

# Metro automàtic, més seguretat i més eficàcia

Tecnologia punta al servei de les persones



Transports Metropolitans  
de Barcelona



# Barcelona, camí de l'automatització

El metro de Barcelona camina cap a l'automatització. En un horitzó de mitjà o llarg termini es preveu que el 43% de la xarxa de TMB (70 de 160 quilòmetres) serà automàtic.

Les línies noves, com ara l'L9/L10, s'han concebut com a automàtiques i algunes de les existents s'hi aniran reconvertint. Després de l'L9/L10, que es posa en marxa des de l'inici com a línia automàtica, l'L2 s'haurà de reconvertir tecnològicament i haurà d'adoptar el funcionament automàtic, com s'ha fet amb l'L11 recentment. El motiu és que, quan es prolongui fins a l'aeroport a través de la forca del Parc Logístic, l'L2 compartirà una part de la infraestructura amb l'L9. Totes dues hauran de disposar de trens i sistemes compatibles per poder operar conjuntament sobre la mateixa infraestructura.





# Els beneficis de l'automatització

L'aposta de TMB per l'automatització és coherent amb l'interès per donar el millor servei. La implantació de metros automàtics no tan sols proporciona més seguretat, fiabilitat i flexibilitat a l'hora d'adaptar l'oferta a la demanda, sinó que també permet aconseguir una gestió de l'operació més eficient i augmentar la capacitat de les xarxes. Un metro automatitzat pot circular amb altes freqüències, amb total seguretat i amb la màxima regularitat.

## 1) Més seguretat

L'aportació de l'automatització a la seguretat del metro és doble. D'una banda, per la implantació de tecnologies punta en la supervisió de la circulació de trens i la reducció de la possibilitat dels errors humans. De l'altra, pels nous mitjans per evitar les intrusions a la zona de vies. En aquest sentit, les portes d'andana són un sistema eficient per a la separació física entre les andanes i les vies que evita les caigudes accidentals de persones i objectes. Les portes d'andana, que s'adapten exactament a les portes dels trens, fan aquesta funció separadora i són una mesura de seguretat clau perquè els metros vagin sense conductor.

## 2) Més passatge en menys temps

L'automatització permet transportar més passatge en menys temps amb la mateixa infraestructura. Gràcies als seus sofisticats sistemes de control i seguiment, a les hores punta els trens poden circular a intervals més curts, per sota dels dos minuts, amb totes les garanties de seguretat.

## 3) Protagonisme del centre de control

El centre de control adquireix una rellevància cabdal en la gestió de metros automàtics. Com a cervell de la xarxa es dota amb més mitjans tècnics i humans, amb especialistes en els diferents vessants de l'operació —seguretat, protecció civil, informació— que donen suport al personal de la línia.

Els operadors del centre de control monitoren els trens en tot moment per mitjà dels telecomandaments, poden veure'n l'interior a través de les càmeres de vídeo de transmissió en temps real, poden donar i rebre missatges al passatge mitjançant la megafonia i la interfonia, i fins i tot poden fer tasques d'assistència en remot. Des del centre de control també es fa una vigilància constant de la situació de la xarxa, per poder adaptar l'oferta a qualsevol repunt de la demanda injectant més trens quan faci falta.





# Metros automàtics del món

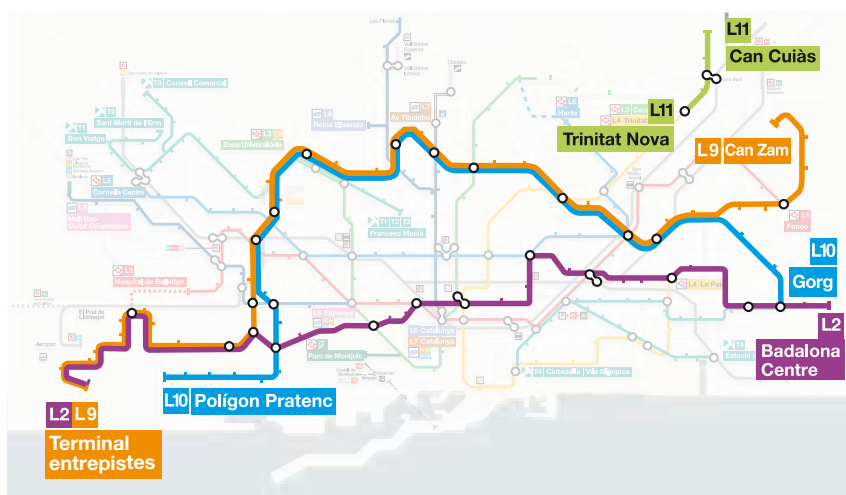
Les primeres experiències de metros automàtics daten de principis dels anys vuitanta, i des d'aleshores no han deixat d'estendre's. Avui dia trobem línies automàtiques, entre d'altres, en ciutats tan diverses com ara París, Copenhaguen, Singapur i Vancouver.

