



DOCUMENTACIÓ I PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE

Model nacional de mobilitat

EQUIP DE TREBALL

Nil de Celis	Modelització
Guillem Francisco	Anàlisi de dades
Josep Ribó	Anàlisi de dades
Oriol Travesset	Coordinació
Raül Vinyes	Enginyeria del transport, mobilitat i ciutats sostenibles

Desembre, 2021



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INDEX

FIGURES.....	4
TAULES	4
1. PRESENTACIÓ.....	5
1.1 DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	5
1.2 OBJECTIUS	5
1.3 OBJECTIUS DE DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE (SDG's)	5
2. VISIÓ ESTRATÈGICA: UN MODEL PER A LA MOBILITAT SOSTENIBLE	6
2.1 AGENDA 2030 PEL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE	7
2.2 LA NOVA AGENDA URBANA (NUA)	9
2.3 LLEI D'IMPULS DE LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA I DEL CANVI CLIMÀTIC (LITECC)	10
2.4 ESTRATÈGIA NACIONAL DE MOBILITAT 2021-2050 (ENM).....	11
2.5 ESTRATÈGIA DE MOBILITAT SOSTENIBLE A ANDORRA.....	12
3. IDENTIFICACIÓ D'APLICACIONS	16
3.1 APLICACIONS TRANSVERSALS.....	16
3.2 APLICACIONS FOCUS I EN SEGUIMENT	17
3.2.1 OPTIMITZACIÓ DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORT EXISTENT	17
3.2.2 DEFINICIÓ DE POLÍTIQUES DE SUPORT A LA MOBILITAT SOSTENIBLE	19
3.2.3 PLANEJAMENT I NOVES INTERVENCIIONS.....	20
3.3 INNOVACIÓ I RECERCA: ANÀLISI EN ÀMBITS RELACIONATS AMB LA MOBILITAT.....	21
4. MODELITZACIÓ	22
4.1 EINES	22
4.2 ÚS I GOVERNANÇA	24
5. REFERÈNCIES.....	26

FIGURES

Figura 1 : Agenda global pel desenvolupament sostenible	7
Figura 2 : Rol del transport sostenible per assolir els SDG's (United Nations, 2016).....	8
Figura 3 : Jerarquia per a la promoció d'una mobilitat sostenible	11
Figura 4 : Inventari nacional de gasos d'efecte d'hivernacle.....	12
Figura 5 : Potencial tècnicament viable de reducció d'emissions d'efecte hivernacle a les ciutats el 2050, per sector	13
Figura 6 : Planejament i seguiment amb l'ajuda de models (Dios Ortuzar, 2011)	25

TAULES

Taula 1 : Objectius de Desenvolupament Sostenible (SDG's) relacionats amb el transport (United Nations, 2016).....	9
Taula 2 : Proposta d'aplicacions en optimització i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible	18
Taula 3 : Proposta d'aplicacions en polítiques i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible	20
Taula 4 : Proposta d'aplicacions en noves intervencions i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible	21
Taula 5 : Característiques generals de les tres solucions comercials seleccionades	23
Taula 6 : Quadre comparatiu detallat de les tres solucions comercials seleccionades.....	24

1. PRESENTACIÓ

Aquest document presenta el projecte “Model nacional de mobilitat”, en detalla la seva visió estratègica, n’identifica unes primeres aplicacions d’interès i justifica l’elecció d’una eina de modelització. Per últim, s’inicia una breu reflexió sobre l’ús i la governança de l’eina.

1.1 Descripció del projecte

L’objectiu principal d’aquest projecte és construir un model de mobilitat que permeti realitzar simulacions del trànsit tant a escala macro com micro a tot el territori andorrà. S’espera que el model resultant es converteixi en l’eina de referència de l’Àrea de Mobilitat del Govern d’Andorra donant suport així a la presa de decisions en polítiques de mobilitat.

Un diferencial remarcable d’aquest model respecte a altres és que la demanda es definirà principalment a partir de dades de telefonia mòbil.

1.2 Objectius

1. Identificar quina de les eines de modelització de trànsit existents és la més adequada tenint en compte les necessitats i particularitats d’Andorra.
2. Recopilar, estructurar i mantenir les dades necessàries per a la construcció del model (xarxa viària, vehicles, transport públic, telefonia mòbil, comptatges de vehicles, etc.).
3. Construir un model de mobilitat que permeti realitzar simulacions a nivell macro i micro.
4. Definir una visió estratègica per tal de millorar la mobilitat a Andorra amb un enfoc sostenible:
 - a) Optimitzant l’ús de la infraestructura existent;
 - b) Definint polítiques de suport a la mobilitat sostenible; i
 - c) Planejant i Prioritzant les noves intervencions.
5. Fomentar la recerca, la innovació i l’anàlisi en àmbits relacionats amb la mobilitat (per exemple, model de qualitat de l’aire).
6. Involucrar l’Àrea de Mobilitat en la construcció del model i fins la seva adopció com a eina de gestió i planificació de referència, sempre en diàleg amb les altres àrees involucrades i amb una visió integrada.

1.3 Objectius de Desenvolupament Sostenible (SDG's)



2. VISIÓ ESTRATÈGICA: UN MODEL PER A LA MOBILITAT SOSTENIBLE

"Les ciutats en què vivim avui s'han convertit en entorns hostils pels seus habitants. Tanmateix, tenim l'oportunitat de repensar la manera en què seguim construint les nostres ciutats (...)

*Transformar el model de ciutat no només és una qüestió formal: implica canviar la manera en què vivim i interaccionem amb els altres, la manera en què consumim i treballem. En resum, implica guiar la nostra societat cap a un horitzó més democràtic i ecològic"*¹

La implementació d'un model de mobilitat al territori andorrà ha de ser part d'un esforç integrat i coordinat per assolir un model de desenvolupament sostenible a nivell de país. Però, què significa desenvolupament sostenible?

Una de les definicions més usades i adoptades pel terme "transport sostenible" va ser desenvolupada pel *Canadian Centre for Sustainable Transportation* el 1997. La definició original es refereix a un sistema de transport sostenible com aquell que:

- a) permet accedir a les necessitats bàsiques dels individus i la societat de manera segura i coherent amb la salut humana i de l'ecosistema, i equitativament dins i entre generacions;
- b) és assequible, opera amb eficiència, ofereix diferents modes de transport possibles i suporta una economia dinàmica; i
- c) limita les emissions i residus dins de l'habilitat del planeta per absorbir-les, minimitza el consum de fonts no renovables, reutilitza i recicla les seves components i minimitza l'ús de terreny i la producció de soroll².

Aquests conceptes s'han anat imposant amb el temps fins a convertir-se en el centre de les recomanacions de les guies a nivell global. Tot seguit revisem l'estat actual de les polítiques internacionals en transport sostenible (Figura 1) i n'articulem una visió per a Andorra.

¹ (Acero G. et al, 2016, "Against the antisocial city: Do we know what type of urbanism do we want?")

² (Gilbert, Irwin, & Hollingworth, 2002)



Figura 1 : Agenda global pel desenvolupament sostenible

2.1 Agenda 2030 pel Desenvolupament Sostenible

Els agrupament urbans fomenten els intercanvis econòmics i socials però en moltes ocasions també accentuen les desigualtats, l'exclusió, la falta de transparència i el canvi climàtic. Només una visió holística de la sostenibilitat pot corregir aquestes problemàtiques mitjançant l'harmonització de les dimensions social, ambiental, econòmica i institucional. Sostenibilitat també significa preservar i desenvolupar actius físics i ambientals per les generacions futures, incloure i apoderar les persones per donar-los igualtat d'oportunitats i pensar en models de negoci que usin la innovació per crear valor a través d'un impacte positiu³.

