

DE LES XARXES DE SUBMINISTRAMENT
I REBUIG A LES XARXES CIRCULARS. EL
PLA DIRECTOR URBANÍSTIC DE L'ÀREA
METROPOLITANA DE BARCELONA

SUMARI

1. La ciutat i les xarxes

- 1.1. Aparició i mutabilitat
- 1.2. Titularitat i gestió
- 1.3. Coexistència amb altres xarxes
- 1.4. Relació amb el territori

2. Les xarxes de l'àrea metropolitana de Barcelona

- 2.1. Transport viari
- 2.2. Transport ferroviari
- 2.3. Abastament d'aigua
- 2.4. Sanejament
- 2.5. Oleoductes
- 2.6. Gasoductes
- 2.7. Electricitat

3. La irrupció del paradigma de la circularitat

- 3.1. Les xarxes i el metabolisme urbà
- 3.2. El paradigma de la circularitat

4. Xarxes circulars a l'àrea metropolitana de Barcelona i el seu tractament en el marc del Pla Director Urbanístic Metropolità

- 4.1. El punt de partida i els reptes futurs
- 4.2. Transitar cap a un model més circular
- 4.3. El paper del Pla Director Urbanístic Metropolità

Referències bibliogràfiques

DE LES XARXES DE SUBMINISTRAMENT I REBUIG A LES XARXES CIRCULARS. EL PLA DIRECTOR URBANÍSTIC DE L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA

Resum

L'Àrea Metropolitana de Barcelona està redactant en l'actualitat el Pla Director Urbanístic que, entre altres funcions, ha d'establir els elements estructurants de l'ordenació urbanística, classificar el sòl, establir mesures de protecció del sòl no urbanitzable o concretar i delimitar les reserves de sòl per a les infraestructures i els sistemes generals. En aquest sentit, les xarxes de serveis reben una especial atenció en aquest pla, no únicament per la seva importància estratègica en el funcionament de la metròpoli sinó també per la manera com són tractades. El present article parteix de la relació que han mantingut històricament les xarxes infraestructurals i la ciutat, per descriure les característiques de les actuals xarxes de serveis de l'àrea metropolitana de Barcelona i, a continuació, explicar els elements que defineixen el nou paradigma de la circularitat i les seves possibilitats d'aplicació en aquest àmbit territorial.

Paraules clau: AMB, PDU, planejament, xarxes, circularitat.

Les xarxes de serveis poden ser definides de forma global com aquelles infraestructures destinades a conduir els fluxos de persones, matèria, aigua, energia i informació des dels seus punts de generació (vinculats a la matriu biofísica) als punts de consum (vinculats als usos antròpics). S'inclouen en aquestes infraestructures tots els elements de transformació, tractament, captació i regulació dels fluxos. Ara bé, cadascuna d'aquestes xarxes comprèn cicles i infraestructures molt diferenciades entre si i amb la seva pròpia lògica.

La incidència de les xarxes sobre el territori no es limita a la seva funció quotidiana subministrant recursos, evacuant residus o possibilitant comunicacions, sinó que comporta també unes demandes i requeriments específics i hi produeix uns impactes. Amb tot, la seva incidència en l'activitat quotidiana de la ciutat ha acabat convertint-les en un dels seus principals elements configuradors. La forma, l'extensió, la densitat o l'activitat de les àrees metropolitanes responen, en la majoria de casos, a les característiques de les xarxes infraestructurals que les sustenten, de manera que l'evolució de les xarxes és un dels principals responsables de la transformació de les ciutats.

En aquest context, el planejament territorial i urbanístic adquireix una importància transcendental, en permetre no únicament corregir possibles ineficiències o adaptar-se a nous requeriments sinó, sobretot, proposar un nou model infraestructural que doni resposta a futures demandes i que orienti el futur desenvolupament de les ciutats. La tasca és especialment àrdua en un moment en què reptes globals com el canvi climàtic, la transició energètica o l'increment de demandes socials obliguen a un replantejament de les seves característiques.

El present article té l'objectiu d'explicar el nou enfocament del paper i les característiques de les xarxes infraestructurals en el Pla Director Urbanístic de l'Àrea metropolitana de Barcelona que s'està redactant en l'actualitat. Per fer-ho, estructura els seus continguts en quatre apartats. El primer d'ells, *La ciutat i les xarxes*, descriu de manera genèrica i a mode d'introducció el procés de sorgiment de les xarxes de serveis, les seves característiques i les seves relacions amb les àrees urbanes. El segon, *Les xarxes de l'àrea metropolitana de Barcelona*, explica les principals característiques i l'estat actual de la dotació infraestructural d'aquest àmbit territorial. El tercer apartat, *La irrupció del paradigma de la circularitat*, descriu la manera en què la conscienciació de les problemàtiques derivades de l'actual model de producció i consum sobre el territori ha portat a noves formes d'obtenir i gestionar els recursos que utilitzen les nostres societats. Finalment, el quart apartat, *Xarxes circulars a l'Àrea metropolitana de Barcelona*, se centra en les possibilitats d'aplicació d'aquest paradigma al territori de l'àrea metropolitana de Barcelona i el paper del Pla director urbanístic en aquesta aplicació.

1. La ciutat i les xarxes

El concepte de metròpolis és consubstancial al de xarxa. L'origen mateix de la ciutat és indissoluble de l'entrellat de carrers, camins, aqüeductes i fins i tot clavegueres; al llarg dels segles, carreteres, autopistes, telègrafs, telèfons, línies ferroviàries, cables de subministrament d'electricitat, gasoductes, oleoductes o fibra òptica han anat completant un teixit infraestructural cada vegada més extens, dens i complex. D'aquesta manera, en l'actualitat, les xarxes ja no únicament possibiliten el complex metabolisme urbà,

sinó que han arribat a convertir-se en elements definidors de la pròpia ciutat: què defineix millor les ciutats actuals, els estocs o els fluxos?; els elements estàtics que ocupen un determinat espai, o el conjunt de línies, moviments i intercanvis que articulen internament aquestes espais i els connecten amb altres nodes?

Les xarxes infraestructurals cobreixen els territoris de manera cada vegada més densa, i intensifiquen encara més la seva presència a les àrees urbanes. Resulta gairebé impossible detallar les múltiples particularitats d'unes xarxes tan diverses, però en la majoria de casos es poden identificar algunes característiques comunes pel que fa a quatre aspectes concrets.

1.1. Aparició i mutabilitat

Malgrat la seva coexistència actual, les diverses xarxes urbanes han aparegut en moments diferenciats de la història. Cada xarxa infraestructural apareix en un període concret de l'evolució de les ciutats a partir del descobriment d'un nou recurs o una nova tecnologia per utilitzar-lo. I és precisament aquesta vinculació amb el fruit de la curiositat i la constant inventiva humana la que ha atorgat a les xarxes la seva gran mutabilitat.

Les millores tecnològiques no únicament han permès augmentar les capacitats i prestacions de les xarxes o utilitzar materials més adients a la seva funció específica, sinó també modificar-ne els traçats i fins i tot ampliar el seu abast territorial. La transformació dels camins rurals en autopistes de calçades segregades amb seccions d'amplada superior als cinquanta metres que permeten assolir velocitats molt majors i multiplicar els volums de trànsit transportat; el pas de les primeres xarxes elèctriques de baixa tensió i corrent continu de curt abast territorial a les línies de molt alta tensió que transporten electricitat en corrent altern a centenars de quilòmetres; o la substitució dels primers traçats ferroviaris per línies d'alta velocitat amb radis de gir que poques vegades baixen dels 7.000 metres, però que connecten en poques hores punts distants centenars de quilòmetres, són exemples de com les xarxes infraestructurals traslladen les seves innovacions al territori que serveixen.