Entre els metros automàtics n'hi ha de lleugers, com ara els de Lilla i Tolosa, a França, i metros de gran capacitat o pesants, com és ara la línia 14 (o Meteor) de París. La línia 9/10 que s'està construint a Barcelona és un metro pesant, mentre que la línia 11, adaptada perquè circuli sense conductor, és un cas de metro lleuger.

A l'Estat espanyol avui dia no hi ha cap línia automàtica en marxa, llevat de Barcelona. Per tant, les línies 9/10 i 11 són les primeres a seguir un camí innovador, tot i que ja han assolit un bon nivell de maduresa: fins ara, més de 30 ciutats del món han construït i exploten satisfactòriament metros automàtics lleugers o pesants, i moltes més tenen projectes avançats per fer-ho.

## Línies automàtiques a la xarxa de metro de Barcelona. Horitzó 2015

**L9** Terminal entrepistes Can Zam    **L10** Polígon Pratenc Gorg    **L2** Terminal entrepistes Badalona Centre    **L11** Trinitat Nova Can Cuiàs







## **El funcionament automàtic de l'L9/L10**



L'L9/L10, la més moderna de la xarxa de metro de Barcelona, ha estat concebuda des de l'inici per al funcionament automàtic sense conductor, tant pel que fa a la infraestructura com al material mòbil. Això vol dir que els trens fan el recorregut a la velocitat assignada i parant a les estacions, d'acord amb un programa predeterminat, que pot variar segons el dia de la setmana i la franja horària, si bé el centre de control pot intervenir en qualsevol moment per afegir o retirar trens segons la demanda. A les estacions, l'entrada i sortida del passatge es fa a través de les portes d'andana, que s'obren i es tanquen de manera sincronitzada amb les dels trens i eviten així les intrusions i les caigudes a la via.

Altres característiques del funcionament automàtic són la mecanització de la venda de títols i el comandament remot d'instal·lacions fixes, ja presents a la xarxa actual de metro de TMB.



## Tecnologia al servei de la màxima seguretat



L'L9/L10 representa un salt qualitatiu en la manera d'explotar una línia de metro. Aquest salt es produeix bàsicament per la tecnologia emprada, que permet el **control remot de recursos i infraestructures existents** (trens, estacions, etc.) a la línia, com ara:

- Supervisió de l'estat dels sistemes dels trens i de l'interior dels trens
- Supervisió i control d'instal·lacions fixes com ara ascensors, escales mecàniques, distribuïdores de títols i línies de peatge
- Automatització de l'obertura i la posada en marxa de les estacions



Mitjançant el control remot també es poden sincronitzar tots aquests elements per optimitzar-ne el funcionament d'acord amb les necessitats del servei.

Per tal que això sigui possible, l'L9/L10 disposa d'una **xarxa sense fil de banda ampla** que permet la **transmissió de dades i imatges entre el centre de control i l'interior dels trens**. Aquesta tecnologia admet l'enviament d'informació i vídeos en temps real entre els trens que circulen automàticament i el centre de control que supervisa totes les operacions, cosa que aporta més seguretat.

La banda ampla permet la transmissió de continguts multimèdia per reproduir-los a les pantalles ubicades a l'interior dels trens, amb immediatesa i eficàcia, de manera que els usuaris puguin estar informats en tot moment.

**El telecontrol i el monitoratge del material mòbil** és un **sistema innovador** que permet gestionar els diferents dispositius integrats a cada un dels trens i disposar de tota la informació dels trens al centre de control.

