField.Value=1;

```

```

app.RecuperacidenergiaCheckBox.Value=0;
app.gkm.Visible='Off';
app.textresultat.Visible='Off';
app.textco2.Visible='Off';
app.co2.Visible='Off';
app.Zonaconsum.Visible='Off';
app.Imatge1 = imread('No seleccio.jpg');
imshow(app.Imatge1, 'Parent', app.Imatgecotxe);
title(app.Imatgecotxe, '')

```

6.8. Funcions canvi de marxes i modes de conducció

Si tenim un canvi de marxes manual, el fer el propi canvi depèn del conductor, de forma que l'usuari decideix quan canviar.

D'altra banda, si el cotxe és automàtic, el canvi dependrà del vehicle. Com a molt tenim l'opció de triar els diferents modes de conducció que ofereixi.

En aquestes funcions es gestionen aquestes situacions

```

value=app.CanvidemarxesDropDown.Value;
switch value
    case 'Manual' %si tenim canvi manual
        app.RPMmximesdecanvi.Editable='On';%deixem que sigui possible
        establir les RPM màximes de canvi
        app.RPMmximesdecanvi.Value = 50;%fiquem 50 com a valor inicial
        app.ModedeconducciDropDown.Visible= 'Off';
        app.ModedeconducciDropDownLabel.Visible= 'Off';
    case 'Automàtic' %si és automàtic
        app.ModedeconducciDropDown.Visible= 'On';
        app.ModedeconducciDropDownLabel.Visible= 'On';
    end
end

```

%FUNCIÓ MODE DE CONDUCCIÓ

```

mode = app.ModedeconducciDropDown.Value;
%En funció del mode triat, establirem el valor al qual es fa el canvi de
marxa
switch mode
    case 'Esportiu'
        app.RPMmximesdecanvi.Value = 80;
        app.RPMmximesdecanvi.Editable='Off'
    case 'Normal'
        app.RPMmximesdecanvi.Value = 50;
        app.RPMmximesdecanvi.Editable='Off';
    case 'Eco'
        app.RPMmximesdecanvi.Value = 30;
        app.RPMmximesdecanvi.Editable='Off';
    case 'Personalitzat'
        app.RPMmximesdecanvi.Editable='On';
        app.RPMmximesdecanvi.Value = 50;
    end

```

6.9. Funció de Tipus de trajecte

Aquesta funció només mostra un missatge informatiu a l'usuari en funció del lloc pel qual passa el seu recorregut

```
Mixte=app.MixteButton.Value;
Urba=app.UrbButton.Value;
Interurba=app.InterurbButton.Value;
if (Mixte==1)
    app.Zonaconsum.Text='Consulta si les zones de ciutat tenen
    restriccions en emissions';
end
if (Urba==1)
    app.Zonaconsum.Text='El nucli urbà pot no deixar-te circular';
end
if (Interurba==1)
    app.Zonaconsum.Text='Aquest tipus de trajecte no te restriccions en
    emissions';
end
```

7. Proves i exemples del programa

A continuació, es faran unes simulacions amb l'aplicació de diferents situacions interessants d'estudiar i es veurà quins són els resultats de cadascun dels trajectes.

7.1. Mateix trajecte diferent mode de conducció

Suposem per aquest primer exemple tres usuaris amb el mateix vehicle, però un d'ells utilitzarà el mode normal de conducció, l'altre ho farà en mode esportiu i l'últim en mode eco.

- DADES

-Mode normal

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Lotus Evora