Les xarxes tendeixen a formar-se a partir de petites estructures aïllades i independents i van configurant de manera progressiva una estructura de complexitat major, no únicament per la seva extensió, sinó també per la seva densitat, les seves característiques tècniques i la seva pròpia organització interna. És a dir, malgrat la seva solidesa infraestructural i aparença immutable, les xarxes canvien. I en aquest procés permanent de canvi ofereixen noves possibilitats de desenvolupament, però plantegen també noves demandes i produeixen nous impactes sobre el territori que les sustenta.

1.2. Titularitat i gestió

Històricament, a mesura que moltes de les xarxes s'anaven desenvolupant, el sector públic ha vist la necessitat d'intervenir-hi. En alguns casos, com els carrers, camins i carreteres, la titularitat i la gestió han correspost al sector públic des del primer moment. En altres ocasions, però, quan les xarxes han respost a

tecnologies més complexes o han introduït un element nou a les ciutats, el sector públic ha tingut un paper diferent, que ha anat evolucionant a mesura que la xarxa es consolidava. Així, en la majoria d'ocasions el sector públic ha esdevingut en un primer moment un simple regulador d'un servei d'interès general gestionat per agents privats. Progressivament, però, s'ha anat implicant com un agent actiu més i, finalment, de vegades fins i tot ha arribat a controlar monopolísticament el sector. Aquesta progressiva implicació del sector públic en la gestió de les xarxes no ve explicada únicament pels requeriments cada vegada més grans de capital o per la necessitat de coordinar un desenvolupament infraestructural en uns territoris cada vegada més extensos, sinó també per la comprensió de la importància estratègica dels elements servits per les xarxes.

Tot i aquesta implicació del sector públic, el nombre d'agents involucrats en la gestió o, simplement, en la propietat de la majoria de xarxes de serveis és molt elevat; i s'ha vist incrementat al darrer anys afavorit pel procés de liberalització. Com a resultat, allà on la regulació sectorial no ha pogut acotar el nombre de prestadors d'un servei determinat, la diversitat d'agents ha provocat, com és lògic, una dura competència per servir un mateix col·lectiu.

D'aquesta manera, les xarxes infraestructurals, dissenyades per oferir un servei a la població, responen en molts casos a una lògica econòmica, de competència. En algunes ocasions l'assoliment dels objectius econòmics es correspon amb la satisfacció de les demandes de la població, però en d'altres es produeixen situacions d'ineficiència i, fins i tot, desatenció de determinades àrees no profitoses econòmicament.

1.3. Coexistència amb altres xarxes

La competència entre les xarxes infraestructurals a la metròpolis, però, no es limita als usuaris finals, sinó que té al mateix temps una vessant espacial. Les diferències en la funció, les característiques tècniques i, fins i tot, el moment d'aparició de les diverses xarxes fan que la seva integració territorial no sempre resulti senzilla, en transcórrer diversos traçats per un mateix espai, l'espai que pugnen per servir. Al costat de les lògiques individuals a què responen aquestes xarxes, el dinamisme amb què evolucionen incrementa també la diversitat de situacions en què han de coexistir.

En moltes ocasions els requeriments de les xarxes són semblants i, per tant, coexisteixen pacíficament o fins i tot s'arriben a produir relacions simbiòtiques, en aprofitar-se una xarxa del traçat o de les infraestructures de suport d'una altra. En d'altres, però, els requeriments són diferents i es produeixen problemes d'integració, ja sigui en forma de competència o inclús d'incompatibilitat, la qual cosa planteja nombrosos problemes de selecció, prioritització i coordinació dels traçats.

La diversitat de funcions, tecnologies, fluxos a transportar, responsables de la gestió, requisits tècnics (de pressió, temperatura, aïllament) o característiques de la demanda (constant o amb fortes oscil·lacions) genera situacions complexes amb un elevat grau d'exigèn-

cia sobre un territori que no únicament és físicament limitat, sinó que té moltes altres funcions a desenvolupar.

1.4. Relació amb el territori

En aquest escenari de complexitat creixent, sovint el territori per on transcorren les xarxes de serveis ha estat vist exclusivament com a mer suport físic, sense valorar els impactes que el desenvolupament infraestructural podia tenir sobre la resta d'elements que l'integren.

En el cas de les àrees urbanes la realitat no ha estat sempre aquesta. El seu nivell de consolidació i l'elevat nombre de persones i d'activitats que s'hi concentren ha donat com a resultat un ventall de situacions més complexes. Aquest procés d'evolució conjunta dels teixits urbans i de les infraestructures de subministrament s'ha manifestat històricament a partir de tres formes bàsiques: el desenvolupament de les infraestructures 'a' la ciutat existent, 'amb' la ciutat i 'creant' noves formes de desenvolupament urbà. En el primer cas, el desenvolupament 'a' la ciutat existent, els elements construïts condicionen la forma i les característiques de les xarxes. En aquelles parts on la ciutat es troba consolidada, les xarxes tendeixen a respectar l'entorn construït i, amb poques excepcions, busquen alternatives subterrànies o aèries que, malgrat tenir uns costos elevats, es beneficien de l'elevada concentració d'usuaris finals en aquelles àrees. De vegades, fins i tot, ha estat el mateix desenvolupament de les àrees urbanes el que ha forçat a modificar el traçat o a soterrar algunes d'aquestes infraestructures. En el segon cas, el desenvolupament de les xarxes 'amb' la ciutat, el procés tendeix a produir-se de manera coordinada. El planejament (urbanístic, territorial o sectorial) pot exercir aquí la seva capacitat de previsió i d'integració per tal que tant el desenvolupament urbà com l'infraestructural es puguin produir de la manera més eficient, amb el màxim de beneficis i els mínims costos econòmics, socials i ambientals. En el tercer tipus de creixement, són les pròpies xarxes les que 'creen' la morfologia de la ciutat i esdevenen elements que possibiliten noves formes de desenvolupament urbà. Les xarxes i els fluxos que transporten permeten accedir a allò que abans només era disponible per proximitat física i, en conseqüència, canvien radicalment la relació entre la ciutat preexistent i el seu entorn. D'aquesta manera sorgeixen noves tipologies urbanes, però també nous paisatges, noves pautes d'ocupació del territori i, en conseqüència, noves formes de viure.

A l'escala local, doncs, els patrons d'ocupació del territori (de densitat, de compacitat) va íntimament lligada a les característiques de la xarxa infraestructural. Les xarxes, per tant, no són únicament artefactes complexos que travessen un entorn territorial també complex, sinó que es troben immerses en un entorn social i administratiu encara més complex. Aquest entorn condiciona el seu desenvolupament, la seva implantació i la seva transformació. Però, al mateix temps, les xarxes posseeixen una gran influència transformadora de l'entorn. Aquests trets bàsics, comuns a la majoria d'àrees metropolitanes, es poden reconèixer igualment a Barcelona. El següent apartat, en descriure amb detall les seves característiques, permet la seva identificació.

2. Les xarxes de l'àrea metropolitana de Barcelona

A l'àrea metropolitana de Barcelona el procés de desenvolupament de les diverses xarxes infraestructurals respon en bona mesura als trets descrits a l'apartat anterior si bé, com és lògic, cadascuna d'elles presenta les seves pròpies particularitats. El present apartat descriu de manera resumida les característiques de les xarxes de transport viari i ferroviari, de subministrament i d'evacuació d'aigua, de subministraments de combustibles i d'electricitat. Altres xarxes infraestructurals com les associades a les ones electromagnètiques (torres de telecomunicacions), els trànsits aeris i marítims (ports i aeroports) o d'altres de caràcter més local, com són les xarxes pneumàtiques de recollida de residus o les xarxes de climatització i refrigeració de districte (que aprofiten energies residuals d'altres processos, i que tenen una implantació destacable a l'àrea de Barcelona —22@ i Fòrum, Zona Franca i Marina—, Molins de Rei o Parc de l'Alba —a Cerdanyola del Vallès—) no han estat considerades en aquest apartat.