L'absència de l'empleat a la cabina del tren simbolitza, de fet, l'accés a un nou estadi tecnològic, conseqüència lògica d'una evolució que va començar ja fa uns quants anys amb la implantació dels sistemes de protecció automàtica de trens (ATP) i de conducció assistida (ATO).

## Trens automàtics, la màxima expressió de la seguretat

L'automatització augmenta la seguretat tècnica del metro i facilita donar respostes a la mobilitat ciutadana

### Portes d'andana

Sincronitzades amb les portes del tren, eviten intrusions i caigudes a les vies

### Centre de Control

Supervisió les 24 hores de tots els processos per part del personal especialitzat



### Megafonia

Permet al Centre de Control donar informació i instruccions al passatge

### Monitors TV

Informació visual continuada al passatge

### Videovigilància

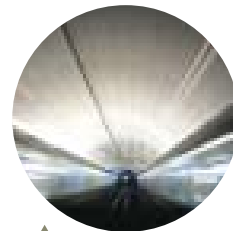
Transmet imatges en temps real al Centre de Control

### Intèrfons

Permeten al passatge comunicar-se amb el Centre de Control

### Ràdio

Diagnosi dels equips del tren via ràdio a temps real



### Experiència de viatge

L'absència de cabina fa que els viatgers tinguin una visió privilegiada des del capdavant del tren

### Recursos d'emergència

Desbloquejadors de portes, portes frontals d'evacuació

### Conducció automàtica

#### ATC

Control automàtic de trens que marca els itineraris i les aturades optimitzant els temps de pas

#### Telecomandaments

Permeten donar ordres als mecanismes del tren des del Centre de Control

#### Equips redundants

Entren en acció en cas de fallada dels equips principals

#### Hodometria

Determina continuament la posició del tren a la via conjuntament amb les balises

balises

# Trens automàtics per a un millor servei

Els trens que donen servei a l'L9/L10 són **automàtics**, és a dir, sense conductor, i es **localitzen, controlen i programen des del Centre de Control de Metro (CCM)**, ubicat a la Sagrera. El sistema localitza els trens amb l'ajuda d'estacions de ràdio i balises i mesura la distància que els separa.

Els trens que circulen per l'L9/L10 són els de la sèrie 9000 i es caracteritzen per la seva **estructura lleugera, la tecnologia avançada i l'estalvi energètic elevat**. A més, la duplicació dels seus equips permet multiplicar-ne la fiabilitat i la capacitat per comunicar-se de manera permanent amb el centre de control.

Les unitats de la sèrie 9000 tenen una longitud de 85,860 metres i estan formades per cinc cotxes, quatre dels quals corresponen a cotxes motors i l'altre a un remolc. Es caracteritzen per la seva estructura de caixa realitzada amb perfils estàndard d'alumini; l'acer s'ha emprat per a altres parts de l'estructura subjectes a prestacions superiors, com ara el capçal o el travesser de pivot.

El seu disseny interior és **modern** i està **adaptat a les exigències del transport metropolità: gran capacitat, confort i seguretat**.

Els cotxes estan connectats per un passadís d'interconnexió tipus cuc. Cada cotxe té quatre portes d'accés a cada costat, equidistants al llarg de tota la longitud del tren per possibilitar el tancament d'andanes.

Cada tren té una capacitat màxima de 959 passatgers (112 passatgers asseguts, 845 dempeus, i disposa d'espai per a dos passatgers amb mobilitat reduïda). En els cotxes extrems hi ha les **zones adaptades per a persones de mobilitat reduïda** i també hi ha espai per a bicicletes, etc.

Els trens funcionen en modalitat automàtica sense conductor (ATC-S), però si circulen per altres línies convencionals poden fer-ho amb conductor (ATP-ATO). El pupitre de conducció és plegable i està integrat en el disseny de cabina.