DADES VEHICLE		DADES MOTOR VEHICLE	
Pes cotxe (kg)	1458	Revolucions màximes (rpm)	7000
Coefficient de fricció Cx	0.33	Potència màxima (Cv)	280
Superfície frontal (m2)	1.9	Parell màxim (Nm)	350
<input type="checkbox"/> Star-Stop		Tipus de combustible	Benzina
<input type="checkbox"/> Recuperació d'energia		%RPM màximes de canvi	50
TIPUS DE TRAJECTE		Número canvi de marxes	6
<input checked="" type="radio"/> Mixta		Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):	
<input type="radio"/> Urbà		Rt 1*	9.1
<input type="radio"/> Interurbà		Rt 2*	16.7
Canvi de marxes	Automàtic	Rt 3*	22.8
Mode de conducció	Normal	Rt 4*	29.4
		Rt 5*	38.5
		Rt 6*	43.4

Il·lustració 58-Dades mode de conducció normal

-Mode esportiu

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Lotus Evora

DADES VEHICLE		DADES MOTOR VEHICLE	
Pes cotxe (kg)	1458	Revolucions màximes (rpm)	7000
Coefficient de fricció Cx	0.33	Potència màxima (Cv)	280
Superfície frontal (m2)	1.9	Parell màxim (Nm)	350
<input type="checkbox"/> Star-Stop		Tipus de combustible	Benzina
<input type="checkbox"/> Recuperació d'energia		%RPM màximes de canvi	80
TIPUS DE TRAJECTE		Número canvi de marxes	6
<input checked="" type="radio"/> Mixta		Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):	
<input type="radio"/> Urbà		Rt 1*	9.1
<input type="radio"/> Interurbà		Rt 2*	16.7
Canvi de marxes	Automàtic	Rt 3*	22.8
Mode de conducció	Esportiu	Rt 4*	29.4
		Rt 5*	38.5
		Rt 6*	43.4

Il·lustració 59-Dades del mode de conducció esportiu

-Mode eco

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Lotus Evora

DADES VEHICLE
 Pes cotxe (kg): 1450
 Coeficient de fricció Cx: 0.33
 Superfície frontal (m²): 1.9
 Star-Stop
 Recuperació d'energia

DADES MOTOR VEHICLE
 Revolucions màximes (rpm): 7000
 Potència màxima (Cv): 280
 Parell màxim (Nm): 350
 Tipus de combustible: Benzina
 %RPM màximes de canvi: 30
 Número canvi de marxes: 8
 Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):
 Rt 1ª: 9.1 Rt 4ª: 29.4
 Rt 2ª: 16.7 Rt 5ª: 38.5
 Rt 3ª: 22.8 Rt 6ª: 43.4

TIPUS DE TRAJECTE:
 Mixte
 Urbà
 Interurbà

Canvi de marxes: Automàtic
 Mode de conducció: Eco

Il·lustració 60- Dades del mode de conducció eco

- TAULA RESUM DEL TRAJECTE

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
0	50	0	1
50	120	0	1
120	110	0	1
110	180	0	1
180	0	0	1

Il·lustració 61- Dades del trajecte

- RESULTATS NUMÈRICS

-Mode normal

Temps de trajecte (min): 4.708

Desnivell superat (m): 0

Distància total (km): 5

Consum mig (g/kWh): 492.7

Velocitat mitja (km/h): 63.72

Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): 85.8727
 causant una quantitat total de CO₂ de (kg): 1.3494

[Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions](#)

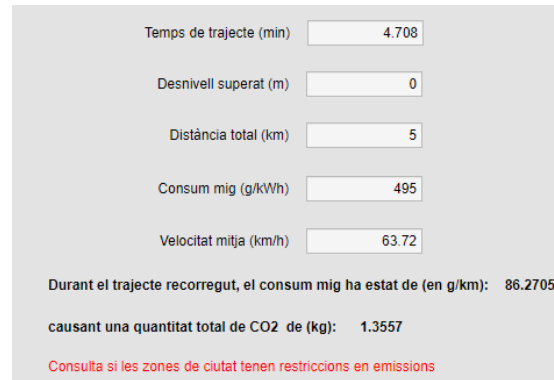
Il·lustració 62- Resultats mode normal

-Mode esportiu



Il·lustració 63- Resultats del mode esportiu

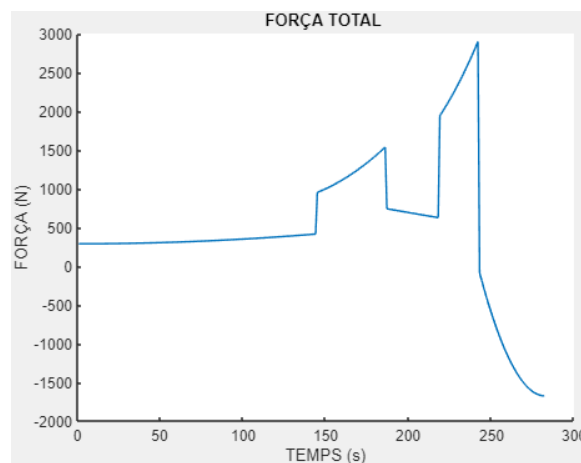
-Mode eco



Il·lustració 64- Resultats mode eco