2.1. Transport viari

La combinació de tres elements ha determinat la configuració de la xarxa viària metropolitana actual: la dotació infraestructural que requereix la funció de capitalitat, la limitació que suposa desenvolupar aquesta xarxa a través d'uns pocs estrets naturals i l'escassa disponibilitat de sòl. Tot superant aquestes limitacions, l'àrea metropolitana de Barcelona ha desenvolupat més de dos mil quilòmetres de vies que articulen els seus nuclis urbans, a les quals caldria afegir-hi els carrers de les diverses ciutats i pobles, així com els camins que travessen les àrees forestals i agrícoles. Malgrat la seva extensió i l'espai que ocupa (no únicament de manera directa, sinó també a partir dels espais intersticials, marges i servituds) la xarxa viària viu sovint episodis de saturació en què les vies absorbeixen trànsits de procedències, característiques, recorreguts, freqüència i destinacions molt diversos.

2.2. Transport ferroviari

De manera similar al viari, la xarxa ferroviària metropolitana ha seguit en bona mesura les pautes imposades pel relleu. La construcció de les primeres línies, a mitjan del segle XIX, resseguien les poques planes disponibles entre la serralada prelitoral i la litoral o entre aquesta i el mar, així com els passos oberts pels principals cursos fluvials (de Barcelona a Mataró i de Barcelona a Martorell, per iniciar el que seria més endavant el 'vuit ferroviari català'). Les necessitats de traçat i el potencial econòmic del ferrocarril, però, van permetre superar ben aviat tant les limitacions del relleu com de l'elevada ocupació del sòl a partir del soterrament de les vies. Un cop desenvolupades les principals línies i esteses fins a la connexió amb la resta de ciutats espanyoles i la frontera francesa, les actuacions en la xarxa ferroviària es van centrar en el desdoblament dels trams més transitats i en la compleció de la xarxa local, que, a banda de les actuacions en el metro i en el tramvia, compta com a les darreres actuacions destacades la construcció del ramal a l'aeroport de Barcelona (1975) o la unió de les línies del Llobregat i del Besòs a través del Vallès (1982). Tot i

així, la diversitat d'iniciatives empresarials que van impulsar la construcció de la xarxa ferroviària han comportat històricament disfuncionalitats significatives (com ara la coneguda convivència de diversos amples de via en un territori tan reduït com el de l'àrea metropolitana de Barcelona), i malgrat els processos de fusió i la progressiva intervenció del sector públic, ja sigui com a regulador, com a gestor o com a operador, la coherència de la xarxa i l'eficiència en el seu funcionament es troben encara lluny de les d'altres metròpolis europees. La introducció del tren d'alta velocitat (inaugurat l'any 2008 el tram Barcelona-Madrid i el 2013 el tram Barcelona-Figueres) ha representat un salt qualitatiu del transport ferroviari metropolità, si bé el seu objectiu de transport i les seves característiques funcionals són totalment diferents a les del ferrocarril convencional.

En l'actualitat la xarxa ferroviària de Barcelona té una extensió de més de 450 quilòmetres, i serveix, en alguna de les seves modalitats, a 27 dels 36 municipis metropolitans, si bé en algunes ocasions les estacions es localitzen força allunyades dels nuclis urbans.

2.3. Abastament d'aigua

En l'actualitat es distingeixen dues categories principals en la xarxa d'abastament d'aigua: la *xarxa d'abastament en alta* i la *xarxa d'abastament en baixa*. La primera està formada per les conduccions que transporten l'aigua des dels punts de recollida (com els cursos fluvials i canals d'aportació, els aqüífers o la planta dessaladora del delta del Llobregat) a les plantes de potabilització o des d'aquestes als dipòsits de regulació de capçalera). La segona està formada per les conduccions que distribueixen l'aigua potable des del dipòsit de capçalera als usuaris finals. A aquestes dues xarxes caldria afegir-hi la *xarxa d'aigua regenerada*, que transporta aigua tractada a les depuradores mitjançant procediments terciaris que permeten tornar-la a utilitzar, i la *xarxa d'aigua freàtica*, que transporta aquesta aigua amb estàndards de qualitat no acceptable com a aigua potable, però sí per a altres usos.

A l'àrea metropolitana de Barcelona la xarxa de subministrament d'aigua té una longitud de més de mil quilòmetres, amb quatre conduccions principals que recullen l'aigua de la planta potabilitzadora de Sant Joan Despí, els pous d'extracció dels aqüífers del Llobregat (del principal, al Prat de Llobregat, i d'altres menors a diversos municipis del darrer tram del riu) i del Besòs (a Barcelona), la planta dessalinitzadora del Prat de Llobregat i la conducció d'aigües del Ter provinent de la planta potabilitzadora de Cardedeu per portar-la a la xarxa secundària i, a partir d'aquí, als consumidors finals.

2.4. Sanejament

El sistema de sanejament s'inicia amb la recollida de les aigües residuals provinents de l'ús domèstic, comercial, industrial, sanitari o públic, a través del clavegueram, o *col·lectors en baixa*, que gestiona cada municipi. El clavegueram municipal connecta amb la xarxa de col·lectors metropolitans, o *col·lectors en alta*, que transporten les aigües residuals i pluvials a les *estacions depuradores*, algunes de les quals inclouen la possibilitat de fer tractaments (*estacions de*

regeneració) que permeten nous usos de l'aigua, com ara de barrera contra la intrusió salina, ús ambiental del riu, reg agrícola, reg de zones verdes, neteja, usos ambientals, etc. La xarxa de col·lectors també és la principal infraestructura que permet evacuar l'aigua pluvial i reduir el risc d'inundacions conjuntament amb els *dipòsits anti-DSU*, que regulen l'aigua de grans pluges per evitar el col·lapse de les depuradores i l'alliberament incontrolat d'aigua residual al medi. També s'inclou en el sanejament *el col·lector de salmorres* que transporta els afluents salins existents a la conca del Llobregat, per alliberar-los al mar a través d'emissaris submarins, evitant així la contaminació de l'aigua que transcorre pel riu Llobregat.

2.5. Oleoductes

Els oleoductes transporten petroli i derivats. La xarxa de oleoductes de l'àrea metropolitana de Barcelona connecta amb les nou refineries que hi ha a l'Espanya peninsular a través de l'oleoducte que segueix la llera del Llobregat fins al port de Barcelona, on hi ha una instal·lació de recepció i distribució. D'aquest àmbit parteix també la xarxa específica per fer arribar el carburant d'aviació a l'aeroport. L'altre tram de la xarxa principal d'oleoductes passa per darrera la Serralada de Collserola i continua cap a Girona. L'extensió d'aquestes conduccions a l'àmbit de l'àrea metropolitana de Barcelona supera els setanta quilòmetres de longitud.

2.6. Gasoductes

La xarxa de gas natural a l'àrea metropolitana de Barcelona té els seus orígens en l'anomenat 'gas ciutat' (de característiques diferents al gas natural) que es va començar a implantar a partir de 1842, amb la construcció a Barcelona de la primera fàbrica de gas d'Espanya. El sorgiment de diverses xarxes va culminar amb la seva unificació l'any 1923 per part de l'empresa La Catalana de Gas y Electricidad. No és fins el 1972 quan s'introdueix el gas líquid procedent del nord d'Àfrica a través del port de Barcelona. La creació de noves plantes regassificadores a altres ports de l'Estat i la construcció dels gasoductes que portarien el gas natural directament des d'Algèria va redimensiolar el concepte de xarxa de transport que va superar l'àmbit local per unificar-se a escala estatal a partir de la dècada de 1990.

Les xarxes de subministrament de gas es poden dividir també entre *xarxes de transport* (grans conduccions des de les regassificadores als dipòsits, o de dipòsit a dipòsit) i les *xarxes de distribució* (conduccions des dels dipòsits als usuaris). Les *regassificadores* són instal·lacions que converteixen el gas natural líquid en gas natural per poder-lo transportar adequadament.