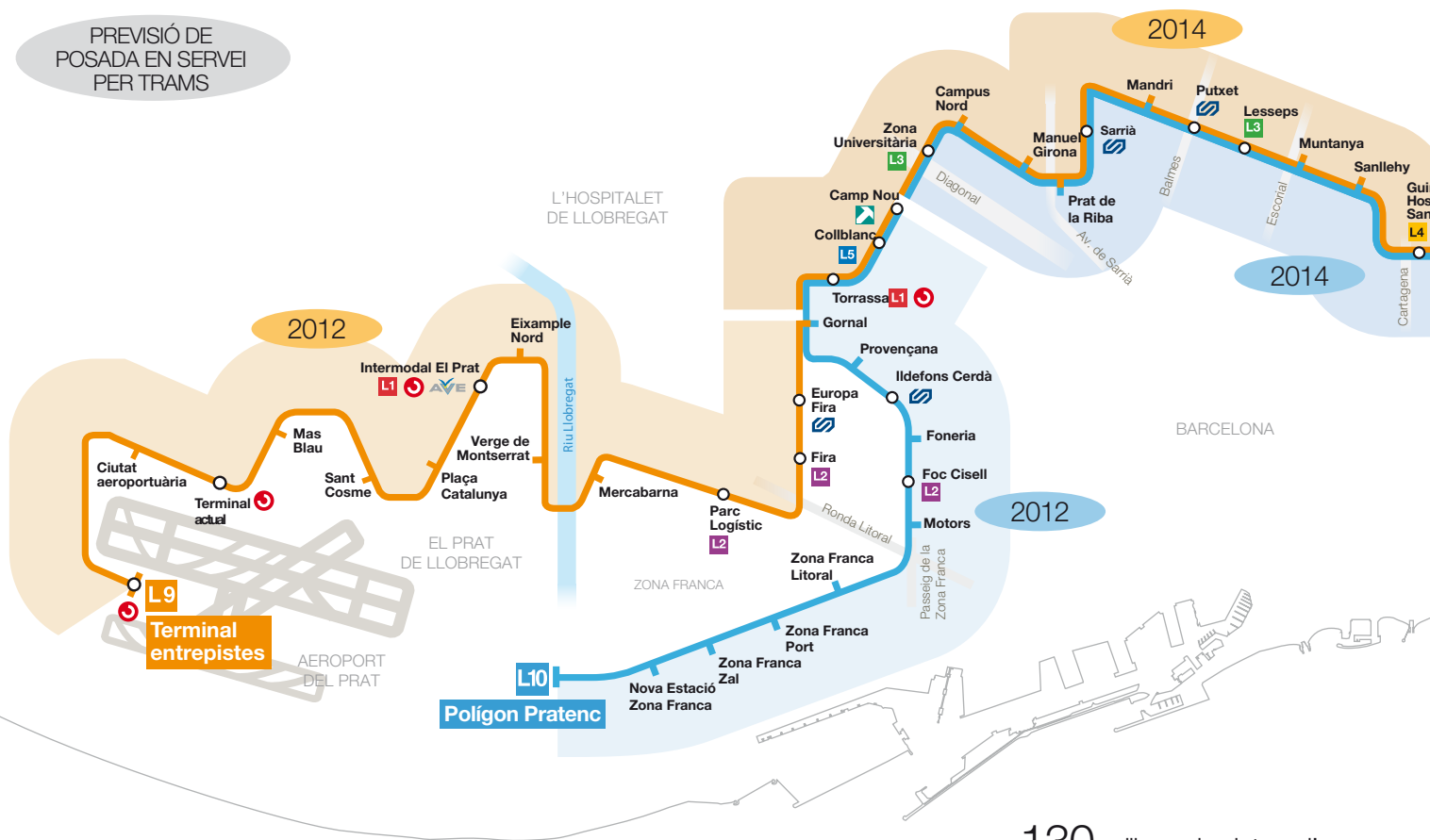
Les portes dels cotxes són de doble full, de tipus lliscant encaixables i accionades elèctricament, i asseguren l'estancament i la seguretat del passatge. Cada cotxe té quatre portes per banda, amb una amplada de pas que permet en qualsevol circumstància una evacuació ràpida i segura.

Disposen de **sistemes d'informació activa a passatgers**: megafonia interior, indicadors de línia lluminosos situats a totes les portes, indicador de número de tren i dispositiu d'intercomunicació d'emergència. Totes les unitats incorporen un **sistema d'informació visual** per mitjà de pantalles LCD amb control de lluminositat, com també sistemes de detecció d'incendis i de videovigilància. A més, els trens estan dotats amb aire condicionat integrat i màxima insonorització interior.

