



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola de Doctorat

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Tesis Doctoral

Efectos de la construcción de la autovía orbital B-40 en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB)

MÓNICA MARCELA SUÁREZ PRADILLA

Director: Dr. Josep Roca Cladera

Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica

**Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Departamento de Tecnología de la Arquitectura**

Barcelona, Julio de 2016



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola de Doctorat

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TESIS DOCTORAL

Efectos de la construcción de la autovía orbital B-40 en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB)

MÓNICA MARCELA SUÁREZ PRADILLA

Director: Dr. Josep Roca Cladera

**Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Departamento de Tecnología de la Arquitectura**

Barcelona, Julio de 2016



Curs acadèmic: 2015-2016

Acta de qualificació de tesi doctoral

Nom i cognoms

MÓNICA MARCELA SUÁREZ PRADILLA

Programa de doctorat

GESTIÓN Y VALORACIÓN URBANA Y ARQUITECTÓNICA

Unitat estructural responsable del programa

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA (TA)

Resolució del Tribunal

Reunit el Tribunal designat a l'efecte, el doctorand / la doctoranda exposa el tema de la seva tesi doctoral titulada ***Efectos de la construcción de la autovía orbital B-40 en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB)***

Acabada la lectura i després de donar resposta a les qüestions formulades pels membres titulars del tribunal, aquest atorga la qualificació:

NO APTE APROVAT NOTABLE EXCEL·LENT

(Nom, cognoms i signatura)		(Nom, cognoms i signatura)	
President/a		Secretari/ària	
(Nom, cognoms i signatura)	(Nom, cognoms i signatura)	(Nom, cognoms i signatura)	(Nom, cognoms i signatura)
Vocal	Vocal	Vocal	Vocal

_____, _____ d'/de _____ de _____

El resultat de l'escrutini dels vots emesos pels membres titulars del tribunal, efectuat per l'Escola de Doctorat, a instància de la Comissió de Doctorat de la UPC, atorga la MENCIÓ CUM LAUDE:

SÍ NO

(Nom, cognoms i signatura)	(Nom, cognoms i signatura)
President de la Comissió Permanent de l'Escola de Doctorat	Secretària de la Comissió Permanent de l'Escola de Doctorat

Barcelona, _____ d'/de _____ de 2016



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola de Doctorat

Universitat Politècnica de Catalunya

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
Departament de Tecnologia de l'Arquitectura

Efectos de la construcción de la autovía orbital B-40 en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB)

Tesis presentada para obtener el grado de doctor por

Mónica Marcela Suárez Pradilla

Director: Dr. Arquitecto. Josep Roca Cladera

Doctorat en Gestió i Valoració Urbana i Arquitectònica

Barcelona, 2016

A Miguel Ángel y a mí querida madre Carmen

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inició hace algunos años, en este tiempo he conocido muchas personas a las que de alguna forma, les quiero expresar mi gratitud, perdónenme aquellos a quienes olvido aquí.

En primer lugar, al Dr. Josep Roca Cladera, por su compromiso y dedicación, no sólo en la tesis en particular, sino en mi formación en general. Soy consciente de la confianza que ha depositado en mí y de la gran ayuda que he recibido de su parte durante todos estos años. Por todo esto y más, nunca le estaré lo suficientemente agradecida.

A Jorge Cerda, que modelo desde el principio este viaje, le agradezco su continuo apoyo y su enorme disposición para ayudarme siempre, así como todo lo que me ha enseñado de la relación transporte-territorio, del desarrollo de la investigación y sus sabios consejos sobre la vida misma.

A mi amigo Carlos Marmolejo debo agradecerle su ayuda incondicional en todos los momentos de esta tesis, gracias por compartir sus conocimientos conmigo, por toda la bibliografía prestada, las hojas electrónicas y todas las sugerencias para realizar mi trabajo en fin por su enorme generosidad.

De mi breve pero inolvidable estancia en Lisboa, me gustaría agradecer en primer lugar a José Antonio Tenedório por su acogida y su paciencia, al equipo del e-GEO FCSH/NOVA, en especial a Raquel y Rosana, a ellos debo, sin duda, mis mejores recuerdos de esa bella ciudad.