A l'àrea metropolitana de Barcelona la xarxa de transport consta d'un gasoducte submarí (el Sea-line Puerto de Barcelona-Besòs) que discorre sota el mar davant la costa de Barcelona. Aquesta conducció uneix els dos gasoductes Barcelona-Bilbao-València (desdoblats des de l'any 2010) que segueixen el curs del riu Llobregat fins al Port de Barcelona, on es troba la planta regassificadora de la companyia Naturgy, amb el gasoducte que segueix el traçat del riu Besòs aigües

amunt. Un altre gasoducte de transport recorre el Vallès pel nord de la serra de Collserola i envolta d'aquesta manera el nucli barceloní. A partir d'aquesta xarxa principal s'articulen la resta de gasoductes de mitjana i baixa pressió fins a les escomeses domèstiques. Aquesta xarxa de distribució, soterrada i d'estructura molt mallada, arriba a tots els municipis metropolitans. La xarxa metropolitana de transport i distribució de gas natural té una longitud superior als 6.000 quilòmetres.

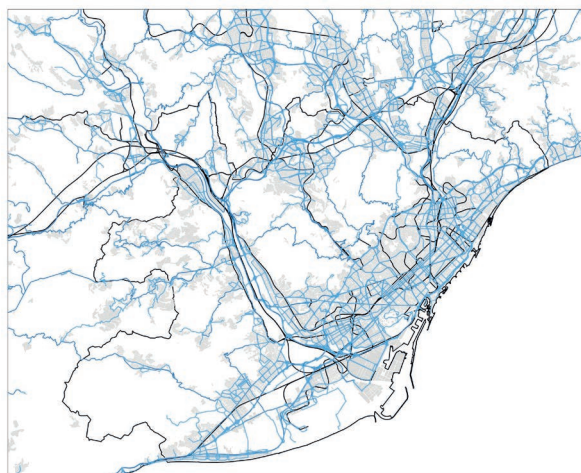
2.7. Electricitat

La xarxa de subministrament elèctric es divideix en dues grans categories: la *xarxa de transport*, gestio-

nada per Red Eléctrica de España, i que transporta l'electricitat a grans distàncies i en voltatges de 220 kV a 400 kV; i la *xarxa de distribució*, gestionada per Endesa majoritàriament dins el territori metropolità i que consta de línies amb tensions de 132 kV o inferiors. Entre la xarxa de producció i la de distribució es troben les subestacions de transformació que permeten reduir el voltatge. Quant a la xarxa de distribució es pot distingir entre la *xarxa de repartiment*, que, partint de les subestacions de transformació, reparteix l'energia amb tensions entre 25 i 132kV, normalment mitjançant anells que envolten els grans centres de consum, fins arribar a les estacions transformadores de distribució; i la *xarxa de distribució* pròpiament dita, que parteix de les estacions

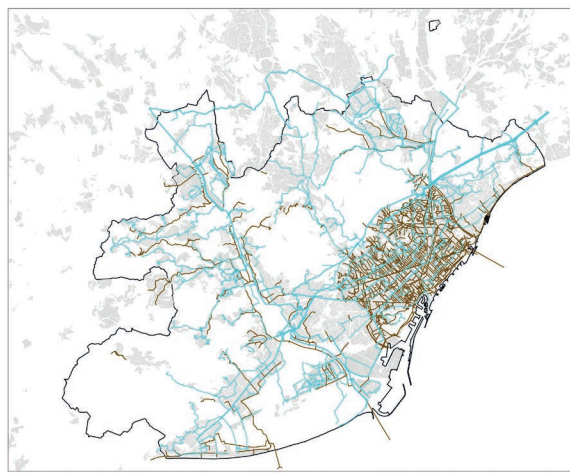
Figura 1. Xarxes de serveis a l'àrea metropolitana de Barcelona

Transport viari i ferroviari



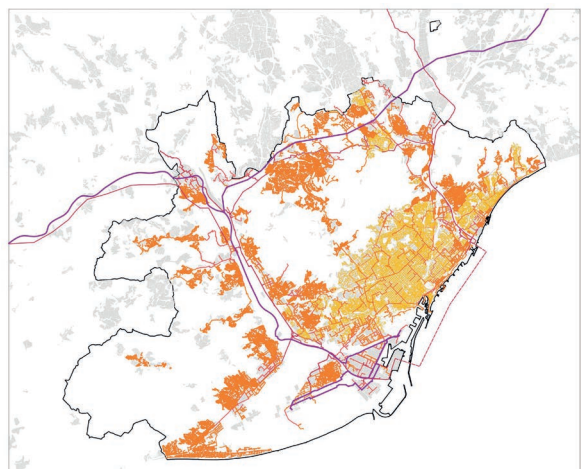
- Ferroviari
- Viari principal
- Resta de vies

Subministrament d'aigua i sanejament



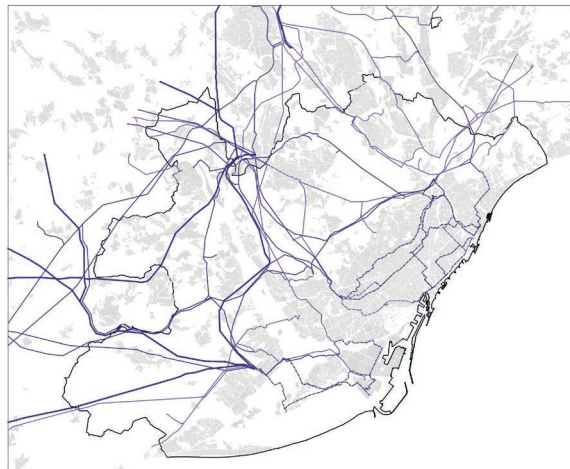
- Subministrament d'aigua. Xarxa principal
- Subministrament d'aigua. Resta de la xarxa
- Clavegueram (Barcelona)

Combustibles



- Oleoductes
- Gasoductes
 - Alta pressió
 - Mitjà pressió
 - Baix pressió
 - Escomeses

Electricitat



- 400 V
- 220 V
- Repartiment (66-132 V)

Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB.

transformadores de distribució intercalades en aquests anells, i encarregades de reduir la tensió des del nivell de repartiment al de distribució en mitja tensió de 3 a 30 kV. La xarxa de distribució acaba en una sèrie de centres de transformació que redueixen encara més la tensió per traspasar-la a les escomeses dels edificis.

La xarxa elèctrica de l'àrea metropolitana té una estructura força mallada i jerarquizada, si bé la presència de línies de voltatge superior als 400 kV és escassa, ja que la majoria d'aquestes línies redueixen la tensió en subestacions situades al límit de l'àrea metropolitana (Begues, Rubí) o en localitats una mica més allunyades (Terrassa i Sentmenat). La majoria de les línies són aèries, exceptuant els trams que discorren pel centre de les ciutats, el que abasteix la zona de l'aeroport i el que connecta la subestació de Badalona amb la de Canyet. Com en el cas del gas, l'estructura de la xarxa respon a una lògica estatal, on les nombroses plantes de generació de tota Espanya aboquen la seva producció a un únic sistema que, gràcies a la diversitat geogràfica i tecnològica pot ser gestionat de manera més segura, en poder compensar més fàcilment les puntes i valls que es produeixen, tant pel que fa a l'oferta com a la demanda. La longitud de la xarxa de transport i la de repartiment de l'àrea metropolitana supera els 600 quilòmetres.

3. La irrupció del paradigma de la circularitat

3.1. Les xarxes i el metabolisme urbà

Com a ecosistema, les ciutats esdevenen sistemes ecològics oberts i heterotròfics, és a dir, que depenen de la producció primària d'altres sistemes. Es tracta, doncs, de sistemes que per mantenir-se organitzats necessiten altres sistemes que els proporcionin aliments, aigua, energia i materials, que són utilitzats i transformats a la ciutat i que després s'expulsen en forma de residus, o contaminants per l'aire, l'aigua o el sòl, molt més enllà dels seus límits. La vida i l'organització de la ciutat se sustenten sobre aquest flux constant. Aquest conjunt d'entrades de materials i l'energia, els posteriors processos interns de transformació i les sortides de materials i contaminants derivats és el que conforma el metabolisme urbà.