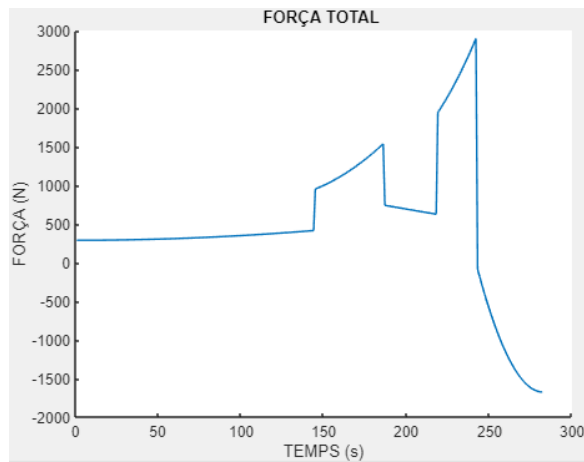
- GRÀFICA F.TOTAL

-Mode normal



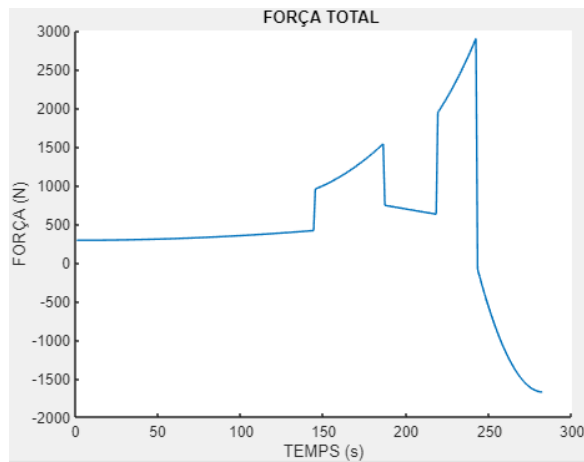
Il·lustració 65- Força totals mode normal

-Mode esportiu



Il·lustració 66- Força total mode esportiu

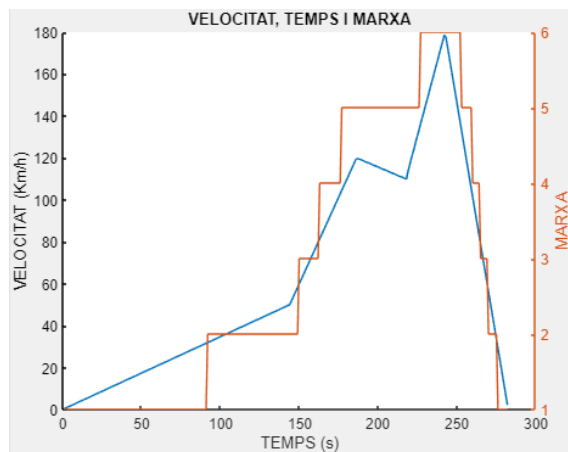
-Mode eco



Il·lustració 67- Força total mode eco

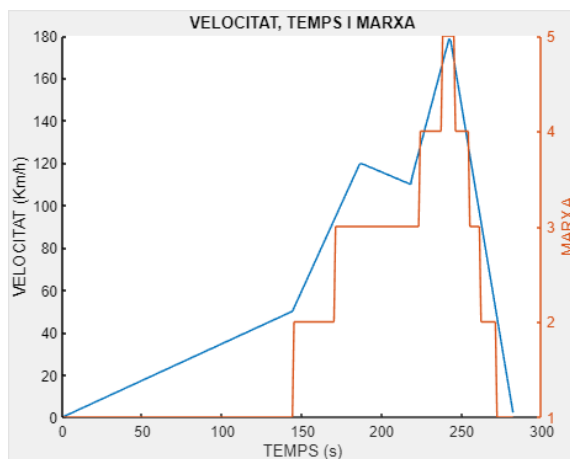
- GRÀFICA VELOCITAT/MARXES

-Mode normal



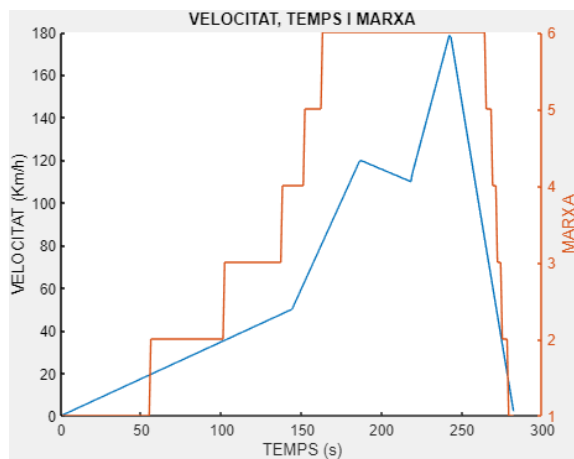
Il·lustració 68- Gràfica de velocitats i marxos mode normal

-Mode esportiu



Il·lustració 69- Gràfica de velocitats i marxes mode esportiu

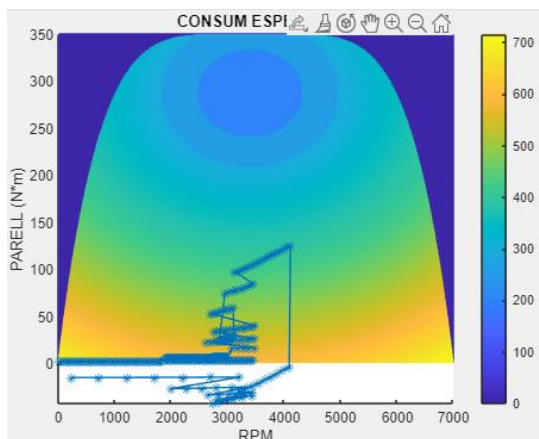
-Mode eco



Il·lustració 70- Gràfica de velocitats i marxes mode eco

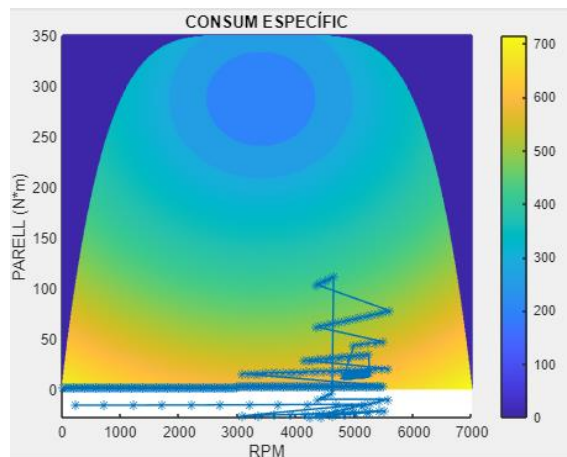
- GRÀFICA CONSUM ESPECÍFIC

-Mode normal



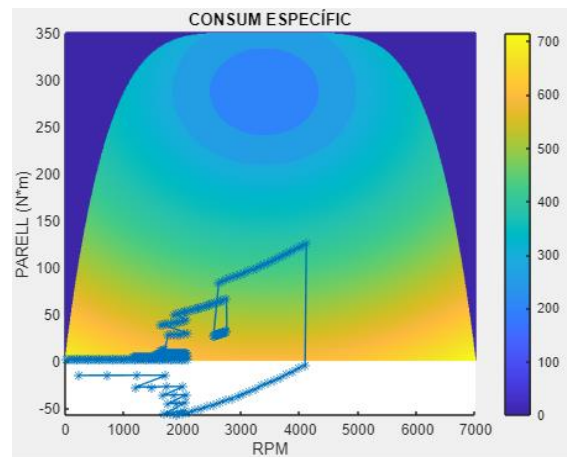
Il·lustració 71- Consum específic mode normal

-Mode esportiu



Il·lustració 72- Consum específic mode esportiu

-Mode eco



Il·lustració 73- Consum específic mode eco

Observacions:

Es pot apreciar que per aquest cas, el canvi de mode de conducció afecta de forma directa sobre el percentatge de les revolucions màximes a les quals l'usuari canvia de marxa.

Per un costat, en ser el mateix trajecte, la força que actua sobre el vehicle és la mateixa en els 3 casos, de forma que no es veuen diferències en aquest aspecte.

D'altra banda, si que s'aprecia que el canvi de marxa es realitza en velocitats diferents, de forma que les RPM i parell de cada punt del tram és diferent.

Si observem pel mode esportiu la gràfica del consum específic, diversos punts del trajecte es troben desplaçats cap a la part dreta de la gràfica, és a dir, cap al sector de RPM altes i per tant, el consum mig és major.

En canvi, pel cas del mode eco i normal, el consum és gairebé igual. De forma teòrica el mode eco tindria que ser més eficient, ja que pugem a marxas altes més ràpidament (pugem

de marxes abans), fent que el consum sigui menor. Aquest fet no es compleix perquè per aquest vehicle això suposa un canvi a revolucions massa baixes, és a dir, fa que diversos punts del trajecte quedin desplaçats a la zona esquerra de la gràfica de consums específic i s'acabi consumint més.

En canvi, pel cas de mode normal el vehicle triga més a fer el canvi a marxes altes, però els punts del trajecte de RPM i parell estan més centrats.

Si es realitza aquest mateix trajecte amb un cotxe de gasoil o s'ajusten les RPM de canvi de cada mode al vehicle, llavors es veuria el resultat teòric que caldria esperar.

7.2. Pulse&Glide vs velocitat constant

Nota: el mode de conducció Pulse&Glide consisteix en accelerar i desaccelerar el vehicle, de forma que arribem a una velocitat màxima on deixem d'accelerar i no accelerem fins arribar a una velocitat mínima concreta i accelerem de nou, i així successivament.

- DADES

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Audi A1 1.6 TDI 105 CV Ambiti...