También debo unas palabras a todos mis compañeros del CPSV de quienes he aprendido mucho y con quienes compartí momentos inolvidables, en especial a Rolando Biere y a Nancy Ruiz por su incondicional colaboración, a Montserrat Moix, a Blanca Arellano y a todos aquellos que aunque no los nombro aquí siempre estuvieron para mí. A la Dra. Helena Coch Roura y a la Dra. Pilar Garcia Almirall por la oportunidad que me brindaron laboralmente durante muchos años, a Marc Batllori y a Luz Soro por su incondicional colaboración.

Hay otras personas que, al margen de la investigación, también han contribuido haciendo mi estancia en Barcelona más plena. Pienso en concreto en la familia Negra Tiana, en la familia Solà Arenas, a quienes debo muchas sonrisas, en especial a Néstor y mi muy querida Elenita no tengo palabras para expresarles mi gratitud.

Un agradecimiento muy especial a Elham, Hoomam, Gerardo y Carmen testigos directos de la finalización de esta tesis, por su ánimo y por la gran ayuda que me han dado estos últimos meses de mi estancia en Barcelona.

Estos años en Barcelona se han pasado muy rápido. Han sido unos años increíbles, que me han enseñado muchas cosas pero también, han resultado difíciles en algunos momentos, 8.523 son muchos kilómetros e inevitablemente añoro a mi Colombia, a mis amigos y a mi familia de la que no he podido disfrutar, especialmente, a mis hermanos y sobrinos les pido disculpas por no haberles podido dedicar todo el tiempo que debería, y a pesar de ello, recibir su cariño y comprensión.

A mi madre, por estar siempre ahí a pesar de la distancia, de forma incondicional y por enseñarme que no existen obstáculos y a Miguel Ángel, por todos estos años, por esos maravillosos momentos que hemos compartido, por la paciencia, la comprensión y su apoyo incondicional, por todo que es todo.

Resumen

El objetivo de esta investigación es analizar el efecto de la autovía B-40 o cuarto cinturón de Barcelona en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB). Particularmente, se cuantifica y analiza el cambio en el policentrismo generado por la construcción de la B-40 a partir de los cambios en la distancia y la modificación de los patrones de movilidad.

La infraestructura analizada inicialmente fue denominada desde la planificación de carreteras como Cuarto Cinturón de Ronda de Barcelona. Posteriormente en la planificación territorial se designa de acuerdo a su tipología como Autovía Orbital B-40 o Ronda del Vallès. Esa nueva clasificación está en función de su capacidad para articular los diferentes sistemas urbanos de la comarca del Vallès Oriental, Occidental y del Baix Llobregat y configurar un corredor metropolitano en el sector denominado segunda corona de Barcelona. Esta infraestructura aparece en diferentes documentos de planificación desde hace cincuenta años y actualmente se encuentra en proceso de construcción.

Para este estudio se analiza el *trazado de la B-40* propuesto en el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (PTMB). La metodología formulada está estructurada asumiendo que el nivel de policentrismo depende del tamaño y la localización de los centros (policentrismo morfológico) y de las relaciones entre ellos (policentrismo funcional).

El policentrismo se evalúa para dos situaciones diferentes *sin* y *con* trazado y para tres periodos temporales. El cambio en el policentrismo se analiza a través de una serie de indicadores que utilizan la información de los flujos de movilidad entre los diferentes municipios. La movilidad para los diferentes periodos se estima empleando un modelo de interacción espacial de tipo gravitatorio acotado a origen que utiliza como función de impedancia la matriz de distancias mínimas para las situaciones *sin* y *con* trazado. En esta investigación se usa el indicador de policentrismo de *Green*, el indicador de *Potencial de Accesibilidad*, el indicador de *Entropía de Shannon* y una serie de indicadores de tipo territorial que facilitan la interpretación del territorio.