Dins aquest marc conceptual, les xarxes han estat històricament els canals necessaris per garantir el funcionament de les ciutats i el mitjà per ampliar cada cop més el seu àmbit territorial d'interacció amb els recursos de la matriu biofísica. Les xarxes i els recursos utilitzats per al seu desenvolupament han condicionat la relació de les ciutats amb el seu entorn. Si bé les primeres ciutats depenien d'aliments i recursos hidro-

Taula 1. Longitud de les principals xarxes de serveis a l'àrea metropolitana de Barcelona

Xarxa	Metres	Xarxa	Metres
Transport viari	2.127.564	Subministrament d'aigua	1.165.754
Principal	651.273	Xarxa principal	212.983
Resta	1.476.291	Resta	952.771
Transport ferroviari	454.300	Rebuig	812.775
Alta velocitat	47.611	Col·lectors	289.518
Convencional ADIF	186.577	Clavageram (BCN)	523.257
FGC	64.356	Electricitat (transport i repartiment)	627.755
Metro	121.870	Aèria	410.602
Tramvia	29.880	400 V	57.341
Cable	4.006	220V	196.402
Oleoductes	70.743	132V	4.530
Gasoductes	6.094.366	110V	129.181
Alta pressió	430.630	66V	23.148
Mitjà pressió	2.027.661	Soterrada	217.153
Baix pressió	1.888.611	220V	147.245
Escomeses	1.747.464	110V	48.696
		66V	21.212

Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB

Taula 2. Característiques de les principals xarxes de serveis a l'àrea metropolitana de Barcelona

Sistema	Elements	Àmbit	Desplegament	Gestió	Operadora
Viari	Autopista	Supramunicipal / local	Superfície / túnel	Pública / concessió privada	Diversos
	Autovia	Supramunicipal / local	Superfície / túnel	Pública	Diversos
	Convencional	Supramunicipal / local	Superfície / túnel	Pública	Diversos
Ferroviari	Alta velocitat	Supramunicipal	Superfície / túnel	Pública	ADIF
	Tren convencional	Supramunicipal / local	Superfície / túnel	Pública	ADIF / FGC
	Metro	Supramunicipal / local	Túnel	Pública	TMB
	Tramvia	Supramunicipal / local	Superfície	Concessió privada	Tram
	Cable	Local	Aeri	Pública	TMB
Abastament d'aigua	Xarxa abastament alta	Supramunicipal	Rasa	Concessió privada	ATLL
	Xarxa abastament baixa	Supramunicipal / local	Rasa	Pública / Concessió privada	Diversos
	Xarxa aigua regenerada	Supramunicipal	Rasa	Públicoprivada	AMB / Agbar
	Xarxa aigua freàtica	Supramunicipal / local	Rasa		
	Planta potabilitzadora				
	Dessalinitzadora	Supramunicipal	-	Publicoprivada / Concessió	ATLL
Sanejament	Col·lectors en alta	Supramunicipal	Rasa	Publicoprivada	AMB / Agbar
	Col·lector en baixa	Local	Rasa	Pública / Publicoprivada	Diversos
	Col·lector de salomorres	Supramunicipal	Rasa	Pública	ACA
	EDARs	Supramunicipal	-	Publicoprivada	AMB / Agbar
	Dipòsits anti-DSU	Supramunicipal / local	-	Pública / Publicoprivada	Ajuntaments
Subministrament elèctric	Xarxa transport	Supramunicipal	Aeri/rasa	Privada	REE
	Xarxa distribució	Supramunicipal	Aeri/rasa	Privada	Endesa
	Subestacions	Supramunicipal/local	-	Privada	REE/Endesa
	Centrals producció	Supramunicipal	-	Privada	Endesa/ Gas natural
Subministrament gas	Xarxa de transport	Supramunicipal	Rasa	Privada	Enagas
	Xarxa de distribució	Supramunicipal	Rasa	Privada	Gas natural
	Regassificadora	Supramunicipal	-	Privada	Gas natural
	Reserves/dipòsits	Supramunicipal	-	Privada	Gas natural
Combustibles	Oleoductes	Supramunicipal	Rasa	Privada	CLH
	Dipòsits	Supramunicipal	-	Privada	CLH

Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB

lògics del seu entorn proper, el desenvolupament tecnològic, conjuntament amb l'exploració dels combustibles fòssils, va permetre el desenvolupament de les comunicacions de les primeres ciutats industrials. Aquest desenvolupament s'ha anat accelerant a mesura que avançava la tecnologia i es descobrien fonts energètiques encara amb major potencial, i ha generat una expansió sense límits de la producció industrial i agrícola, i una explosió demogràfica de les urbs que alhora ha retroalimentat la necessitat de seguir ampliant les xarxes de transport per satisfer les necessitats metabòliques d'unes ciutats cada cop més grans. Dins d'aquesta visió, es podria dir que és igual on se situïn els nuclis urbans (centres de consum), ja que es disposa d'unes xarxes per fer-hi arribar els recursos que requereixin. D'aquí el nom d'aquestes xarxes: xarxes de servei.

En el cas de l'àrea metropolitana de Barcelona, algunes dades desagregades per a cadascun dels vectors ambientals que garanteixen el seu funcionament poden ajudar a entendre aquesta dependència de territoris llunyans:

- Al voltant del 80% del consum energètic de l'àrea metropolitana es nodreix de combustibles fòssils, recursos no renovables importats d'altres territoris.
- Aproximadament el 75% de l'aigua utilitzada al territori metropolità prové de conques externes (considerant que l'aigua del Llobregat prové, en la seva pràctica totalitat, de territoris externs al metropolità).
- La producció de fruites i hortalisses de l'àrea metropolitana de Barcelona representa només el 5% de les necessitats actuals d'aquest àmbit.
- Aproximadament la meitat, en pes, dels residus generats al territori metropolità, es dipositen fora dels seus límits.

Aquesta dependència de l'exterior ha forçat el desenvolupament de grans i complexes xarxes de transport associades a cadascun d'aquest fluxos i alhora unes externalitats en forma de fragmentació dels ecosistemes, pèrdua de biodiversitat, degradació dels serveis ecosistèmics, emissió de gasos d'efecte hivernacle responsables del canvi climàtic, contaminació dels aqüífers i de les aigües superficials, esgotament dels nutrients del sòl i la seva contaminació, dispersió de residus i contaminació de l'aire dels centres urbans, entre d'altres.

La petjada ecològica del territori metropolità ha estat estimada entre 107 i 215 vegades la seva superfície atenent a la seva biocapacitat. Considerant l'indicador en termes globals, es pot dir que si tots els habitants del món visquessin com els de l'àrea metropolitana de Barcelona, es requeririen entre 3 i 6,2 planetes per al seu manteniment (Mayor, 2013). És a dir, s'està acumulant un deute ecològic i ambiental que comença a repercutir ja no només en els ecosistemes sinó també en l'àmbit econòmic i social.

3.2. El paradigma de la circularitat

Des dels anys 1970 la insostenibilitat del model de creixement es va fer evident i, per tant, era necessari respondre amb una estratègia adequada per revertir la situació. En aquest sentit, l'*Informe Brundtland* (United Nations, 1987) i la cimera de Rio de l'any 1992 introduïren el concepte de desenvolupament sostenible i la necessitat de considerar la protecció del medi ambient com a part del procés de desenvolupament, i no per separat. S'impulsava el Programa 21 per fer front a les problemàtiques ambientals des del món local i, poc a poc, apareixien nous conceptes associats a la millora del metabolisme urbà i el seu impacte sobre el planeta.