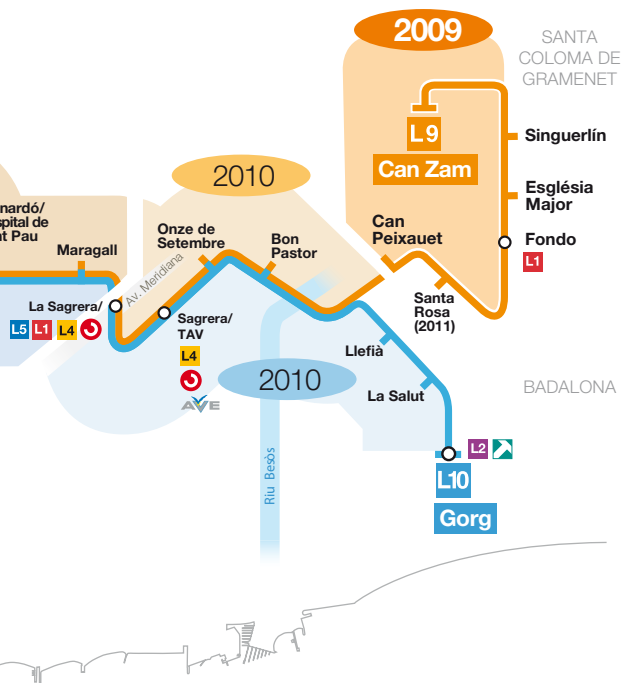
Cal destacar, com a novetat, la incorporació d'una rampa d'evacuació en el frontal dels trens.

# L9/L10, la línia de metro automàtica més llarga d'Europa

PREVISIÓ DE  
POSADA EN SERVEI  
PER TRAMS



130 milions de viatges l'any  
350.000 validacions/dia



47,8 km de longitud  
0-70 m de profunditat

52 estacions  
20 intercanviadors

L'L9/L10 serà, quan estigui totalment enllestida, **la línia automàtica de metro més llarga d'Europa**, amb 47,8 quilòmetres de longitud, 52 estacions en cinc municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona i una demanda estimada de 165 milions de viatgers anuals el 2020.

Desenvolupar una infraestructura d'aquesta magnitud i que **té un pressupost total de 6.500 milions d'euros** requereix disposar d'una organització ferma i cohesionada. La Generalitat de Catalunya, mitjançant el Departament de Política Territorial i Obres Públiques, ha impulsat el planejament i la construcció de la línia. La finança i la promou amb Ifercat (Infraestructures Ferroviàries de Catalunya) i la gestiona i la construeix amb GISA (Gestió d'Infraestructures, SAU).

La nova línia creuarà **Barcelona** i unirà **Badalona i Santa Coloma de Gramenet** amb **l'Hospitalet i el Prat de Llobregat** donant servei a zones amb una gran demanda que fins ara no disposaven de connexió en transport públic ferroviari, com és ara els barris de Singuerlín, Liefià, Santa Rosa, Bon Pastor, Can Peixauet, Zona Franca, Sant Cosme, Mas Blau, la Zona d'Activitats Logístiques (ZAL), el polígon industrial de la Zona Franca, els campus universitaris de la UB i la UPC, la Fira, la Ciutat de la Justícia i l'Aeroport del Prat, entre d'altres. A més, vint de les estacions seran intercanviadors que permetran millorar la mobilitat a l'àrea metropolitana de Barcelona, ja que connectaran amb altres sistemes de transport ferroviari col·lectiu com ara la xarxa de Rodalies, TAV, altres línies de metro, d'FGC i de tramvia.

# La construcció d'una nova línia innovadora

La construcció de l'L9/L10 del metro constitueix **un gran repte pel que fa a grans infraestructures subterrànies a l'Estat espanyol**. Les condicions del terreny, que engloba totes les tipologies de sòl, des dels sorral·ls dels deltes del Besòs i del Llobregat fins al terreny rocós de Collserola, fan que s'hagin d'emprar **les tecnologies i els dissenys més innovadors en aquest tipus de construccions**.

La major part del recorregut de l'L9/L10 es construeix amb **tuneladores d'última generació** que estan preparades per perforar terrenys de diferents composicions. Aquest mètode constructiu assegura l'estabilitat i l'estanquitat del túnel, no afecta la superfície i minimitza l'impacte sobre l'entorn.