Los resultados obtenidos señalan que las características morfológicas del sistema territorial no presentan modificaciones a corto plazo por la inserción de un eje viario. Pero las relaciones de tipo funcional evidencian, que se está produciendo paulatinamente un proceso de descentralización de la actividad hacia las coronas más exteriores de la RMB. También, se constata que a pesar de que Barcelona para los periodos analizados progresivamente presenta una disminución en sus lugares de trabajo localizado continúa siendo el principal centro de empleo del ámbito de la RMB.

Además, se certifica que el efecto de la modificación de la distancia por la red viaria no modifica la centralidad geográfica de la RMB. De otro lado se advierte que las mayores disminuciones en

distancia se producen en el sector de servicio directo de la B-40 y su entorno, por lo que se considera que son efectos de tipo residual debidos a la proximidad.

Asimismo, se observa que el *efecto territorial* de la B-40 se debe a la articulación que facilita con la red viaria que le acoge y que se traduce a nivel territorial en un incremento de la conectividad y la accesibilidad. La B-40 configura un corredor con la AP-7, la C-60, la C-15 y la A-2 a través de dos enlaces. Un enlace a la altura de Abrera que da paso al tránsito del Alt del Penedès y del Garraf y otro enlace en la Roca del Vallès que da salida al tránsito hacia Mataró y hacia Sant Celoni.

A nivel general se aprecia que el mayor efecto de la B-40 se produce en la zona interior de la RMB, a nivel de la línea de costa los municipios experimentan pocas modificaciones.

Palabras clave: infraestructura de transporte, policentrismo, conectividad, accesibilidad

Summary

The aim of this research is to analyze the impact of the orbital motorway B-40 or fourth belt Barcelona in the polycentric urban structure of the Barcelona Metropolitan Region or (BMR). The changes discussed in this research are the result of distance variation between the different urban centers of the MRB and the transformation of mobility patterns.

Infrastructure B-40 was initially called by roads planners as Fourth Ring Road Barcelona, later in the territorial it changed to a typology of orbital motorway and designated B-40. The name of B-40 Motorway corresponds to its ability to bind different urban systems of the Vallès Oriental, Vallès Occidental and Baix Llobregat setting up a metropolitan corridor in the sector known as second crown of Barcelona. This infrastructure has appeared in different planning documents for fifty years and now is under construction.

In this research, the layout of the B-40 proposed in the Territorial Metropolitan Plan (PTMB) is evaluated. The methodology developed is structured assuming that the level of Polycentricity depends on the size and location of the centers (morphological polycentrism) and relations between them (functional polycentrism).

Polycentrism is evaluated for two different situations *with and without* path and for three different periods. Polycentrism change is evaluated through a set of indicators use information flows between urban centers. Mobility flows for different situations and periods are estimated using an origin-constrained spatial interaction gravity model in which the impedance function is the matrix of minimum distances.

The research used Green index (the special functional polycentricity of the urban network), the indicator Potential Accessibility (commuting is used as an activity function, and minimum distances as an impedance function), Shannon entropy indicator (use the LTL information) and a series of territorial indicators that facilitate interpretation of the results.

The results obtained indicate that the morphological characteristics of the territorial system not present modifications at short notice by insertion of a road. However, functional relationships show that the process of decentralization of the activity to other crowns of the BMR.

The B-40 structure, a road corridor which spatially modifies the sector of the AP-7 at Vilafranca where the municipalities of small size and demographic weight experience changes in accessibility. Another area where important changes are observed corresponding to the

outermost municipalities Vallès Oriental. In the area of Maresme, the influence of the B-40 is moved to the furthest municipalities of Mataró. The Garraf area, presents significant changes in connectivity relationships between its main sub center Vilanova I la Geltrú and the surrounding municipalities

At a general level, it is seen that the biggest effect of the B-40 is produced in the interior of the BMR, at the level of the coastline municipalities experience few modifications.