Des de llavors, l'aparició de conceptes com la 'llei de les 3 R' (Reduir, Reutilitzar i Reciclar) evolucionada fins al 'model de les 7R' (Repensar, Redissenyar, Reutilitzar, Reparar, Remanufacturar, Reciclar i Recuperar), els recursos renovables, l'economia circular, l'*Upcycling* o l'economia baixa en carboni, entre d'altres, han perseguit l'objectiu de passar d'un model lineal d'utilització dels recursos (consum i rebuig, explotació dels recursos d'un lloc i deposició dels seus residus en un altre) a un model circular (aprofitament dels residus com a nou recurs). Aquest paradigma pretén aplicar un concepte molt analitzat des de la disciplina de l'ecologia pel que fa als ecosistemes forestals (cicle de la matèria, cicle dels nutrients, cicle de l'aigua, cicle de l'energia, etc.) als ecosistemes urbans. De fet, el terme residu és un concepte que no existeix com a tal en la majoria d'ecosistemes naturals, en els quals els materials rebutjats per determinats organismes esdevenen recursos per a d'altres.

Actualment les iniciatives encarades a transitar cap a un model circular es multipliquen arreu. Des de l'àmbit tecnològic, innovacions com el *blockchain*, la digitalització o la fabricació amb tecnologia 3D persegueixen aconseguir una menor utilització i moviment dels materials, a partir de la globalització i millora de la transferència d'informació. En l'àmbit de la planificació dels usos del sòl existeixen iniciatives com el model PDR (*Production, Distribution, and Repair*), nascut a Sant Francisco, que reconeix el paper fonamental que poden tenir els espais d'activitat econòmica integrats en la trama urbana en el funcionament de la ciutat i les cadenes de valor que s'hi produeixen. Per la seva banda, en l'àmbit de la gestió dels residus existeixen ja objectius fixats per la pròpia Unió Europea, que en la Directiva 2008/98/CE determina que l'any 2020 el 50% dels residus siguin destinats a reciclatge i preparació per a la reutilització.

No obstant això, traslladar aquesta lògica als entorns urbans no és senzill. En les ciutats i àrees metropolitanes la concentració de demanda de consum de recursos és tan elevada que reaprofitar-los en la seva totalitat esdevé una tasca aparentment impossible. Sí que queda clar, però, que com més lineal, més intens i més vinculat a l'exterior és el model d'aprofitament dels recursos, més externalitats i impactes es generen a l'entorn, i això acaba afectant la qualitat de vida de les persones, pel conseqüent deteriorament del medi receptor d'aquests fluxos residuals.

Queda un llarg camí per recórrer pel que fa a la circularitat a les ciutats i a les àrees metropolitanes. Ara bé,

si la circularitat pretén, finalment, que els fluxos de matèria i d'energia es produeixin en entorns cada vegada més locals i pròxims, caldrà adaptar la planificació i el disseny de les xarxes que vehiculen bona part d'aquests fluxos ambientals. Només així, serà possible una vertadera transició del model lineal actual a un model circular.

4. Xarxes circulars a l'àrea metropolitana de Barcelona i el seu tractament en el marc del Pla Director Urbanístic Metropolità

Des de l'òptica de l'actuació a les ciutats i àrees metropolitanas, l'argumentació exposada presenta diversos interrogants: com cal encarar el repte de la circularitat? Com es poden modificar les xarxes per tal que sigui possible aquesta circularitat? Com pot facilitar l'urbanisme la transició cap a un model circular?

Aquestes són, en efecte, algunes de les principals qüestions que es va plantejar de bon inici el Pla Director Urbanístic de l'àrea metropolitana de Barcelona que actualment s'està redactant i que, en conseqüència, van ser objecte de debat en les taules temàtiques amb experts en la matèria que es van organitzar per trobar-hi resposta.

4.1. El punt de partida i els reptes futurs

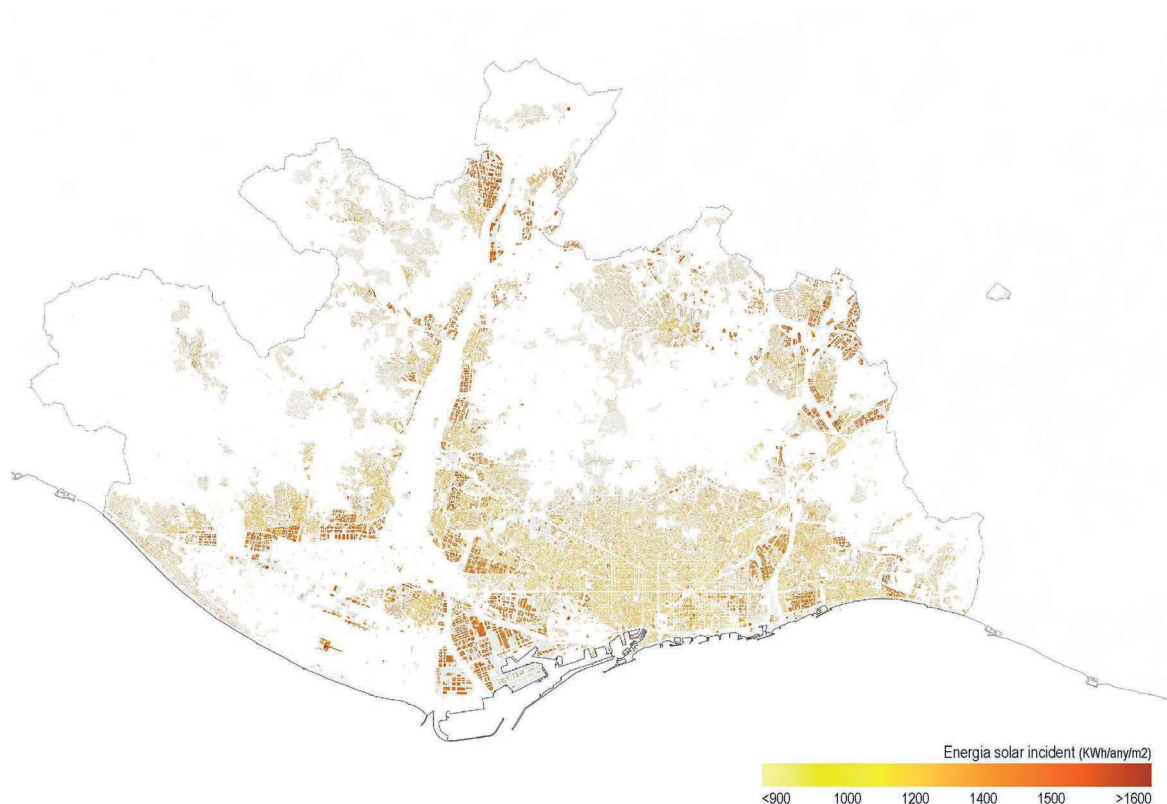
En primer lloc, cal ser conscients del punt de partida. Com s'ha vist, la vinculació a recursos externs del territori metropolità fa que l'estructura de les xarxes actuals configuri un model centralitzat, és a dir, pocs punts de generació de recurs i grans xarxes de transport. A més,

un model vinculat a recursos no renovables (com els combustibles fòssils) o altament pressionats (com el sistema del Ter en el cas de l'aigua) és planteja com a inassolible en el futur, no només per l'esgotament d'aquests recursos i l'increment de preus que es pot donar en el futur, sinó per una emergència encara més rellevant: el canvi climàtic, que fa inviable seguir amb un model de consum d'energia com l'actual.

Per aquest motiu, el PDU realitza una aposta decidida per assolir un model de metròpolis que incorpori el paradigma de circularitat. Així, pel que fa a l'energia, val a dir que, el 2018, l'Àrea Metropolitana de Barcelona ha aprovat el *Pla Clima i Energia*, on assumeix la necessitat de seguir un full de ruta per a la transició energètica del territori metropolità. El pla segueix els objectius de l'*Acord de París* per l'any 2030: una reducció de, com a mínim, el 40% dels gasos d'efecte hivernacle: almenys un 30% de l'energia consumida provinent de fonts renovables; i un mínim del 30% de millora en eficiència energètica. Aquests objectius forcen a transitar cap a un model de major aprofitament d'energia renovable. Ara bé, on es localitzen els principals aprofitaments potencials d'aquest recurs a l'àmbit metropolità?