El rol del transport en el desenvolupament sostenible va ser reconegut per primera vegada el 1992 a les Nacions Unides (*United Nation's Earth Summit*) i reforçat en el document que en va resultar. Des de llavors, l'atenció global per la mobilitat només ha fet que créixer, des de la Conferència de Desenvolupament Sostenible de 2012 (Rio +20), fins l'Agenda 2030 pel Desenvolupament Sostenible (2015) i la Nova Agenda Urbana (NUA, 2016), passant pel pla d'implementació de Johannesburg (JPOI) i l'Acord de Paris (2015)⁴.

L'adopció de l'Agenda 2030 pel Desenvolupament Sostenible ha donat un nou impuls per abordar els desafiaments associats al desenvolupament, incloent el transport sostenible. Aquest ha estat integrat en diversos SDG's (Objectius de Desenvolupament Sostenible) i Targets (sub-objectius), especialment en aquells relacionats amb la seguretat alimentària, la salut, l'energia, el creixement econòmic, la infraestructura i les ciutats i assentaments humans. Es busca, doncs, assolir un transport just, segur, assequible, accessible, eficient, resilient i amb el mínim d'emissions i impacte ambiental (Figura 2 i Taula 1).

³ (Vinyes Raso, 2016)

⁴ (United Nations, 2016)

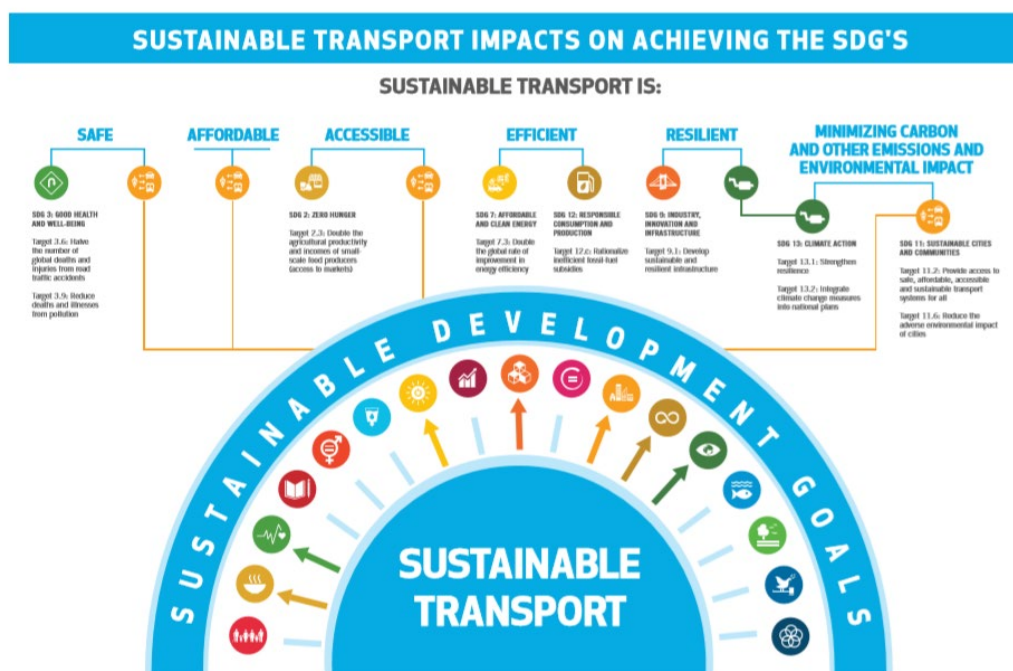


Figura 2 : Rol del transport sostenible per assolir els SDG's (United Nations, 2016)

SDG's	Targets (sub-objectius)
SDG 3. Good Health And Well-being: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages	Target 3.6: By 2020, halve the number of global deaths and injuries from road traffic accidents. Target 3.9: By 2030, substantially reduce the number of deaths and illnesses from hazardous chemicals and air, water and soil pollution and contamination
SDG 7: Affordable And Clean Energy: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all	Target 7.3: By 2030, double the global rate of improvement in energy efficiency
SDG 9: Industry, Innovation And Infrastructure: Build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation	Target 9.1: Develop quality, reliable, sustainable and resilient infrastructure, including regional and transborder infrastructure, to support economic development and human well-being, with a focus on affordable and equitable access for all
SDG 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable	Target 11.2: By 2030, provide access to safe, affordable, accessible and sustainable transport systems for all, improving road safety, notably by expanding public transport, with special attention to the needs of those in vulnerable situations, women, children, persons with disabilities and older persons Target 11.6: By 2030, reduce the adverse per capita environmental impact of cities, including by paying special attention to air quality and municipal and other waste management
SDG 12: Ensure sustainable consumption and production patterns	Target 12.c: Rationalize inefficient fossil-fuel subsidies that encourage wasteful consumption by removing market distortions, in accordance with national circumstances, including by restructuring taxation and phasing out those harmful subsidies, where they exist, to reflect their environmental impacts, taking fully into account the specific needs and conditions of developing countries and minimizing the possible adverse impacts on their

	development in a manner that protects the poor and the affected communities
SDG 13: Climate Action: Take urgent action to combat climate change and its impacts	Target 13.1: Strengthen resilience and adaptive capacity to climate-related hazards and natural disasters in all countries Target 13.2: Integrate climate change measures into national policies, strategies and planning

Taula 1 : Objectius de Desenvolupament Sostenible (SDG's) relacionats amb el transport (United Nations, 2016)

Remarcar també que el sector del transport jugarà un paper molt important en l'acció climàtica a l'hora d'assolir els objectius de l'Acord de París ja que representa gairebé un quart de les emissions globals amb efecte hivernacle relacionades amb l'energia, com va ser reconegut a la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC).

Tot seguit veurem també com la Nova Agenda Urbana (NUA, 2016) es consolida com una de les referències a l'hora de repensar i transformar les nostres ciutats i la manera com ens desplaçem.

2.2 La Nova Agenda Urbana (NUA)

La cimera Habitat III i l'adopció el 2016 de la Nova Agenda Urbana (NUA) representen compromisos globals que subratllen la urgència d'abordar els desafiaments en transport. Amb una població urbana que s'estima en més del doble pel 2050 en relació a la població de 2020, la urbanització constitueix una de les tendències més transformadores del segle XXI. Les ciutats concentren poblacions, activitat econòmica, interaccions socials i culturals, però també impactes humanitaris i ambientals. Apareixen, doncs, conflictes en termes d'habitatge, infraestructura, serveis bàsics, seguretat alimentària, educació, salut, ocupació digna, seguretat i recursos naturals, entre d'altres.

La Nova Agenda Urbana representa una visió conjunta per un futur millor i més sostenible, en el qual totes les persones tenen els mateixos drets i accés als beneficis i oportunitats que les ciutats poden oferir. Per això és necessari redefinir la forma i els sistemes dels nostres espais urbans i assegurar-ne una bona planificació i gestió.

El canvi de paradigma és significatiu. Es deixen enrere les intervencions centrades en l'ampliació de l'oferta (construcció de noves infraestructures) i es passa a actuar amb una visió centrada en les persones i en tots els àmbits d'implementació: polítiques urbanes nacionals, regulacions i legislació urbana, planejament i disseny urbà, economia local i finances municipals. La NUA s'erigeix com una valuosa eina que estableix principis i estàndards per al planejament, construcció, desenvolupament, gestió i millora d'espais urbans i del transport. I ho fa per a qualsevol nivell de govern, per a organitzacions de la societat civil, per al sector privat i per a tots aquells que habiten les ciutats.