Key words: transport infrastructure, polycentrism, connectivity, accessibility

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCTION TO RESEARCH.....	1
1. Scope of the investigation in the context of the relationship of the transport infrastructure and urban polycentric structure.....	3
2. Investigation background.....	6
3. General investigation questions.....	7
4. Objectives and hypotheses of work.....	8
5. Structure and stages of research.....	8
INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	13
1. Alcance de la investigación en el contexto de la relación infraestructura de transporte y la estructura policéntrica.....	15
2. Antecedentes de la investigación.....	18
3. Preguntas generales de investigación.....	19
4. Objetivos e hipótesis de trabajo.....	20
5. Estructura y fases de investigación.....	21
Capítulo 1. MARCO TEÓRICO, PRINCIPALES CONCEPTOS TEÓRICOS E INVESTIGACIONES PREVIAS.....	25
1.1 Marco teórico.....	25
1.1.1 Tendencias en la evolución de la estructura urbana.....	25
1.2 Enfoques conceptuales de la estructura urbana.....	27
1.3 Teorías y modelos que explican la estructura urbana.....	28
1.4 Revisión del concepto de policentrismo.....	30
1.4.1 Escalas del policentrismo.....	31
1.4.2 Elementos que definen el policentrismo.....	33
1.4.3 Clases de policentrismo.....	34
1.4.3.1 Policentrismo morfológico.....	34

1.4.3.2 Policentrismo Funcional.....	35
1.5 El papel de la movilidad en la organización funcional del territorio y su relación con la Infraestructura del transporte.....	35
1.5.1 Relación entre las infraestructuras de transporte y el territorio.....	37
1.5.2 Efectos estructurantes de las Infraestructuras de Transporte.....	40
1.5.2.1 Efecto en la distribución espacial de la población.....	40
1.5.2.2 Efectos en la localización de las actividades.....	41
1.5.2.3 Efectos en los sistemas de asentamientos.....	42
1.5.2.4 Efectos económicos de las infraestructuras de transporte.....	42
1.5.2.5 Efectos Sociales de las Infraestructuras de Transporte.....	43
1.6 Conexión entre estructura territorial policéntrica e Infraestructuras de transporte...	44
1.7 Conceptos teóricos utilizados en la metodología.....	45
1.7.1 Antecedentes de los Modelos de transporte.....	46
1.7.1.1 Clasificación de los modelos de transporte.....	47
1.7.1.1.1 Fundamentos del modelo de distribución de viajes de tipo factor de crecimiento	48
1.7.1.1.2 Modelo gravitatorio.....	49
1.7.2 Métodos para evaluar el policentrismo.....	50
1.7.2.1 Indicador de policentricidad funcional de Green.....	52
1.7.2.2 La accesibilidad.....	53
1.7.2.2.1 Medidas de accesibilidad.....	54
1.7.2.2.2 La accesibilidad como indicador de policentrismo.....	55
1.8 Investigaciones Previas.....	56
1.8.1 Estudios realizados sobre infraestructura de transporte y localización de Actividades	57
1.8.2 Estudios relacionados con la forma urbana.....	58
1.8.3 Estudios sobre Infraestructura de transporte y Centralidad.....	60
1.8.4 Estudios que relacionan policentrismo e infraestructura de transporte.....	62

Capítulo 2. FUENTES DE INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA.....	71
2.1 Desarrollo de la Metodología.....	72
2.2 Técnicas utilizadas para evaluar el efecto de la autopista B-40 en la estructura urbana policéntrica de la RMB.....	76
2.2.1 Procesos para el cálculo de la movilidad modelada.....	77
2.2.1.1 Diseño de la Red viaria.....	77
2.2.1.2 Características de la red viaria utilizada.....	78
2.2.1.3 Elaboración de las matrices de distancias mínimas.....	80
2.2.1.4 Cálculo de la movilidad base.....	81
2.2.1.5 Estimación de la movilidad modelada.....	82
2.2.2 Métodos para evaluar el policentrismo.....	86
2.2.2.1 Indicador de entropía de Shannon.....	86
2.2.2.2 Indicadores de tipo funcional.....	86
2.2.2.2.1 Indicador de Green.....	87
2.2.2.2.2 Indicador de Potencial de Accesibilidad.....	89
2.2.3 Índices asociados a los corredores de transporte.....	90
2.2.3.1 Índice de cohesión interna.....	90
2.2.3.2 Índice de dependencia funcional.....	90
2.2.3.3 Índice de dispersión.....	90
2.3 Indicadores de caracterización territorial.....	90
2.3.1 Índices de concentración de Theil y RM.....	91
2.3.2 Autocontención laboral.....	91
2.3.3 Autosuficiencia.....	92
2.3.4 Job – ratio.....	92
2.4 Fuentes de información.....	92
2.4.1 Censos de población y vivienda para los años 1981, 1991, 2001 y 2011.....	92
2.4.2 Grafos viarios utilizados y sus elementos.....	93