Si es pren com a referència el recurs amb major potencial segons les anàlisis del Pla de Sostenibilitat de l'AMB, és a dir, l'energia solar, es pot veure que aquest potencial es produeix de forma molt distribuïda sobre el territori, fet que contrasta amb l'actual model centralitzat de les xarxes vinculades a l'energia. El mateix passa amb els fluxos residuals que podrien ser aprofitats com a nou recurs, com el calor i fred residual que generen nombroses activitats industrials i instal-

Figura 2. Energia solar incident a les cobertes d'edificacions del territori metropolità



Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB a partir de dades del PSAMB, 2015.

lacions; o l'aigua residual tractada en diverses depuradores de l'àrea metropolitana.

Aquests patrons de localització requereixen adaptar les xarxes existents a un model més descentralitzat que afavoreixi les xarxes locals i l'autoconsum.

4.2. Transitar cap a un model més circular

De fet, la transició cap a un model més distribuït de les xarxes ja ha començat al territori metropolità, on actualment existeixen 4 xarxes de climatització i refrigeració de districte (coneguda habitualment pel seu acrònim en anglès DH&C, *District Heating and Cooling*) que permeten optimitzar l'energia utilitzada per a aquesta finalitat i aprofitar l'energia de diverses fonts per generar i distribuir aigua calenta i aigua freda de forma eficient:

- Xarxa de llevant, 22@ i Fòrum: aprofita l'energia del vapor que s'allibera en la planta de valorització energètica del Besòs. De moment aquesta xarxa dona servei a la zona entre el Besòs, el barri de Sant Martí de Barcelona (22@) i l'Hospital del Mar, però està previst que es vagi ampliant dins d'aquesta zona i eventualment arribi a donar servei a altres àmbits, com per exemple la Sagrera.
- Xarxa de ponent – port de Barcelona: subministra calor i fred als consumidors dels voltants mitjançant biomassa, electricitat i gas natural, i en el futur podria incorporar fred residual provinent de les regassificadores del

port. La xarxa d'Econergies es troba en una zona en procés de transformació amb gran potencial per aquest tipus d'instal·lacions, essent les possibilitats de creixement molt favorables.

- Xarxa de Molins de Rei: produeix únicament calor mitjançant calderes de biomassa destinat a consums del tipus residencial a la zona de La Granja de Molins de Rei. Actualment disposa d'un traçat de xarxa d'aproximadament 3 km, amb un potencial de creixement limitat.
- Xarxa del Parc de l'Alba: proporciona fred i calor a partir d'una planta de cogeneració, *chillers* i un dipòsit d'aigua, al Sincrotró de l'Alba, i als equipaments ubicats als voltants. Aquesta instal·lació disposa actualment de 4,48 km de xarxa de calor i 4,7 km de xarxa de fred. El Parc de l'Alba preveu un escenari final amb una xarxa de traça 8 km on s'hi connectarien tots els edificis d'ús no residencial existents als voltants o que es puguin desenvolupar-se en un futur.

Pel que fa a l'aigua, també s'han desenvolupat en els darrers anys xarxes associades a la regeneració, és a dir, d'aigua residual depurada que ha estat sotmesa a un tractament addicional que permet adequar la seva qualitat a l'ús que es destina. Actualment existeixen xarxes associades als sistemes de tractament terciaris de Gavà-Viladecans, el Prat de Llobregat i Sant Feliu de Llobregat, que permeten distribuir aquest flux

Figura 3. Xarxes de climatització i de refrigeració de districte del territori metropolità

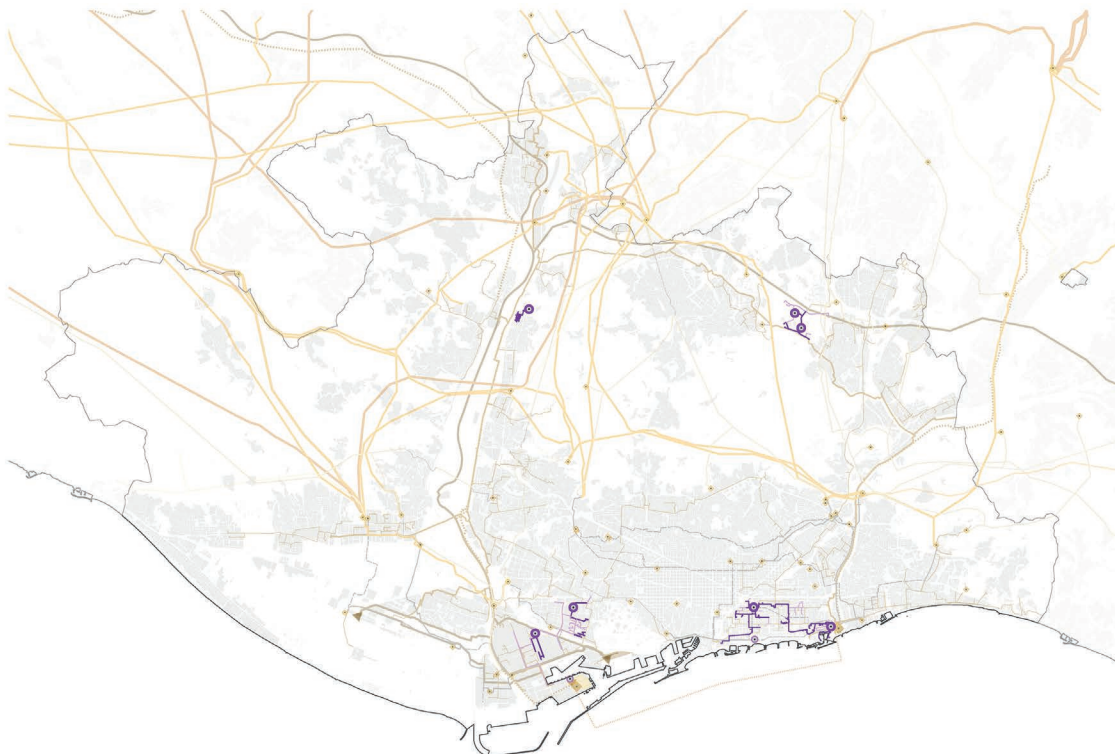
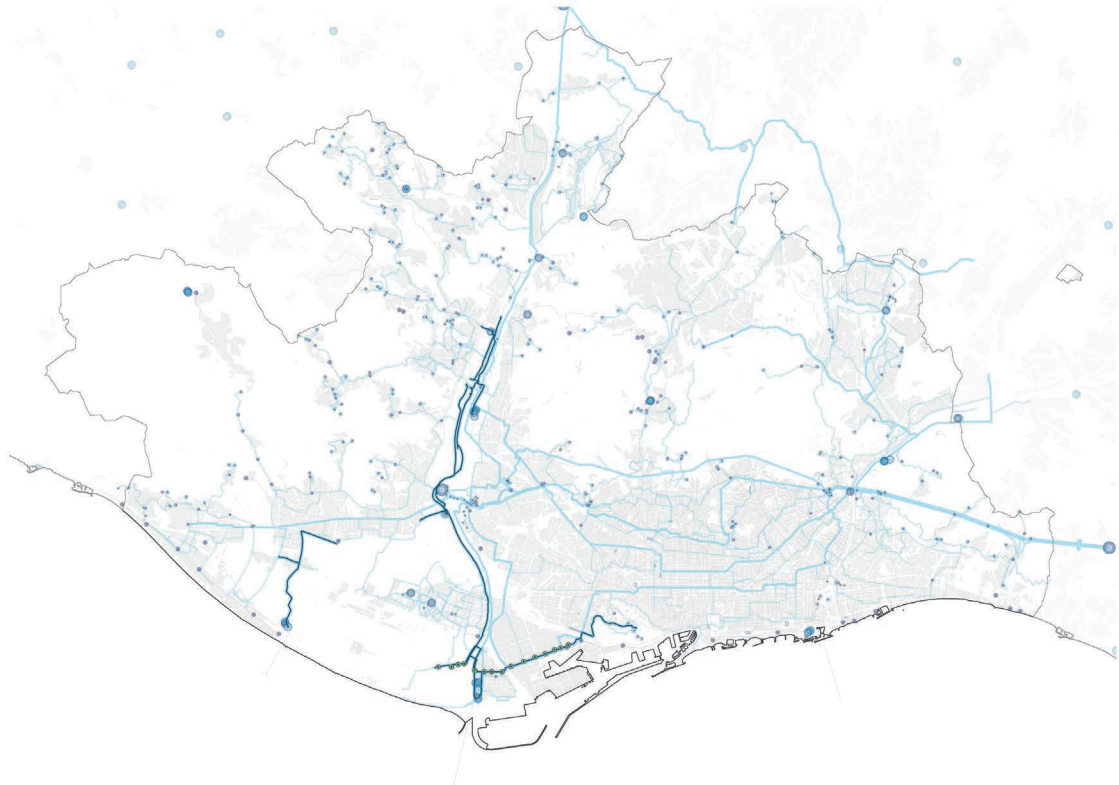