Amb aquestes mesures es pretén reduir les desigualtats, promoure una economia inclusiva i sostenible, assolir la igualtat de gènere i l'apoderament de totes les dones, millorar la salut

humana i el benestar, promoure la resiliència i protegir l'ambient⁵. En definitiva, ciutats i mobilitat per a tothom.

2.3 Llei d'impuls de la Transició Energètica i del Canvi Climàtic (Litecc)

El 13 de setembre de 2018 el Consell General d'Andorra va aprovar la Llei 21/2018 d'impuls de la transició energètica i del canvi climàtic (Litecc). Aquesta recull un conjunt de polítiques adreçades al desenvolupament sostenible d'Andorra, "que tenen com a objectiu final un model de societat futura on el creixement econòmic, la cohesió social i la protecció del medi ambient es tractin com tres aspectes d'un únic repte estratègic". La transició energètica proposada jerarquitzava les següents accions en l'ordre presentat: l'estalvi energètic; l'eficiència energètica; l'ús d'energies de fonts d'origen renovable; l'ús d'energia baixa en carboni; i l'ús d'energia alta en carboni, com a última opció.

La Llei també contempla mesures relacionades amb la mobilitat i fixa dos objectius concrets en el seu article 6:

- a) Augmentar el percentatge dels vehicles a propulsió elèctrica en el parc automobilístic nacional de turismes fins al 20% com a mínim l'any horitzó 2030, i fins al 50% com a mínim l'any horitzó 2050; i
- b) Reduir a la meitat les emissions derivades del sector del transport intern.

Pel que fa a les mesures detallades en el camp de la mobilitat sostenible (Figura 3), es proposa "promoure un model de mobilitat cap a mitjans més sostenibles sempre privilegiant el transport públic respecte dels transports privat i particular". La mobilitat no motoritzada o assistida, doncs, es prioritza per davant de la mobilitat motoritzada elèctrica o d'una font sense emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i de la mobilitat motoritzada amb emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. A més a més, tant governs com comuns hauran d'incorporar les previsions de l'estratègia nacional de mobilitat i dels plans de mobilitat parroquials en els seus instruments de planificació urbanística. Finalment, s'obliga a "totes les administracions, les entitats públiques i les empreses, de més de 100 treballadors" a disposar de plans de mobilitat sostenible per als seus treballadors.

⁵ (United Nations, 2017)

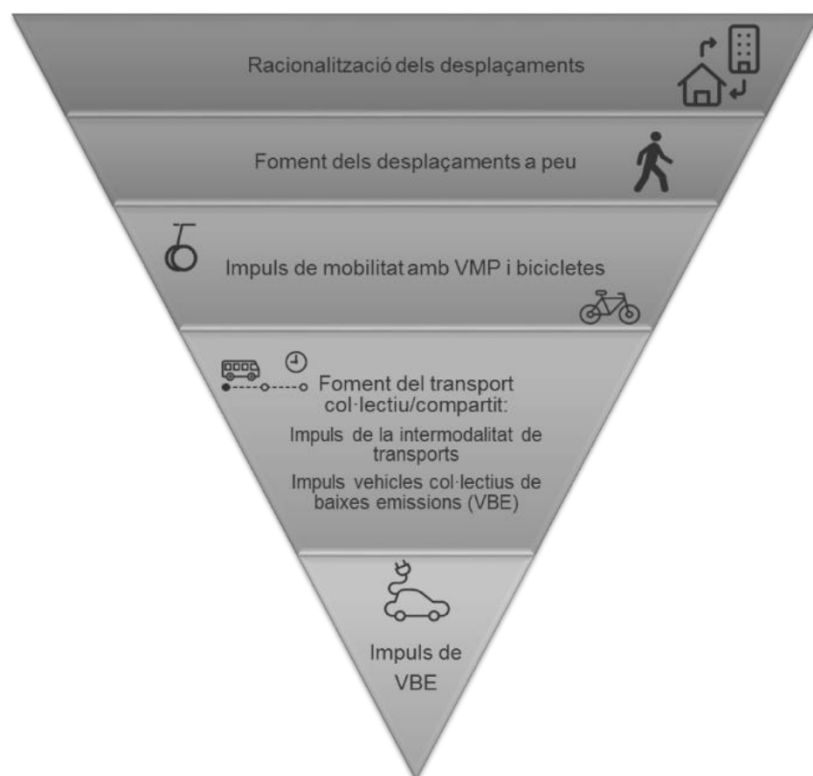


Figura 3 : Jerarquia per a la promoció d'una mobilitat sostenible

El document també recull altres mesures per incentivar el transport públic, reduir les emissions del parc automobilístics i desplegar una xarxa de punts de càrrega de vehicles elèctrics a la via pública.

2.4 Estratègia Nacional de Mobilitat 2021-2050 (ENM)

L'ENM ha estat treballada tècnicament per la Subcomissió Permanent de Treball Tècnic en el Marc de la Mobilitat i presentada a la Comissió Nacional d'Energia i Canvi Climàtic el 21 de setembre del 2021. El 22 de setembre del 2021 va ser aprovada pel Govern d'Andorra. L'informe compta amb la participació activa dels membres de la Subcomissió Permanent de Treball Tècnic en el marc de la mobilitat, en què són presents els principals actors, tant privats com públics, implicats en els factors o condicionants de la mobilitat. També ha incorporat una certa visió ciutadana gràcies a la realització d'una enquesta.

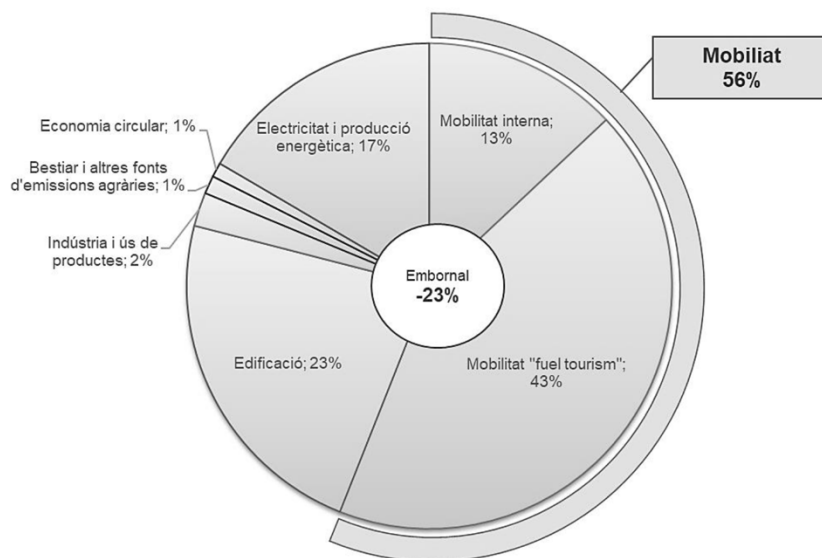


Figura 4 : Inventari nacional de gasos d'efecte d'hivernacle

En el document és recull una diagnosi de la situació actual, amb un recull de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i d'altres emissions produïdes per la mobilitat (Figura 4). També es detallen els trets característics i principals reptes per a la transició a la mobilitat sostenible. En base a aquesta anàlisi i a una enquesta ciutadana, es defineixen una sèrie de programes d'acció: 1) Descarbonització cap a la descarbonització del sector de la mobilitat; 2) Eines de finançament per a la descarbonització de la mobilitat; 3) Transició social; i 4) Innovació, gestió intel·ligent i observació sistemàtica. Finalment, es defineixen uns indicadors pel seu seguiment.