DADES VEHICLE

Pes cotxe (kg): 1215
 Coeficient de fricció Cx: 0.33
 Superfície frontal (m2): 2.04

Star-Stop
 Recuperació d'energia

TIPUS DE TRAJECTE

Mixte
 Urbà
 Interurbà

Canvi de marxes: Manual

DADES MOTOR VEHICLE

Revolucions màximes (rpm): 5200
 Potència màxima (Cv): 105
 Parell màxim (Nm): 250
 Tipus de combustible: Benzina
 %RPM màximes de canvi: 50
 Número canvi de marxes: 5

Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):

Rt 1*	9.2	Rt 4*	40.2
Rt 2*	16.4	Rt 5*	52.7
Rt 3*	27.4	Rt 6*	0

Il·lustració 74- Dades vehicle

- TAULA RESUM DEL TRAJECTE

-Pulse&Glide

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
80	100	0	1
100	80	0	1
80	100	20	1
100	80	40	1
80	100	20	1
100	80	0	1
80	100	0	1

Il·lustració 75- Taula amb trajecte del pulse&glide

-Velocitat constant

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
90	90	0	2
90	90	20	1
90	90	40	1
90	90	20	1
90	90	0	2

Il·lustració 76-Dades trajecte vel.constant

- RESULTATS NUMÈRICS

-Pulse&Glide

Temps de trajecte (min)
 Desnivell superat (m)
 Distància total (km)
 Consum mig (g/kWh)
 Velocitat mitja (km/h)

Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): **81.1214**
 causant una quantitat total de CO2 de (kg): **1.7847**

Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions

Il·lustració 77-Resultats trajecte del Pulse&Glide

-Velocitat constant

Temps de trajecte (min)
 Desnivell superat (m)
 Distància total (km)
 Consum mig (g/kWh)
 Velocitat mitja (km/h)

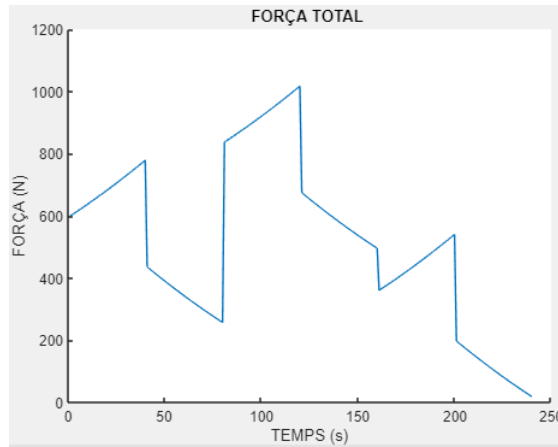
Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): **83.8405**
 causant una quantitat total de CO2 de (kg): **1.8445**

Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions

Il·lustració 78-Resultats trajecte vel.constant

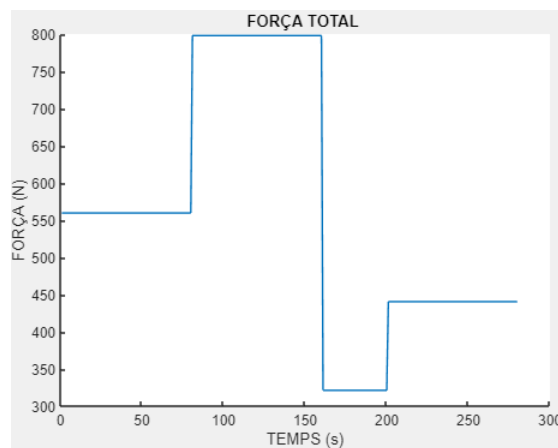
- GRÀFICA F.TOTAL

-Pulse&Glide



Il·lustració 79- Força total del Pulse&Glide

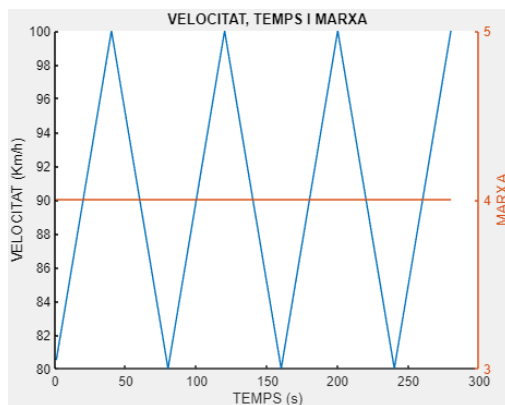
-Velocitat constant



Il·lustració 80- Força total a velocitat constant

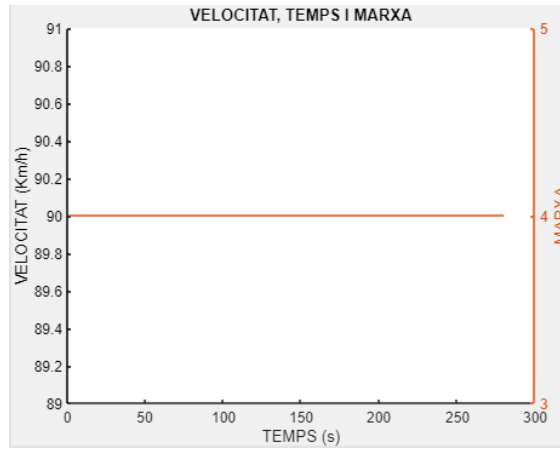
- GRÀFICA VELOCITAT/MARXES

-Pulse&Glide



Il·lustració 81- Canvi de marxes i velocitat del Pulse&Glide

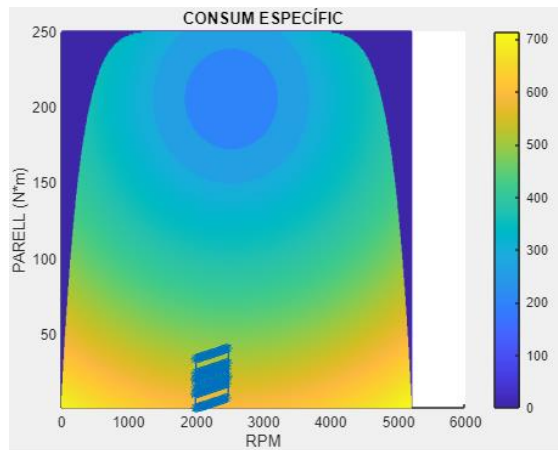
-Velocitat constant



Il·lustració 82- Canvi de marxes i velocitat a vel.constant

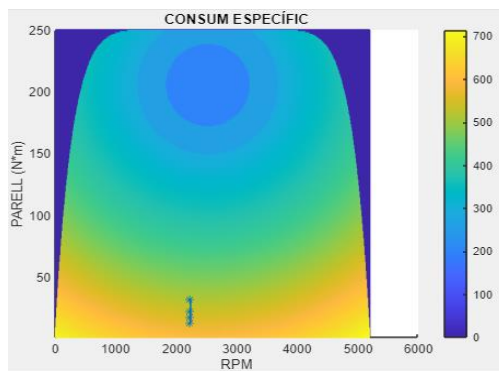
- GRÀFICA CONSUM ESPECÍFIC

-Pulse&Glide



Il·lustració 83- Consum específic del Pulse&Glide

-Velocitat constant



Il·lustració 84- Consum específic a vel.constant

Observacions:

Podem apreciar una lleu baixada en el consum mig mesurat en g/km pel cas del mode de conducció Pulse&Glide enfront al mode de conducció a velocitat constant.