Figura 4. Xarxes d'aigua regenerada del territori metropolità



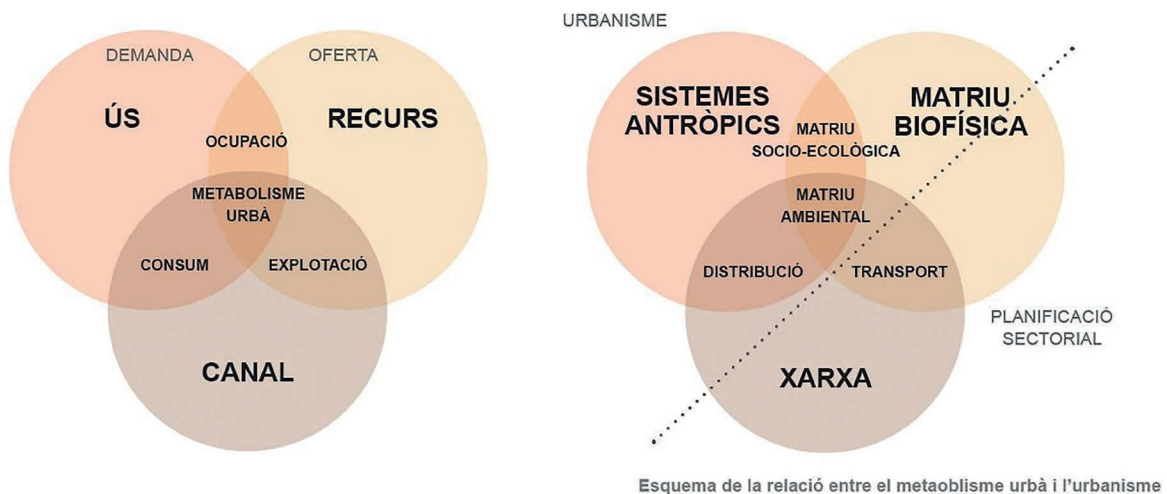
Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB.

residual reconvertit en nou recurs, per a usos com el cabal de manteniment del riu Llobregat, aportació a llacunes, injecció a l'aqüífer per crear barreres a la intrusió salina, reg agrícola, reg de parcs i jardins, usos industrials o recàrrega de l'aqüífer.

Aquestes iniciatives són de gran importància si es té en compte que, com s'ha dit, en l'actualitat aproxima-

dament el 75% de l'aigua utilitzada a l'àrea metropolitana prové de conques externes, que existeix un compromís (*Taula del Ter*) per reduir dràsticament aquesta dependència al llarg dels propers anys, i que els escenaris d'escalfament global i irregularitat en el règim de precipitacions que augura el canvi climàtic agreujarà encara més el desequilibri entre màxims de consum i disponibilitat d'aigua.

Figura 5. Esquema dels components del metabolisme urbà i la seva relació amb les competències urbanístiques i de la planificació sectorial



Font: Servei de redacció del Pla director DSU-AMB.

4.3. El paper del Pla Director Urbanístic Metropolità

El PDU pren aquestes experiències sobre energia i aigua com a exemples d'allò que es pot estendre al conjunt del territori metropolità, per multiplicar així els efectes d'un model circular i descentralitzat. Les possibilitats són, en aquest sentit, immenses.

Ara bé, cal tenir en compte, en primer lloc, que la majoria de xarxes es troben en mans privades i depenen de planificació sectorial. No obstant això, el flux de materials i d'energia que representa el metabolisme urbà, relaciona uns elements consumidors (usos antròpics) amb uns elements naturals generadors de recursos i serveis ecosistèmics (matriu biofísica) a través d'un canal d'aprofitament (xarxes i infraestructures de servei). En aquest context de demanda i oferta relacionada amb la distribució territorial d'intensitats d'ús antròpic i de recursos i serveis ecosistèmics, l'urbanisme sí que pot tenir un paper rellevant en la millora del metabolisme.

Partint d'aquest esquema, l'aportació del PDU al foment d'un model més distribuït i circular es pot desenvolupar a partir de diverses línies d'actuació: d'una banda afavorint la preservació dels recursos de la matriu biofísica de major proximitat (energies renovables, preservació dels espais de recàrrega dels aqüífers, reconeixement i millora dels espais amb interès per a la regulació de l'escorrentia superficial, etc.); d'altra banda, incidint en l'ordenació i regulació normativa de l'ús per assegurar una relació coherent amb els recursos i per facilitar l'impuls de la utilització de recursos renovables o provinents de fonts residuals; i, finalment, incidint també en l'ordenació de l'espai físic i la regulació urbanística per facilitar la implementació de xarxes locals o descentralitzades.

Al costat d'aquestes tres grans línies que guien el model de metròpolis, el PDU aborda també la problemàtica derivada de la manca de visió de conjunt que ha caracteritzat fins ara el desenvolupament de les xarxes existents. Aquesta manca de visió ha suposat en molts casos dificultats per ubicar algunes d'aquestes infraestructures —moltes de les quals han arribat a

generar rebuig social—, ha impossibilitat trobar els corredors adients per desplegar-les, no ha permès satisfereix les noves demandes exigides o ha comportat un encariment final de la seva implantació.

Pel que fa l'urbanisme, part del repte de la circularitat rau en la consideració dels elements de la matriu biofísica com a part estructural en el cycle de cadascun dels vectors associats al transport, distribució i regulació dels fluxos de matèria i energia que es produeixen a la metròpolis. Cal entendre que les xarxes infraestructurals són només un canal més en el cycle de matèria i energia que té lloc en la metròpolis, per tant, cal contextualitzar-les en la xarxa més important i sovint més oblidada de la metròpolis: la infraestructura verda. Només d'aquesta manera es podrà garantir el trànsit a un model realment circular.

Ja fa més d'un segle, Sir Patrick Geddes, sociòleg i biòleg que es va dedicar a la planificació urbanística, fet que a dia d'avui encara és vist com a transgressor, ja va vincular el concepte regió a l'arquitectura. Segons Geddes la ciutat havia d'evolucionar considerant el seu entorn, la ciutat era un sistema viu i obert, un organisme en constant evolució (biòpolis). El model bo de ciutat (eutopia) havia de conservar l'energia per organitzar el seu entorn i així permetre una adequada evolució de la vida col·lectiva i individual, enfront al model dolent (cacotopia) que dissipava energia per a l'obtenció de beneficis monetaris individuals. Ja fa més d'un segle.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

MAYOR, X. (2013). *Càlcul de la Petjada Ecològica de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i desenvolupament d'un mètode estàndard per al càlcul municipal*. No publicat. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona i Barcelona Regional.

UNITED NATIONS (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. New York: United Nations.