2.5 Estratègia de Mobilitat Sostenible a Andorra

L'objectiu d'aquest projecte és definir una visió estratègica i millorar la mobilitat a Andorra per fer-la més sostenible a) optimitzant l'ús de la infraestructura existent; b) definint polítiques de suport a la mobilitat sostenible; i c) planejant les noves intervencions. Seleccionarem, doncs, una sèrie d'aplicacions que seran prioritzades mitjançant una anàlisi Cost-Benefici amb l'ajuda del model i en base als tres pilars del desenvolupament sostenible: societat, medi ambient i economia.

Aquestes dimensions també són conegudes a l'Agenda 2030 com a "*triple bottom line*" o Persones - Planeta - Prosperitat. Els desafiaments són importants. En quant a les persones, una conseqüència inevitable d'un sistema de transport no reformat és el bloqueig de la xarxa, la qual cosa porta a un increment dels temps de congestió i a una degradació de la qualitat de vida dels ciutadans. El planeta també es ressentirà d'un increment sostingut en l'ús de recursos i del transport motoritzat: s'estima que el 2050 la mobilitat urbana consumirà el 17% de les capacitats biològiques del planeta, 5 cops més que el 1990⁶. Finalment, si no es

⁶ (UITP (Union Internationale des Transports Publics), 2014)

corregeixen les tendències actuals, i donat que la infraestructura urbana és un factor clau per atraure negocis a les ciutats, l'activitat econòmica es podria veure negativament afectada.

Per tal d'assolir aquest objectiu de mobilitat sostenible, el mecanisme "Evita-Canvia-Millora" (*Avoid-Shift-Improve*)⁷ constitueix una bona pràctica reconeguda internacionalment: evita els desplaçaments innecessaris; canvia el transport individual i motoritzat per modes actius i de transport públic; i millora l'eficiència energètica. Aquest enfoc està promogut pel Grup Assessor d'Alt Nivell en Transport Sostenible de les Nacions Unides⁸ i constitueix un marc per avaluar mesures i accions i fomentar la multimodalitat i les solucions de mobilitat compartida i col·lectiva. Existeixen mesures de reducció d'emissions viables que poden tenir un impacte significatiu en la reducció d'emissions, també en el sector transport (Figura 5).

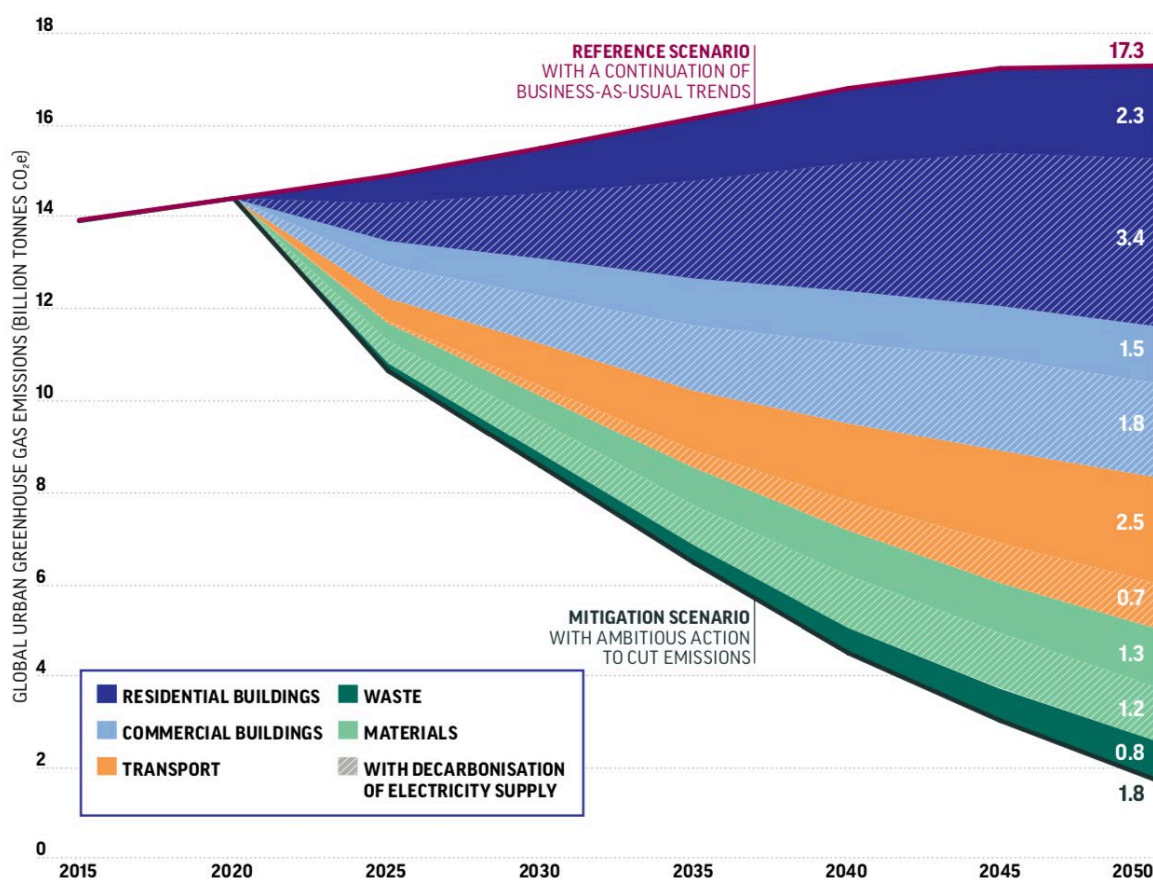


Figura 5 : Potencial tècnicament viable de reducció d'emissions d'efecte hivernacle a les ciutats el 2050, per sector⁹

Tenint en compte l'agenda internacional, l'entorn d'aplicació Europeu a través dels SUMPs (*Sustainable Urban Mobility Plans*), el pla de Mobilitat de la Vall Central (2018), la llei 21/2018, d'impuls de la transició energètica i del canvi climàtic (Litecc), l'Estratègia Nacional de Mobilitat 2021-2050 (ENM) i les particularitats d'Andorra i el seu moment actual, considerem

⁷ (UN-HLAG 2016, Banister 2008)

⁸ (United Nations, 2016)

⁹ (Coalition for Urban Transitions, 2019)

els següents eixos com a estratègics per assolir una mobilitat sostenible per a tothom¹⁰. El model que proposem aporta informació molt rellevant en tots els àmbits per assistir la presa de decisions amb paràmetres objectius, transparents i justos.

Eix estratègic 1: Integrar els planejaments en mobilitat, ordenament territorial i dinàmiques laborals. Les polítiques públiques i el planejament en transport urbà han de considerar l'ordenament territorial i els patrons de creixement i expansió de les poblacions. Dins d'aquest esquema, els màster plans de transport integrats han d'incloure mesures a curt, mitjà i llarg termini i la integració de tots els modes de transport amb una visió des de les persones. En resulta una experiència intermodal més fluïda i una reducció del número de desplaçaments gràcies a, per exemple, la definició de zones d'usos mixtos i el desenvolupament de polítiques de tele-treball i flexibilització d'horaris laborals. La simulació mitjançant el model macro dels fluxos generats per futurs desenvolupaments urbans pot ajudar a avaluar-ne la seva viabilitat i impacte.