Les tuneladores que s'utilitzen en la construcció de l'L9/L10 tenen dues mides diferents de capçal. Des de l'Aeroport del Prat fins a l'Hospitalet de Llobregat s'utilitza una tuneladora amb un **capçal de 9,4 metres de diàmetre**, i la doble via està situada al mateix nivell. En aquest tram **els trens circularan en paral·lel**.

A la resta de la línia s'està utilitzant una tuneladora amb un **capçal de 12 metres de diàmetre**, que permet que **els trens circulin per nivells diferents**, que les andanes estiguin situades dins del túnel i que les vies estiguin superposades.

A la part de la Zona Franca on la línia connectarà amb el port i la ZAL, **els trens circularan sobre un viaducte** situat a 6,5 metres d'altura. El viaducte, que farà 4 quilòmetres de longitud, és el primer d'aquestes característiques que es construeix a l'Estat espanyol i ajudarà a millorar la mobilitat a la Zona Franca.

En aquesta zona també s'hi estan construint uns tallers i unes cotxeres. Es tracta d'un edifici de 26.000 metres quadrats i dotze vies d'estacionament, on també s'ubicaran oficines. A l'altre extrem de la línia, a Santa Coloma de Gramenet, també hi ha uns altres tallers i cotxeres.



La construcció de les estacions de l'L9/L10 està condicionada per tres factors: la profunditat del subsòl, l'encreuament amb la resta de línies de metro i serveis i l'alt grau d'urbanització dels territoris per on passa. D'acord amb això, s'han dissenyat tres models d'estació:

**L'estació tipus de l'L9/L10.** Hi ha 30 estacions dissenyades en forma de gran pou cilíndric que tenen un vestíbul superior (amb accessos a l'exterior) i un vestíbul inferior o preandana (connectat a les andanes) que es comuniquen entre si mitjançant ascensors de gran capacitat i escales d'emergència. En aquest tipus d'estacions, les andanes estan situades dins la secció del túnel i els trens circulen superposats en dos nivells.

**L'estació subterrània clàssica.** Dissent estacions estan situades en trams poc profunds i es construeixen mitjançant pantalles amb excavació a cel obert. En aquest cas els trens circularan en paral·lel, al mateix nivell.

**L'estació exterior, al viaducte.** La Zona Franca acull cinc estacions projectades a l'exterior sobre un viaducte amb vies paral·leles i andana central.





L'L9/L10 destaca per la comoditat i la seguretat de les seves estacions. Malgrat les diferències de construcció, totes tenen accessos innovadors i moderns sistemes de seguretat.

Per arribar des del vestíbul fins a l'andana, hi ha ascensors d'alta velocitat amb un eficaç sistema de seguretat. Els ascensors estan coordinats amb l'arribada dels trens a l'andana. Les estacions són totalment accessibles i disposen també d'ascensors adaptats a persones amb mobilitat reduïda i camins per a invidents.

D'altra banda, totes les estacions tenen unes mampares que separen les andanes de la zona de circulació de trens. L'obertura de les mampares està coordinada amb la de les portes dels trens. Aquest sistema millora la seguretat a les andanes.

En el disseny de les estacions hi treballen diferents arquitectes que han donat acabats diversos per grups d'estacions. D'aquesta manera, es presenta als usuaris una visió rica, diferent i variada dels dissenys arquitectònics, alhora que identificadora.

A més, s'hi incorpora l'experiència creativa d'artistes per tal de situar l'art en l'entorn de les persones i crear un espai personalitzat a cada barri. La idea és que les estacions mantinguin un aspecte característic en cada tram, tot i que es busca l'harmonia i la continuïtat en el conjunt.

La Generalitat de Catalunya ha impulsat la construcció de l'L9/L10, una obra ambiciosa per la seva envergadura, per l'esforç inversor que comporta i, sobretot, pels beneficis que reportarà als centenars de milers de persones que fan servir el transport públic a l'àrea metropolitana de Barcelona.

Amb la posada en servei del nou metro s'està fent un gran pas endavant, ja que la línia garanteix la cobertura d'un territori amb alta densitat de mobilitat i ampliarà exponencialment l'oferta de transport públic a les comarques barcelonines. El Govern té el compromís ferm de treballar per ampliar i millorar els serveis de transport col·lectiu de viatgers i, d'aquesta manera, donar resposta a les necessitats de mobilitat de la ciutadania a un cost mínim per a la col·lectivitat i de manera ambientalment sostenible.