Encara així, la reducció del consum i per tant del CO₂ generat és mínima i no compensa per dos motius principals.

El primer motiu és que aquest mode de conducció a efectes pràctic és poc aplicable o fins i tot perillós pel que fa a la seguretat vial, i el segon, és que en conduir d'aquest mode el vehicle experimenta un desgast major en els seus components fent que a la llarga acabi sent pitjor el remei que la malaltia.

7.3. Tram pla i tram amb desnivell

Suposarem ara que s'ha de pujar un port de muntanya amb el vehicle de 10 km, i que l'usuari ha donat un tomb en pla de 10 km per la seva zona per fer-se una idea del que consumirà, però no ha tingut en compte el desnivell.

- DADES

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: BMW 116i

DADES VEHICLE	DADES MOTOR VEHICLE
Pes cobre (kg): 1320	Revolucions màximes (rpm): 6000
Coefficient de fricció Cx: 0.29	Potència màxima (Cv): 116
Superfície frontal (m ²): 2.09	Parell màxim (Nm): 150
<input type="checkbox"/> Star-Stop	Tipus de combustible: Benzina
<input type="checkbox"/> Recuperació d'energia	%RPM màximes de canvi: 50
TIPIUS DE TRAJECTE: <input checked="" type="radio"/> Mista <input type="radio"/> Urbà <input type="radio"/> Interurbà	Número canvi de marxes: 5
Canvi de marxes: Manual	Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):
	R1 1* 7.4 R1 4* 25.5
	R2 2* 12.4 R2 5* 31.2
	R3 3* 18.7 R3 6* 0

Il·lustració 85- Dades vehicle

- TAULA RESUM DEL TRAJECTE

-Trajecte muntanya

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
0	50	50	1
50	60	80	1
60	90	200	4
90	90	200	2
90	0	300	2

Il·lustració 86- Taula dades trajecte de muntanya

-Trajecte en pla

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
0	50	0	1
50	60	0	1
60	90	0	4
90	90	0	2
90	0	0	2

Il·lustració 87- Taula dades de trajecte en pla

- RESULTATS NUMÈRICS

-Trajecte muntanya

Temps de trajecte (min)
 Desnivell superat (m)
 Distància total (km)
 Consum mig (g/kWh)
 Velocitat mitja (km/h)

Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): 115.6238

causant una quantitat total de CO2 de (kg): 3.6339

[Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions](#)

Il·lustració 88- Resultats numèrics trajecte de muntanya

-Trajecte en pla

Temps de trajecte (min)
 Desnivell superat (m)
 Distància total (km)
 Consum mig (g/kWh)
 Velocitat mitja (km/h)

Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): 45.6003

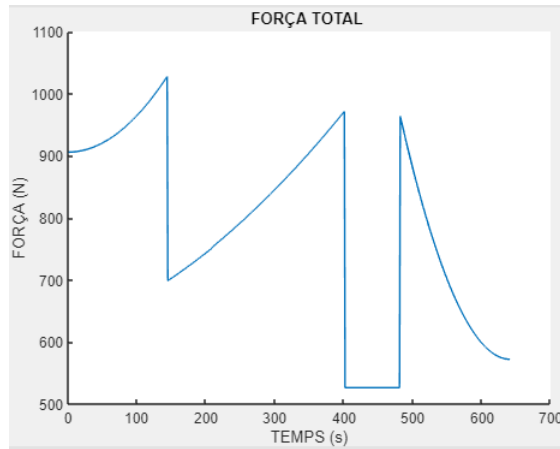
causant una quantitat total de CO2 de (kg): 1.4332

[Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions](#)

Il·lustració 89- Resultats numèrics trajecte en pla

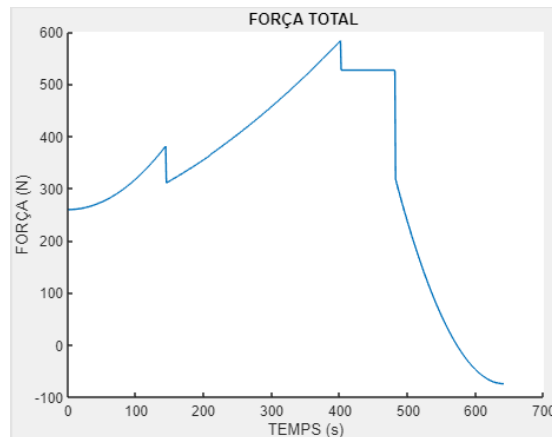
- GRÀFICA F.TOTAL

-Trajecte muntanya



Il·lustració 90- Força total per trajecte muntanya

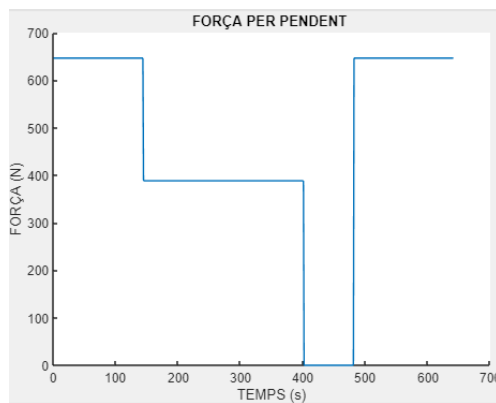