Eix estratègic 2: Millorar el transport públic i incentivar-ne l'ús. Només es podrà reduir la dependència del vehicle privat si es defineixen polítiques per arribar a més gent¹¹. Un transport públic eficient i atractiu passa per ser freqüent, fiable, assequible, segur, accessible, convenient, còmode i no contaminant. La integració horària, tarifària i d'emissió de bitllets així com la informació en temps real constitueixen passos en aquesta direcció. Resulta bàsic reduir també les ajudes als modes en competició, com els cotxes privats i taxis, i promoure l'ús del cotxe compartit¹². El model desenvolupat ens permetrà avaluar l'impacte de polítiques de restricció i tarifes d'aparcament, càrrecs per congestió, peatges electrònics, ampliació de l'oferta i regulació del cost del transport públic, entre d'altres.

Eix estratègic 3: Promoure el transport no motoritzat: desplaçaments a peu i, on sigui possible, en bicicleta. Aquestes modalitats de transport no contaminant només representen una alternativa, però, si existeix la infraestructura adient: espais públics de qualitat i inclusivament, voreres àmplies, una xarxa de carrils bici segregats, segurs, continus i integrats, passos elevats, àrees urbanes pacificades lliures de vehicles motoritzats, provisió de bicicletes de lloguer gratuïtes o assequibles, entre d'altres¹³. Copenhaguen aspira a esdevenir neutre en carboni el 2025 apostant per una mobilitat sostenible (a peu, bicicleta o en transport públic) que representi fins el 75% dels trajectes. A Andorra l'orografia i la climatologia presenten alguns reptes però el marge de millora és immens, especialment en els desplaçaments intra-parroquials¹⁴. El model ens permetrà trobar un equilibri entre intervencions que incentivin el transport no motoritzat i un funcionament eficient de la xarxa de transport motoritzat.

Mecanismes: Usar les noves tecnologies per fer la mobilitat més segura, assequible, accessible i neta. L'eina de modelització que proposem constitueix un clar exemple de com

¹⁰ (Regmi, 2014)

¹¹ Usant dades del Departament d'Estadística, Andorra està entre els 5 països del món amb més cotxes per habitant.

¹² Els cotxes, segons l'especialista en planejament urbà Donald Shoup, passen vora el 95% de la seva vida útil aparcats.

¹³ (World Bank, 2020)

¹⁴ Segons el darrer informe del Govern d'Andorra a la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC), el sector transport representa dos terços del total d'emissions de gasos amb efecte hivernacle.

aplicar les noves tecnologies per fer més eficient i a l'hora racionalitzar l'ús i la configuració de la xarxa. Això es pot aconseguir mitjançant la regulació i gestió del trànsit i amb intervencions puntuals simulades a nivell micro. Aquest mecanisme s'engloba dins dels anomenats Sistemes de Transport Intel·ligent (ITS), que poden aportar també informació dels trajectes en temps real, assistir els usuaris en l'elecció de rutes o proporcionar una plataforma de feedback i consulta ciutadana. Els ITS no són una finalitat en sí, sinó que han de respondre a una necessitat originada en les persones i han de venir acompanyats de mecanismes de transparència i rendició de comptes.

L'avenç en els 3 eixos estratègics només serà possible si es vertebrada a través l'adopció d'una consciència ecològica a tots els nivells. Tant els recursos com la capacitat del planeta d'absorbir l'impacte negatiu que té la mobilitat en els ecosistemes són limitats. El sistema econòmic i social i les accions individuals han de ser repensats per garantir el dret de la resta de la humanitat i de les generacions futures a viure dignament i plena. Un model basat en activitats productives que repercuteixen positivament en la societat i en l'ambient. I on ens movem amb consciència.

3. IDENTIFICACIÓ D'APLICACIONS

El desenvolupament d'un model de mobilitat representa una gran oportunitat per poder avançar cap a l'escenari definit en la visió estratègica de mobilitat sostenible. Presentem a continuació una llista extensiva d'aplicacions classificades per àrees d'actuació.

Les aplicacions han estat proposades en base als eixos estratègics exposats, al coneixement per part de l'equip dels desafiaments i tendències actuals de mobilitat a Andorra i a les possibles sinèrgies amb àrees tan rellevants com les de Mobilitat, Medi Ambient i Energia. Es presenten una sèrie d'aplicacions transversals seguida d'una primera selecció (focus) que serà analitzada en detall amb l'ajuda del model de mobilitat. La resta d'aplicacions quedarà en observació i se'n farà un seguiment periòdic. És essencial que aquesta visió es vegi enriquida, ja sigui en aquesta fase o a l'hora de prioritzar, a través de la participació de la ciutadania i dels actors públics i privats relacionats amb la mobilitat.

Al final d'aquest informe es realitzarà una priorització basada en criteris tècnics i considerant les dimensions socials, ambientals i econòmiques per tal d'oferir una eina justa i transparent per a la presa de decisions. Cal destacar que moltes d'elles estan relacionades, per la qual cosa el seu impacte dependrà de la implementació d'altres aplicacions de manera coordinada. Això és essencial ja que l'impacte conjunt de les diferents estratègies serà diferent a la suma de l'impacte de cada aplicació per separat.

3.1 Aplicacions transversals

En base al desplegament de la Llei 21/2018 d'impuls de la transició energètica i del canvi climàtic (Litecc) i a l'Estratègia Nacional de Mobilitat 2021-2050, s'ha definit un primer bloc d'aplicacions transversals que permetran posteriorment entrar en el detall de les definides a continuació. Aquestes s'han classificat en tres grups, segons les eines que s'usaran per estudiar-les:

T1. Anàlisi Macro mitjançant el model

- Impacte d'un increment del 25% en els usuaris del transport públic
- Impacte d'un increment del 25% en els desplaçaments no motoritzats (i. e. a peu o bici)
- Impacte d'una reducció del 25% en els vehicles amb un sol ocupant
- Impacte d'un increment del 25% de la població
- Impacte de la implantació d'un 25% de teletreball (1 de 4 treballadors es queden a casa)

T2. Anàlisi Meso mitjançant el model

- Impacte d'una pacificació extensa a Andorra la Vella i Escaldes
- Gestió del trànsit a la Massana

T3. Anàlisi de Dades

- Definició d'escenaris de referència per l'anàlisi de transport per cable entre l'Aeroport de la Seu d'Urgell i Andorra la Vella
- Ús de combustible dins i fora del país (per inventari d'emissions)

- Dades de demanda per a la implantació de busos parroquials a la demanda

3.2 Aplicacions focus i en seguiment

3.2.1 Optimització de la infraestructura de transport existent

Llista exhaustiva d'aplicacions possibles:

- A1. Ordenament de la rotonda d'Anyós
- A2. Gestió del trànsit a la Massana
- A3. Gestió del trànsit a la Vall Central
- A4. Plans d'actuació per esdeveniments pic
- A5. Optimització en la freqüència de busos nacionals en hores pic
- A6. Busos parroquials i nacionals nocturns sota demanda¹⁵
- A7. Sistema d'informació de transport públic en temps real, seguiment del nivell de servei, enquestes de satisfacció i campanyes de promoció
- A8. Actuacions de priorització del bus
- A9. Infraestructura pel cotxe compartit (públic i privat)
- A10. Logística urbana: *cargo-cycles* i centres de consolidació¹⁶
- A11. Ordenament del nou vial de Sant Julià

A continuació es reagrupen les aplicacions en dos grups. Aquelles classificades com a **focus** seran prioritzades d'estudiar en detall amb l'ajuda del model de mobilitat. Han estat triades tenint en compte factors com la urgència o rellevància de la intervenció en el moment actual, l'impacte positiu que podrien tenir en la societat, les sinergies que permetrien establir amb altres actors i l'apreciació de la seva viabilitat i acceptació.