2.4.3 Encuesta de movilidad cotidiana EMQ 2006.....	94
2.5 Algunas aclaraciones	94
2.6 Definición de los corredores de transporte.....	96
Capítulo 3. PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	99
3.1. Antecedentes de la organización territorial de Catalunya y su relación con el policentrismo.....	100
3.2 Ámbito geográfico del caso de estudio.....	113
3.3 Formación de la red viaria de Barcelona.....	115
3.4 Caso de estudio: Autopista Orbital B-40.....	120
3.4.1 Antecedentes de la B-40 desde la planificación.....	120
3.4.2 Antecedentes desde los actores sociales.....	121
3.4.3 Investigaciones previas referidas al caso de estudio.....	124
3.4.4 Características del trazado analizado de la B-40.....	127
3.4.5 Descripción del trazado analizado.....	129
3.4.6 Características de la infraestructura viaria del ámbito de estudio.....	135
3.5 Características territoriales del ámbito de estudio.....	138
3.5.1 Dinámicas Demográficas.....	140
3.5.2 Dinámicas de la oferta de Vivienda.....	143
3.5.3 Dinámicas del empleo.....	145
3.5.4 Cambio en la localización de empleo.....	147
3.5.5 Desagregación de la actividad económica por sectores.....	148
3.5.6 Comportamiento de la movilidad.....	148
3.5.7 Evolución de la autocontención y la autosuficiencia respecto de la actividad.....	151
3.5.8 Evolución en la movilidad residencial.....	152
3.5.9 Evolución del consumo de suelo en la RMB.....	153

Capítulo 4. ANÁLISIS DE LA MODIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA URBANA POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA B-40.....	155
4.1 Estimación de la movilidad modelada.....	155
4.1.1 Efecto de la modificación de las distancias mínimas en la centralidad y el territorio de la RMB.....	156
4.1.2 Cambio de distancia por la construcción de la B-40 y la nueva articulación viaria.....	158
4.2 Estimación de la movilidad producida por la construcción de la Autovía B-40.....	160
4.2.1 Características de la movilidad base	160
4.2.1.1 Características territoriales de la movilidad base.....	163
4.2.2 Calibración del modelo gravitacional acotado a origen.....	164
4.2.2.1 Análisis de los parámetros de Calibración obtenidos en los modelos.....	164
4.2.2.2 Análisis de los coeficientes de atracción Alfa (α) obtenidos en el modelo.....	165
4.2.3 Obtención de la movilidad modelada y su análisis.....	167
4.2.3.1 Características de la movilidad modelada para el conjunto de la RMB.....	168
4. 3 Análisis del cambio en el policentrismo por la construcción de la B-40.....	177
4. 3.1 Cuantificación del policentrismo funcional utilizando el indicador de Green....	177
4.3.2 Aplicación del indicador de Shannon.....	179
4.3.3 Indicador de Accesibilidad.....	179
Chapter 5. CONCLUSIONS.....	185
Capítulo 5. CONCLUSIONES.....	191
BIBLIOGRAFÍA.....	201