-Trajecte en pla



Il·lustració 91- Força total per trajecte en pla

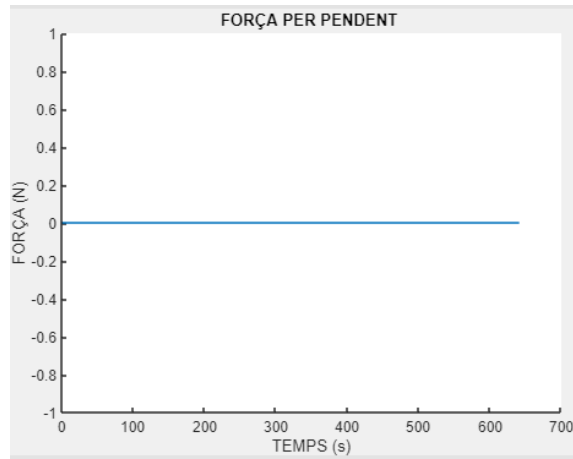
- GRÀFICA F.PER PENDENT

-Trajecte muntanya



Il·lustració 92- Força per pendent en trajecte de muntanya

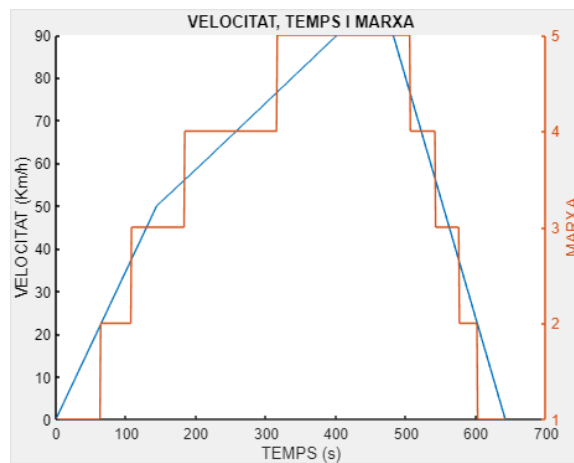
-Trajecte en pla



Il·lustració 93- Força per pendent en trajecte pla

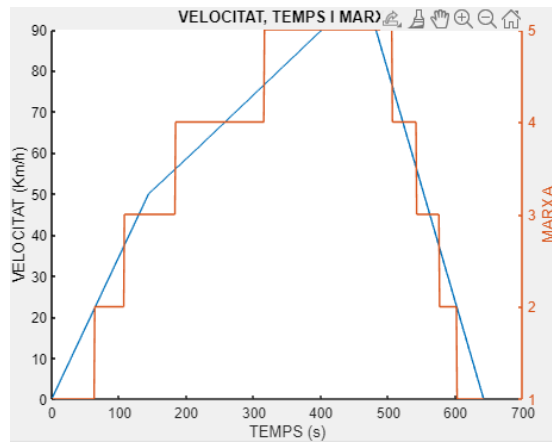
- GRÀFICA VELOCITAT/MARXES

-Trajecte muntanya



Il·lustració 94- Velocitat i marxes per trajecte de muntanya

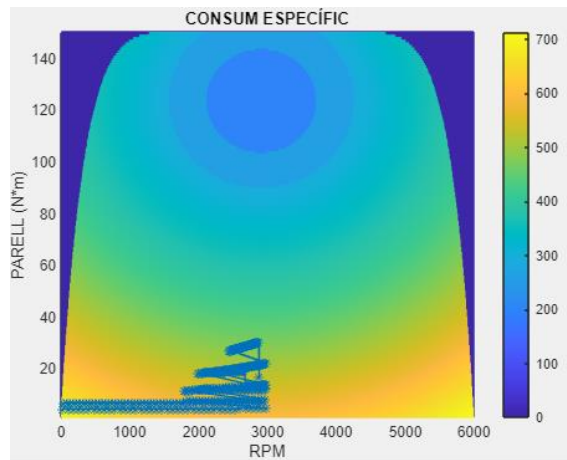
-Trajecte en pla



Il·lustració 95- Velocitat i marxes per trajecte en pla

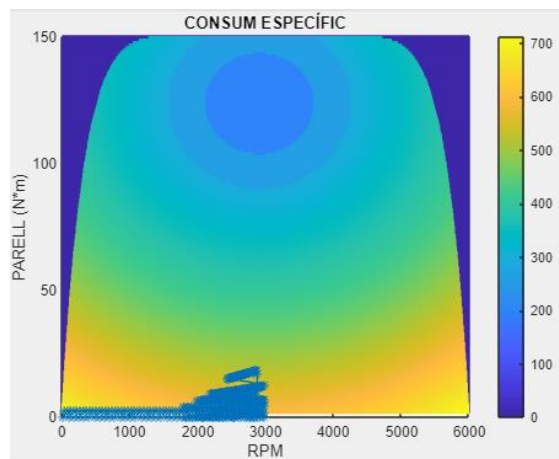
- GRÀFICA CONSUM ESPECÍFIC

-Trajecte muntanya



Il·lustració 96- Consum específic pel trajecte de muntanya

-Trajecte en pla



Il·lustració 97- Consum específic del trajecte en pla

Observacions:

Per l'exemple anterior, observem com en tot moment la velocitat i la marxa del trajecte són les mateixes pels dos casos, i per tant les RPM en cada instant també ho són.

La diferència la trobem doncs en les forces que ha de vèncer el vehicle, i per tant, en el parell. Pel cas de la muntanya, el tenir que superar els desnivells del camí suposa una elevada força extra per pendent, que en el cas del terreny pla no tenim.

Tot i que al tenir un parell més alt degut a la major força a fer, els consum específic en g/kWh és més òptim pel cas de la muntanya, com és d'esperar, el consum mig és molt més elevat (més del doble en g/km), de forma que es produeix també més del doble de CO₂ que si ens desplaçem en pla.

7.4. Regeneració d'energia

Per últim, es farà ús de l'opció de recuperació d'energia per veure l'efecte sobre el consum del vehicle.

Es suposa que ara el mateix usuari que en el cas anterior havia pujat a la muntanya, fa el mateix recorregut de baixada amb l'opció de recuperar energia activada per comparar els resultats amb un amic seu que ha fet el mateix recorregut però amb la opció en mode 'Off'.

- DADES

-Trajecte sense R.E.

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Peugeot 208 GTI 200 CV

DADES VEHICLE	DADES MOTOR VEHICLE
Pes cobxe (kg): 1235	Revolucions màximes (rpm): 6800
Coefficient de fricció Cx: 0.34	Potència màxima (Cv): 200
Superfície frontal (m2): 2.12	Parell màxim (Nm): 275
<input type="checkbox"/> Star-Stop	Tipus de combustible: Benzina
<input type="checkbox"/> Recuperació d'energia	%RPM màximes de canvi: 50
TIPUS DE TRAJECTE: <input checked="" type="radio"/> Mixte <input type="radio"/> Urbà <input type="radio"/> Interurbà	Número canvi de marxes: 6
Canvi de marxes: Manual	Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):
	Rt 1*: 8.9 Rt 4*: 28.7
	Rt 2*: 15.5 Rt 5*: 35.9
	Rt 3*: 22.1 Rt 6*: 42.5

Il·lustració 98- Dades per trajecte sense R.E

-Trajecte amb R.E.

QUE DESITJA FER?