Les aplicacions a les quals es farà **seguiment** són igualment rellevants per a la consecució dels eixos estratègics, però el model no juga un paper tan central en la seva anàlisi. També inclouen aplicacions que no es troben en un punt de maduresa suficient en el context actual però que seran acompanyades pel seu potencial futur desenvolupament. La Taula 2 en presenta un resum.

Aplicacions focus:

- A1. Ordenament de la rotonda d'Anyós
- A2. Gestió del trànsit a la Massana
- A3. Gestió del trànsit a la Vall Central
- A4. Plans d'actuació per esdeveniments pic
- A11. Ordenament del nou vial de Sant Julià

Aplicacions a les quals es farà seguiment:

- A5. Optimització en la freqüència de busos nacionals en hores pic - esperar millors moments, integrar en plans d'hores pic
- A6. Busos parroquials i nacionals nocturns sota demanda

¹⁵ (UN ESCAP, 2019)

¹⁶ (International Journal of Sustainable Transportation, Wouter van Heeswijk, 2019)

- A7. Sistema d'informació de transport públic en temps real, seguiment del nivell de servei, enquestes de satisfacció i campanyes de promoció
- A8. Actuacions de priorització del bus
- A9. Infraestructura pel cotxe compartit (públic i privat)
- A10. Logística urbana: cargo-cycles i centres de consolidació - entren altres àrees

Aplicacions	Eix estratègic 1 : Integrar els planejaments en mobilitat, ordenament territorial i dinàmiques laborals	Eix estratègic 2 : Millorar el transport públic i incentivar-ne l'ús	Eix estratègic 3 : Promoure el transport no motoritzat	Mecanisme : Usar les noves tecnologies per fer la mobilitat més segura, assequible, accessible i neta
Optimització de la infraestructura de transport existent				
A1. Ordenament de la rotonda d'Anyós				FOCUS
A2. Gestió del trànsit a la Massana				FOCUS
A3. Gestió del trànsit a la Vall Central				FOCUS
A4. Plans d'actuació per esdeveniments pic				FOCUS
A5. Optimització en la freqüència de busos nacionals en hores pic				
A6. Busos parroquials i nacionals nocturns sota demanda				
A7. Sistema d'informació de transport públic en temps real (...)				
A8. Actuacions de priorització del bus				
A9. Infraestructura pel cotxe compartit (públic i privat)				
A10. Logística urbana: cargo-cycles i centres de consolidació				
A11. Ordenament del nou vial de Sant Julià				FOCUS
Eix vertebrador : Adoptar una consciència ecològica a tots els nivells				

Taula 2 : Proposta d'aplicacions en optimització i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible

3.2.2 Definició de polítiques de suport a la Mobilitat Sostenible

Llista exhaustiva d'aplicacions possibles:

- B1. Targes de transport integrades i intermodals (MaaS, mobilitat com a servei)
- B2. Millora de l'accessibilitat i intermodalitat del transport públic (mobilitat reduïda, bicicletes, etc.)¹⁷
- B3. Replantejament de les tarifes de transport públic
- B4. Electrificació de la flota de busos i automòbils i definició de punts de càrrega (objectiu Litecc)
- B5. Replantejament de les tarifes i zones d'aparcament
- B6. Càrrecs per congestió
- B7. Càrrecs per emissions
- B8. Zona d'emissions baixes
- B9. Beneficis per compartir cotxe
- B10. Incentius pel tele-treball, horari flexible i tràmits online
- B11. Pagaments als operadors de transport segons eficiència (nivell de servei, puntualitat, km recorreguts)
- B12. Coordinació dels plans de mobilitat de les entitats i empreses de més de 100 treballadors (Litecc, pàgina 20)

Aplicacions focus:

- B4. Electrificació de la flota de busos i automòbils i definició de punts de càrrega (objectiu Litecc)
- B5. Replantejament de les tarifes i zones d'aparcament
- B10. Incentius pel tele-treball, horari flexible i tràmits online
- B11. Pagaments als operadors de transport segons eficiència (nivell de servei, puntualitat, km recorreguts)
- B12. Coordinació dels plans de mobilitat de les entitats i empreses de més de 100 treballadors (Litecc, pàgina 20)

Aplicacions a les quals es farà seguiment:

- B1. Targes de transport integrades i intermodals (MaaS, mobilitat com a servei)
- B2. Millora de l'accessibilitat i intermodalitat del transport públic (mobilitat reduïda, bicicletes, etc.)
- B3. Replantejament de les tarifes de transport públic
- B6. Càrrecs per congestió
- B7. Càrrecs per emissions
- B8. Zona d'emissions baixes
- B9. Beneficis per compartir cotxe

¹⁷ (Centre for Liveable Cities, 2017)

La Taula 3 en presenta un resum:

Aplicacions	Eix estratègic 1 : Integrar els planejaments en mobilitat, ordenament territorial i dinàmiques laborals	Eix estratègic 2 : Millorar el transport públic i incentivar-ne l'ús	Eix estratègic 3 : Promoure el transport no motoritzat	Mecanisme : Usar les noves tecnologies per fer la mobilitat més segura, assequible, accessible i neta
Definició de polítiques de suport a la Mobilitat Sostenible				
B1. Targes de transport integrades i intermodals (MaaS)				
B2. Millora de l'accessibilitat i intermodalitat del transport públic (...)				
B3. Replantejament de les tarifes de transport públic				
B4. Electrificació de la flota de busos i automòbils (objectiu Litecc)				FOCUS
B5. Replantejament de les tarifes i zones d'aparcament				FOCUS
B6. Càrrecs per congestió				
B7. Càrrecs per emissions				
B8. Zona d'emissions baixes				
B9. Beneficis per compartir cotxe				
B10. Incentius pel tele-treball, horari flexible i tràmits online				FOCUS
B11. Pagaments als operadors de transport segons eficiència (...)				FOCUS
B12. Coordinació dels plans de mobilitat de les entitats i empreses				FOCUS
Eix vertebrador : Adoptar una consciència ecològica a tots els nivells				

Taula 3 : Proposta d'aplicacions en polítiques i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible

3.2.3 Planejament i noves intervencions

Llista exhaustiva d'aplicacions possibles:

- C1. Promoció, ordenació, millora i ampliació de la xarxa de carrils bici i pàrquing
- C2. Pacificació dels nuclis urbans i millora de voreres (ie. Sant Julià: Av. Verge de Canòlich)
- C3. Pla de camins inter-parroquials
- C4. Sistema d'intercanviadors intermodals (park & ride)

Aplicacions focus:

- C1. Promoció, ordenació, millora i ampliació de la xarxa de carrils bici i pàrquing
- C2. Pacificació dels nuclis urbans i millora de voreres (ie. Sant Julià: Av. Verge de Canòlich)
- C3. Pla de camins inter-parroquials

Aplicacions a les quals es farà seguiment:

- C4. Sistema d'intercanviadors intermodals (park & ride)

La Taula 4 en presenta un resum:

Aplicacions	Eix estratègic 1 : Integrar els planejaments en mobilitat, ordenament territorial i dinàmiques laborals	Eix estratègic 2 : Millorar el transport públic i incentivar-ne l'ús	Eix estratègic 3 : Promoure el transport no motoritzat	Mecanisme : Usar les noves tecnologies per fer la mobilitat més segura, assequible, accessible i neta
Planejament i Priorització de noves intervencions				
C1. Promoció, ordenació, millora i ampliació de la xarxa de carrils bici i pàrquing				FOCUS
C2. Pacificació dels nuclis urbans i millora de voreres (ie. Sant Julià: Av. Verge de Canòlich)				FOCUS
C3. Pla de camins inter-parroquials				FOCUS
C4. Sistema d'intercanviadors intermodals (park & ride)				
Eix vertebrador : Adoptar una consciència ecològica a tots els nivells				