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Articulation of the B-40 in the road System of the BMR.....	2
Figure 2. Behavior of the layout of the B-40 by applying a territorial analysis.....	7
Figura 1. Articulación en el sistema viario de la RMB de la B-40.....	14
Figura 2. Comportamiento del trazado 2 contemplado en el PTMB para la B-40 aplicando un análisis territorial	19
Figura 3. Evolución de las regiones urbanas policéntricas desde el contexto histórico....	31
Figura 4. Escalas espaciales de los sistemas policéntricos en función del contexto territorial.....	32
Figura 5. Relación entre infraestructura de transporte y policentrismo.....	45
Figura 6. Corredores metropolitanos de la RMB considerando la construcción de la B-40.....	74
Figura 7. Proceso de conexión de la red viaria y los centroides en transcad.....	78
Figura 8. Principales ejes viarios de la RMB según tipología.....	79
Figura 9. Esquema general del funcionamiento del modelo	85
Figura 10. Ámbito de estudio. Ubicación del proyecto en la RMB.	99
Figura 11. Relaciones funcionales definidas para Cataluña por la Encuesta de 1932.....	101
Figura 12. Regional Planning de Rubio y Tudurí.....	102
Figura 13. Plan Comarcal de 1953.....	104
Figura 14. Plan Provincial de 1963.....	105
Figura 15. Plan Director del Área metropolitana de Barcelona de 1966.....	107
Figura 16. Plan general metropolitano (PGM) 1976.....	109
Figura 17. Red viaria propuesta en el PTMB (2010).....	113
Figura 18. Configuración Geomorfológica de la RMB.....	114
Figura 19. Sectores que configuran la B-40 de acuerdo con el estudio “ L’autovia orbital B40 un quart cinturó, una variant de la N-II o un eix perimetral” ...	126
Figura 20. Relación de las figuras de Planificación en la definición del trazado.....	128
Figura 21. Corredor que configura la B-40 con la AP-7 y la C-60 en la RMB.....	131

Figura 22. Corredor de la B-40.....	134
Figura 23. Tramo en servicio de la B-40. Viladecavalls - Terrassa. Finalizó junio 2010....	134
Figura 24. Red actual de carreteras de la RMB.....	136
Figura 25. Coronas a igual distancia de Barcelona.....	139
Figura 26. Comportamiento de la densidad de población.....	142
Figura 27. Comportamiento de los índices de concentración de la población.....	143
Figura 28. Distribución de los viajes por años según el modo de transporte.....	149
Figura 29. Tipos de suelo de la RMB.	153
Figura 30. Centralidad de la RMB según la matriz de distancia euclidiana.....	157
Figura 31. Sector central de la RMB considerando la red viaria de acuerdo con la matriz de distancias mínimas.....	158
Figura 32. Cambios producidos en la distancia (km) por la construcción de la B-40.....	159
Figura 33. Variación de la autocontención y la autosuficiencia por coronas para la movilidad base.....	164
Figura 34. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2008.....	165
Figura 35. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2014.....	166
Figura 36. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2020.....	167
Figura 37. Variación de los LTL modelados para los periodos analizados.....	168
Figura 38. Variación de la POR coronas.....	169
Figura 39. Variación de la autocontención y la autosuficiencia de la movilidad modelada por coronas	170
Figura 40. Comportamiento de los desplazamientos en los subcentros para tres periodos de análisis.....	171
Figura 41. Accesibilidad de la RMB para el periodo 2008S <i>sin</i> trazado.....	180
Figura 42. Accesibilidad para la RMB para el periodo 2020 <i>con</i> trazado.....	180
Figura 43. Modificación de la accesibilidad por la construcción de la B-40 a nivel de subcentro.....	181