 Crear nou vehicle
 Triar vehicle existent

Vehicles disponibles: Peugeot 208 GTI 200 CV

DADES VEHICLE	DADES MOTOR VEHICLE
Pes cobxe (kg): 1235	Revolucions màximes (rpm): 6800
Coefficient de fricció Cx: 0.34	Potència màxima (Cv): 200
Superfície frontal (m2): 2.12	Parell màxim (Nm): 275
<input type="checkbox"/> Star-Stop	Tipus de combustible: Benzina
<input checked="" type="checkbox"/> Recuperació d'energia	%RPM màximes de canvi: 50
Capacitat Bateria (kWh): 1	Número canvi de marxes: 6
TIPUS DE TRAJECTE: <input checked="" type="radio"/> Mixte <input type="radio"/> Urbà <input type="radio"/> Interurbà	Relacions de transferència (km/h cada 1000 rpm):
Canvi de marxes: Manual	Rt 1*: 8.9 Rt 4*: 28.7
	Rt 2*: 15.5 Rt 5*: 35.9
	Rt 3*: 22.1 Rt 6*: 42.5

Il·lustració 99- Dades per trajecte amb R.E

- TAULA RESUM DEL TRAJECTE

Vel.Inicial (km/h)	Vel.final (km/h)	Desnivell (m)	Distància (km)
0	50	-50	1
50	60	-80	1
60	90	-200	4
90	90	-200	2
90	0	-300	2

II-lustració 100- Dades tram

- RESULTATS NUMÈRICS

-Trajecte sense R.E.

Temps de trajecte (min)	<input type="text" value="10.69"/>
Desnivell superat (m)	<input type="text" value="-300"/>
Distància total (km)	<input type="text" value="10"/>
Consum mig (g/kWh)	<input type="text" value="265.4"/>
Velocitat mitja (km/h)	<input type="text" value="56.12"/>
Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): 8.6587	
causant una quantitat total de CO2 de (kg): 0.27213	
Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions	

II-lustració 101- Resultats per trajecte sense R.E

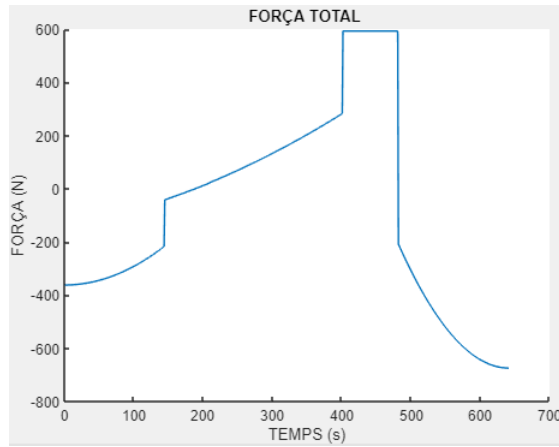
-Trajecte amb R.E.

Temps de trajecte (min)	<input type="text" value="10.69"/>
Desnivell superat (m)	<input type="text" value="-300"/>
Distància total (km)	<input type="text" value="10"/>
Consum mig (g/kWh)	<input type="text" value="265.4"/>
Velocitat mitja (km/h)	<input type="text" value="56.12"/>
Durant el trajecte recorregut, el consum mig ha estat de (en g/km): 0	
causant una quantitat total de CO2 de (kg): 0	
Consulta si les zones de ciutat tenen restriccions en emissions	

II-lustració 102- Resultats per trajecte amb R.E

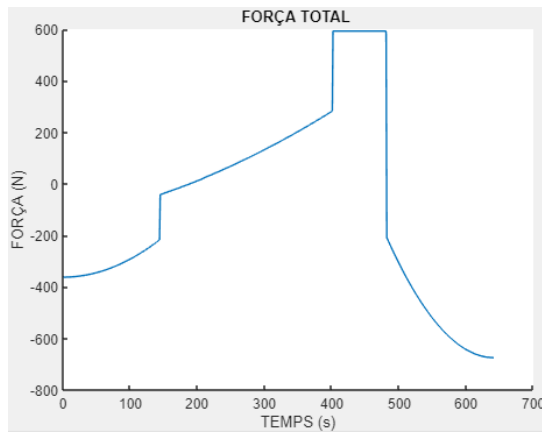
- GRÀFICA F.TOTAL

-Trajecte sense R.E.



Il·lustració 103- Força total sobre el vehicle sense R.E

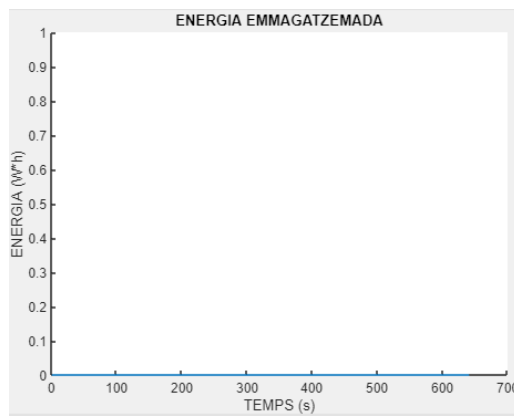
-Trajecte amb R.E.



Il·lustració 104- Força total sobre el vehicle amb R.E

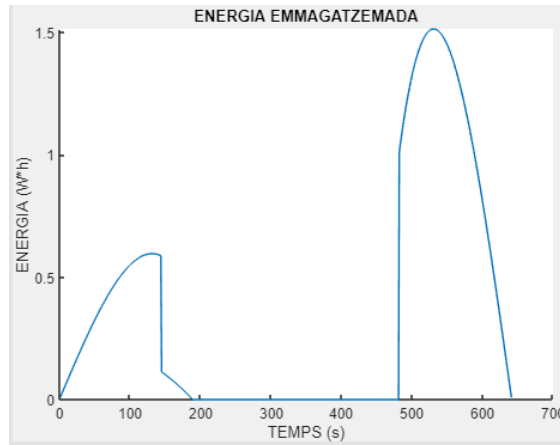
- GRÀFICA ENERGIA ENMAGATZEMADA

-Trajecte sense R.E.



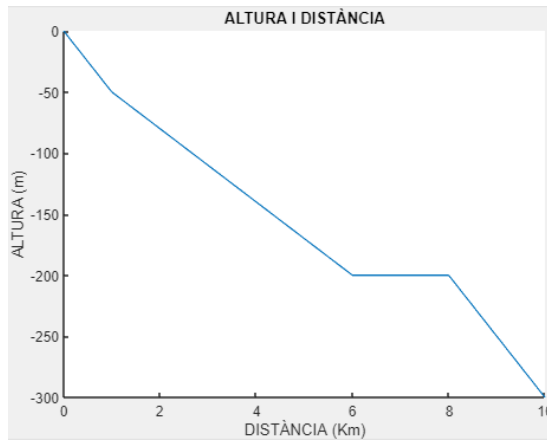
Il·lustració 105- Energia emmagatzemada sense R.E

-Trajecte amb R.E.