Taula 4 : Proposta d'aplicacions en noves intervencions i alineament amb els eixos estratègics en mobilitat sostenible

3.3 Innovació i Recerca: anàlisi en àmbits relacionats amb la Mobilitat

Llista exhaustiva de possibles aplicacions:

- D1. Model de qualitat de l'aire i emissions. Impacte de les aplicacions 3.1 i 3.2
- D2. Model de contaminació acústica. Impacte de les aplicacions 3.1 i 3.2
- D3. Urbanisme i mobilitat: impacte dels usos mixtes
- D4. Impacte comercial de la pacificació de nuclis urbans

4. MODELITZACIÓ

4.1 Eines

L'exercici de modelització de la mobilitat a Andorra és complex, tant des d'una perspectiva geomètrica com especialment pel que fa a la teoria i a les equacions que regeixen els desplaçaments i el comportament humà. Es plantegen doncs, dues opcions: d'una banda, usar l'experiència i el coneixement de l'equip per desenvolupar des de zero una plataforma de programari que permeti realitzar les tasques de modelització. De l'altra, externalitzar aquest esforç i usar una plataforma ja existent que reculli el coneixement i l'experiència acumulats en el sector.

Ambdues opcions presenten avantatges i inconvenients però s'ha decidit optar per la segona opció amb l'objectiu d'optimitzar els recursos, l'impacte i el temps d'execució del projecte. D'aquesta manera, l'equip pot dedicar els seus esforços a reflectir el més fidelment possible la realitat d'Andorra en el model i a desenvolupar-ne les aplicacions més prioritàries.

Programari

Per tal de triar el millor proveïdor, és essencial tenir una formulació clara del problema, exposada prèviament en aquest informe, i identificar els requisits tècnics i estratègics principals. Des d'un punt de vista tècnic, és crític que es pugui treure el màxim profit del programari amb les dades existents i disponibles; també és important que sigui compatible amb les eines habituals de treball, transparent, transferible, flexible i adaptable a la realitat i particularitats d'Andorra; finalment, ha de ser robust però al mateix temps simple i fàcil d'actualitzar i iterar per assegurar-ne una adopció i un ús continuat en el futur.

Des del punt de vista estratègic, el programari ha de tenir un cost just i assumible, crear el mínim de dependències a futur i tenir una expectativa de continuïtat i evolució en el temps. També és positiu que el desenvolupador tingui una experiència valuosa en el sector, que pugui demostrar aplicacions d'èxit a nivell mundial i que plantegi un marc de col·laboració interessant per l'ecosistema que es promou des d'Andorra Recerca i Innovació. Això implica fomentar temes de recerca i innovació i oferir serveis i formació flexibles a costos de mercat.

Les opcions que es plantegen es divideixen en les de codi obert (*open source*) i les comercials. Malgrat la preferència conceptual d'usar solucions de codi obert per la transparència i llibertat que comporten, les solucions com Gama i Sumo han estat descartades ja que no poden donar resposta a la globalitat dels problemes plantejats, oferint en canvi solucions vàlides però enfocades a reptes més específics. La seva existència a futur és incerta, la qual cosa podria invalidar els esforços en la construcció i calibratge del model.

En quant a les solucions comercials, s'han contactat les següents 5 empreses líders mundials en el sector: Visum (PTV), Aimsun (Siemens), Cube (Citilabs), TransCAD (Caliper) i Replica (Side Walk Labs). La darrera no ha respost als reiterats contactes, mentre que l'equip de TransCAD ha mostrat poc interès en continuar amb l'intercanvi després d'un contacte inicial. La solució de Caliper ha estat contemplada ja que va ser el programari usat en les modelitzacions macro del Pla de Mobilitat de la Vall Central, licitat pel Govern d'Andorra el 2017.

El primer pas comprèn una recerca general de les tres primeres solucions per tal d'entendre les seves especificitats i potencialitat per resoldre els reptes que es plantegen a Andorra. En presentem a continuació un resum (Taula 5).

PTV VISUM	SIEMENS AIMSUN	CITILABS CUBE
Qui són?		
1979, Karlsruhe (Alemanya), 700 treballadors. Abast mundial, focus a Europa	1997, Barcelona, adquirits el 2018 per Siemens Abast mundial, focus a EUA i Àsia	2001, Califòrnia, 9 oficines Abast mundial, amb focus a EUA
Especificitat del programari		
Built-in GIS, customitzable mitjançant scripting Visum (macro, estratègia), Vissim (micro, planejament)	Combina macro i micro amb DTA (Dynamic Traffic Assignment) Integra plataformes de tercers i viceversa	Integrat amb ESRI, embedded ArcGIS Streetlytics per obtenció de data (GPS)
Experiències similars		
Zurich (390.000 habitants, 180.000 visitants) Vancouver i Londres (optimització per olimpíades) Alemanya i Bahrain (model nacional) Karlsruhe (model multimodal)	Model de Singapur (Land Transport Authority) Manhattan traffic model (NYCD of Transportation) Model de Paris (Marie de Paris) Model de Montreal (Ville de Montréal and Modeling Agency)	Londres (cycle model) Califòrnia (state travel demand model) Collegno (sustainable urban mobility plan) Western Cape Gmmt (province-wide landuse & demand model)

Taula 5 : Característiques generals de les tres solucions comercials seleccionades

El següent pas ha consistit en entrevistar els tres actors seleccionats, de manera presencial a Andorra (en els casos de Visum i Aimsun) i per videoconferència en el cas de Cube. Aquest contacte és fonamental per aprofundir en la potencialitat i implementació de cada plataforma, l'interès per col·laborar a futur i la dinàmica de treball. Aquest enfoc permet minimitzar els riscos d'una implementació complexa. Recollim els punts més destacats de cada solució en el següent quadre comparatiu (Taula 6).

L'eina Aimsun Next ha estat triada com la més idònia per a construir el model pels seus casos d'èxit a nivell internacional, per la seva versatilitat en la formulació i resolució dels problemes, per la seva proximitat geogràfica i per la fórmula de col·laboració proposada. Aquesta contempla un any gratuït de llicència amb ajuda en el procés d'implementació i sense obligacions a futur (fase 1), la qual cosa permet validar la idoneïtat del programari triat.

Oficina a BCN 40 anys d'experiència. Global. Model multimodal EU. Scripting oriented. Import-export. Conté GIS. Container de dades. Enfoc "SAP". Multimodal. Macro-Micro en mòduls diferents. Computació local / distribuïda / cloud. Tractament-Neteja de dades en altres mòduls Gestor escenaris potent. Implementació en mesos. Fase 1: llicència acadèmica 5.000eur, NDA, acord marc Fase 2: llicència: 9.000eur manteniment anual: 1.350eur addicionals: 1.100eur/d formació + 4.500 - 10.500eur (transport públic)	HQ a BCN 21 anys com a empresa privada. Global. Usat a Vall Central (micro) i Singapur. Scripting possible. Import-export. Conté GIS. Container de dades. Per capes i blocs, flexible. Multimodal. Model combinat Micro-Meso-Macro. Rapidesa. Computació local. Familiars amb el tractament de dades de telefonia i espirals Escenaris en 1 fitxer. Implementació en mesos. Fase 1: llicència prova + ajuda modelling sense cost, col·laboració en R+D Fase 2: llicència + 8h suport: 24.000eur manteniment (2n any): 2.880eur addicionals: 650eur/d + real time	HQ a US, oficina a UK, suport a Munich Iniciativa més jove i menys desenvolupada. Model a Califòrnia per decision makers. Scripting possible. Import-export. ESRI - ArcGIS engine integrat. Land use interaction model. Multimodal. Macro-Micro. 5-20min de càlcul per un territori com Andorra. Eina potent de data fusion: Streetlytics Gestor d'escenaris simple. Implementació en mesos. Fase 1: preparació pel model: "data assembly" 10.000eur Fase 2: llicència: 15.500 - 34500eur manteniment anual: 18% 50% descompte "academic research"
PTV VISUM	SIEMENS AIMSUN	CITILABS CUBE

Taula 6 : Quadre comparatiu detallat de les tres solucions comercials seleccionades

4.2 Ús i governança

La tria d'un model punter com Aimsun Next estableix una base sòlida per construir una eina per a la transició a una mobilitat sostenible a Andorra. Però no és suficient. Els models de planejament de transport no resolen els problemes de transport per sí sols.

En una primera instància, i com reflectim a continuació en aquest informe, cal un esforç ingent per tal de fer un treball rigorós i exhaustiu de definició de la geometria de la xarxa i dels paràmetres que la regeixen. Aquest ha de venir acompanyat d'una anàlisi de la mobilitat actual i la conseqüent depuració de les dades, calibratge, validació, etc. Això ens permetrà construir un model robust i fiable, essencial per a la posterior anàlisi d'escenaris i presa de decisions.

En una segona instància, és fonamental que l'administració pública, lògicament una unitat dins el Ministeri d'Ordenament Territorial, s'apropii de l'eina per tal d'assegurar que el model desenvolupat sigui mantingut, actualitzat i integrat en la presa diària de decisions, ja sigui a nivell operacional com estratègic. Es tracta d'una eina excel·lent per tal de poder tenir una visió global i maximitzar l'impacte positiu que les futures intervencions en mobilitat tindran en les persones, l'ambient i l'economia.

La realitat de la mobilitat a un territori canvia constantment i fa necessària una acció continuada i iterativa per assolir els objectius estratègics, la qual ha de venir acompanyada sempre d'un procés de seguiment (*monitoring*). La implementació de solucions ens porta a una necessària revaluació i formulació del problema, recol·lecció de dades i reajustament del model per poder proposar les millors mesures adaptades a la nova realitat (Figura 6).

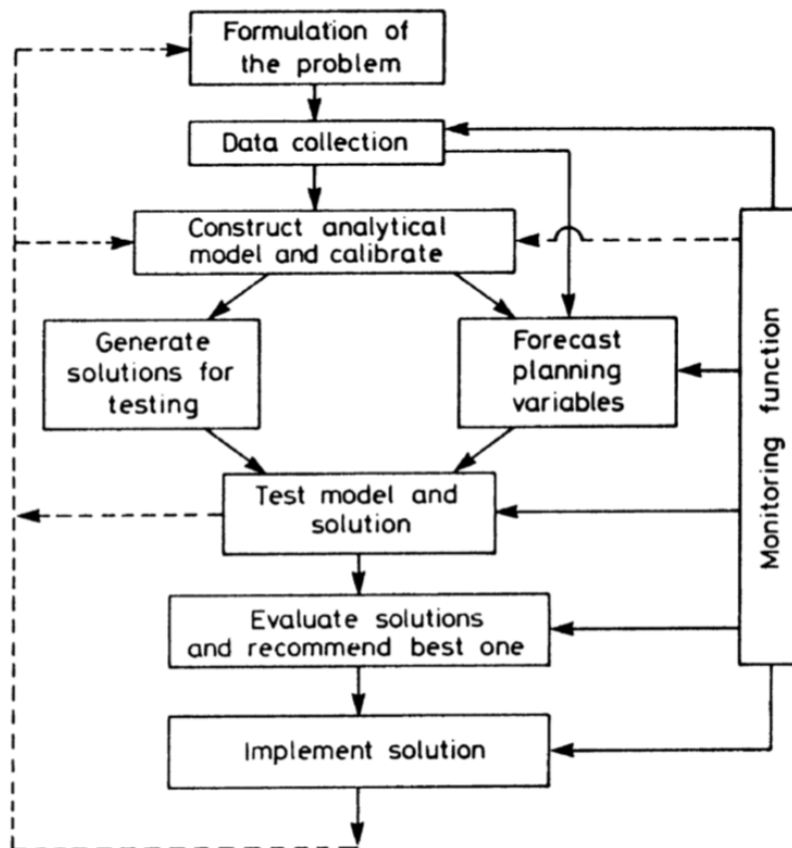


Figura 6 : Planejament i seguiment amb l'ajuda de models (Dios Ortuzar, 2011)

Això no exclou que, puntualment i en el marc d'una intervenció local, i per motius de capacitat o de terminis, el model sigui temporalment cedit a una empresa privada per tal d'integrar-ne millores i actualitzacions o usar-lo per fer propostes més elaborades. No obstant, la propietat i el control del model haurien de romandre sempre en l'àmbit públic per preservar l'interès general. En conseqüència, es recomana que els plec de les licitacions que afectin a temes de mobilitat incloguin aquesta visió garantint un ús coordinat i eficient de l'eina.

5. REFERÈNCIES

- Centre for Liveable Cities. (2017). *Urban Mobility, 10 cities leading the way in Asia-Pacific*.
- Coalition for Urban Transitions. (2019). *Climate Emergency - Urban Opportunity*.
- Dios Ortuzar, J. a. (2011). *Modeling Transport*.
- Gilbert, R., Irwin, N., & Hollingworth, B. a. (2002). *Sustainable Transportation Performance Indicators (STPI)*. Toronto: The Centre for Sustainable Transportation.
- Govern d'Andorra. (2018). *Pla de mobilitat integral de la vall d'Andorra*. Andorra la Vella.
- Gutiérrez Puebla, J., Benítez, C., Leaño, J. M., García Palomares, J. C., Condeço Melhorado, A., Mojica, C., . . . Romanillos Arroyo, G. (2019). *Cómo aplicar big data en la planificación del transporte urbano: El uso de datos de telefonía móvil en el análisis de la movilidad*. Banco Interamericano de Desarrollo. doi:10.18235/0002009
- International Journal of Sustainable Transportation, Wouter van Heeswijk. (2019). *An urban consolidation center in the city of Copenhagen: A simulation study*.
- Khan, O. A. (2007). *Modelling passenger mode choice behaviour using computer aided stated preference data*. Queensland University of Technology.
- Liu, Y. C. (2019). Typical combined travel mode choice utility model in multimodal transportation network. *Sustainability*.
- Regmi, M. B. (2014). *Moving towards sustainable transport systems in Asia*.
- Reilly, W. (1997). *Highway capacity manual 2000*. Transportation Research Board.
- UITP (Union Internationale des Transports Publics). (2014). *The Future of Urban Mobility*.
- UK. (1996). *Design Manual for Roads and Bridges*.
- UN ESCAP. (2019). *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, N.88, Intelligent Transport Systems*.
- UNESCAP. (2017). *Monograph Series on Sustainable and Inclusive Transport - Assessment of Urban Transport Systems*.
- United Nations. (2016). *Mobilizing Sustainable Transport for Development - Analysis and Policy Recommendations*.
- United Nations. (2017). *New Urban Agenda*.
- Vinyes Raso, R. (2016). *Future at Stake: A practical approach to the conception of sustainable cities in developing countries*.
- World Bank. (2020). *The Hidden Wealth of Cities: Creating, Financing, and Managing Public Spaces*.