Il·lustració 106- Energia emmagatzemada amb R.E

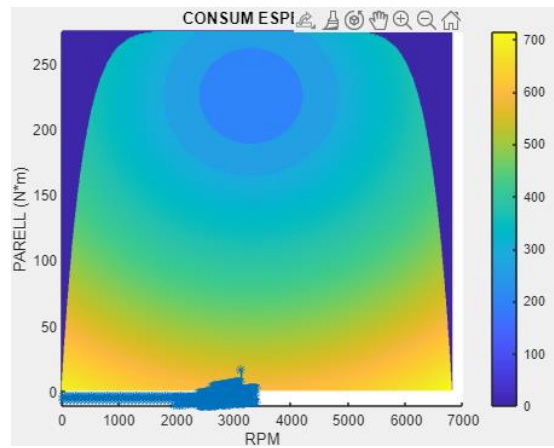
- GRÀFICA ALTURA I DISTÀNCIA



Il·lustració 107- Gràfica de l'altura i distància recorregudes

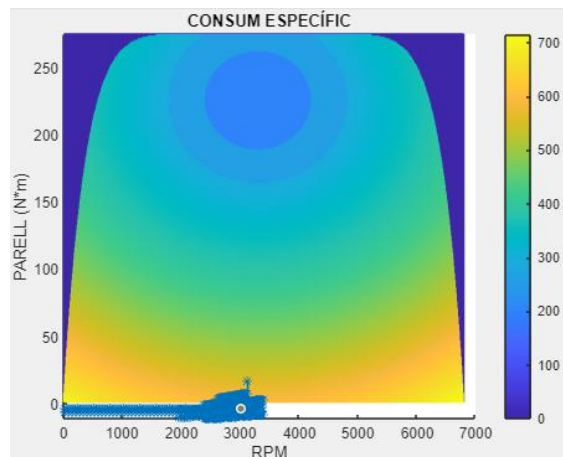
- GRÀFICA CONSUM ESPECÍFIC

-Trajecte sense R.E.



Il·lustració 108- Gràfica consum específic per recorregut sense R.E

-Trajecte amb R.E.



Il·lustració 109- Gràfica consum específic per recorregut amb R.E

Observacions:

Per un mateix tram de baixada, es veu com totes les variables que tenim són idèntiques, tant la força, com velocitat, com consum específic en g/kWh. etc. Això és degut a que estem fent el mateix pels dos casos, però en un d'ells l'energia sobrant l'emmagatzemem i en l'altre la perdem.

Quan ens desplacem sense l'opció de recuperació d'energia (R.E), si experimentem una força negativa, és a dir, que el vehicle en comptes de fer força per avançar, va frenant o amb retenció per part del motor, aquesta energia extra es perd.

D'altra banda, si tenim la mateixa situació però amb l'opció de recuperació d'energia activada, aquesta quedarà emmagatzemada a la bateria i posteriorment, quan és necessari tornar a fer força per part del motor, utilitzarà aquesta energia.

Aquest fenomen és el que provoca que per el cas de R.E en Off, hi ha un cert consum de combustible, mentre que per l'altre, amb l'energia emmagatzemada hi ha prou i per tant no és necessari fer ús del combustible.

Annexes

1. El cicle europeu (NEDC)

Com s'ha explicat durant tot el treball, el consum és una dada que s'obté de forma empírica pels fabricants, de forma que per saber quin consum i emissions concedir a cada vehicle hi ha d'haver alguna prova o mecanisme que ho reguli, en aquest cas, el cicle NEDC.

El cicle NEDC o *New European Driving Cycle* és el cicle d'homologació que supera qualsevol vehicle abans de ficar-se a la venda.

Aquesta prova consisteix en recórrer de manera simulada un trajecte d'unes característiques concretes per tal de veure el consum i emissions que genera aquest vehicle i poder homologar aquestes dades.

El cicle es divideix en 2 parts. La urbana i la interurbana, i combinant aquestes dues s'obtinran les dades del consum mixte.

El procés dura uns 20 min i es recorren 11 km i 7 metres.

Les dues parts de la prova són:

- Zona urbana- S'arranca el vehicle i es manté 40 segons en ralenti. Es fica primera i s'agafen 15km/h, després es para. S'està 50 segons amb el cotxe en ralenti i després es puja a 35 km/h en segona per tornar-se a parar. Finalment s'arriba a 50 km/h en tercera i es redueix a 27 km/h en segona, fent tot el procés anterior un total de 4 vegades.
- Zona interurbana- De parat es passa a assolir 70 km/h en cinquena i s'aguanta un minut i pico. A continuació, es baixa a 50 km/h i es mantenen un minut. Després es tornen a agafar els 70 km/h i s'aguanten un altre minut. En aquest punt, s'accelera fins arribar als 100 km/h i es sostenen uns segons i es puja a 120 km/h durant un breu espai de temps fins que es desaccelera del tot.

Un cop realitzada aquesta simulació s'extreuen els resultats finals de consum i contaminació, això sí, s'ha de tenir en compte que aquest mètode no té perquè ser fiable en els resultats que s'obtenen, ja que:

- El botó Start-Stop esta permès en aquesta prova
- El fabricant sap abans de fabricar el vehicle la prova a la que es sotmetrà, de forma que es pot configurar el vehicle de forma que doni uns resultats molt favorables en aquestes condicions, perjudicant potser les dades sobre terreny en un ús quotidià real.
- El consum es sap que depèn molt del usuari i la manera en com condueix, de forma que pot arribar inclòs a convertir-se en el doble del homologat sense tenir necessàriament que augmentar molt les velocitats del desplaçament.

Webgrafia

- [1] OXFAM. (n.d.). Contaminación de la atmósfera: causas y soluciones | Ingredientes que Suman. Abril 12, 2020, Disponible a:
<https://blog.oxfamintermon.org/contaminacion-de-la-atmosfera-causas-y-soluciones/>

- [2] CEUPE. (n.d.). ¿Cuáles son los efectos de la contaminación atmosférica?. Maig 23, 2020, Disponible a:
<https://www.ceupe.com/blog/cuales-son-los-efectos-de-la-contaminacion-atmosferica.html>.

- [3] Prevención Integral & ORP Conference. (n.d.). Maig 28, 2020, Disponible a:
<https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2019/07/28/dato-dia-que-sectoreseconomicos-contribuyen-mas-emision-co2>