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de las diferentes escalas del policentrismo.....	32
Tabla 2. Aspectos que definen los efectos de las infraestructuras en el territorio.....	39
Tabla 3. Clasificación general de los modelos de distribución de transporte.....	48
Tabla 4. Sinopsis de los métodos más utilizados en la cuantificación del policentrismo....	52
Tabla 5. Ámbitos territoriales utilizados para los análisis en esta investigación.....	74
Tabla 6. Configuración de los corredores metropolitanos de la RMB considerando la B-40 para esta investigación.....	75
Tabla 7. Geometría de las redes de análisis de distancias mínimas.....	78
Tabla 8. Tipología y gestión de la red viaria utilizada para la RMB en esta investigación....	80
Tabla 9. Indicadores de Commuting y su expresión matemática utilizados en la formulación del indicador de Green.....	88
Tabla 10. Características de la movilidad obligada según la información censal.....	93
Tabla 11. Relación de las fuentes de datos utilizadas en la investigación.....	97
Tabla 12. Evolución histórica de la red viaria y del planeamiento de carreteras en Catalunya.....	116
Tabla 13. Municipios que configuran el corredor de servicio directo de la B-40.....	130
Tabla 14. Longitud y titularidad de la Red Viaria por Provincias de Catalunya año 2013...	137
Tabla 15. Longitud de la red viaria de la RMB por tipología y titularidad año 2008.....	137
Tabla 16. Principales características territoriales de la RMB.....	139
Tabla 17. Población de la RMB por coronas para el periodo comprendido entre 1981 y 2011.....	140
Tabla Nº 18. Evolución de los índices de concentración RM y THEIL.....	142
Tabla Nº 19. Oferta de vivienda periodo 1981-2011.....	144
Tabla 20. Cambio en la vivienda secundaria y vacante de la RMB (no principal).....	145
Tabla 21. Evolución de los lugares de trabajo por coronas de la RMB.....	146
Tabla 22. Cambio en la localización de la población ocupada residente entre 1991 y 2011.	147
Tabla 23. Evolución porcentual de la actividad Industrial y de servicios en el periodo de 1991-2011.....	148

Tabla 24. Incremento por periodos del uso de los modos de transporte en la RMB.....	149
Tabla 25. Información general sobre los desplazamientos por semana de la RMB.....	150
Tabla 26. Desplazamientos personales realizados en la RMB.....	150
Tabla 27. Desplazamientos intra e intermunicipales.....	151
Tabla 28. Municipios más centrales de la RMB considerando la distancia geográfica o euclidiana	157
Tabla 29. Total de viajes producidos en la RMB para los diferentes periodos de análisis....	160
Tabla 30. Datos totales de los LTL para la movilidad base o de diseño.....	162
Tabla 31. Datos totales y Variación de la POR para la movilidad base o de diseño.....	162
Tabla 32. Porcentajes de autocontención y autosuficiencia para la movilidad base o de diseño.....	163
Tabla 33. Parámetros de calibración del modelo gravitacional acotado a origen.....	165
Tabla 34. Modificación de la autocontención y la autosuficiencia a nivel de subcentros...	172
Tabla 35. Variación de los indicadores territoriales a nivel de corredor para los diferentes periodos temporales de análisis.....	174
Tabla 36. Características de los corredores de transporte.....	176
Tabla 37. Valor del Indicador de Green para los periodos de análisis a nivel de la RMB....	178

INTRODUCTION TO RESEARCH

Preliminary studies developed in terms of employment and dynamic space, indicate that the Barcelona Metropolitan Region (hereinafter BMR), is of a polycentric nature see (Trullén and Boix, 2000); (Muñiz, Galindo and Garcia, 20039); (Ruiz 2008); (Roca, Marmolejo and Moix 2009); (Aguirre and Marmolejo 2011). The investigation that here is developed goes a step further to analyze the dynamics of the spatial structure polycentric associated with transport infrastructures. For the particular case of this research, it is analyzed the impact of the B-40 Orbital motorway, Fourth Belt of Round of Barcelona, or B-40 highway as it is called in this investigation.

The B-40 highway is located on the BMR configured by 164 municipalities with a surface area of nearly 3242 km². The metropolitan territory is structured by a large central core and a series of crowns of marked radiocentric configuration. Barcelona is the central nucleus; and about 32% of the total population of the BMR is settled in it. The central nucleus is characterized by being the main center of employment, and by generating approximately 70% of gross domestic product (GDP) of Catalonia.

The rest of the territory is distributed in stripes called crowns metropolitan areas. The first ring is the so-called urban continuum, is characterized by high rates of density and urbanization. The second crown presents average levels of density and different residential uses. From there, the metropolitan territory is formed by a series of middle-sized cities in the form of an arch and some metropolitan corridors characterized by the mixture of uses cited by (Font, Llop, and Vilanova 1999) and (Muñiz and Garcia, 2005, p. 5).

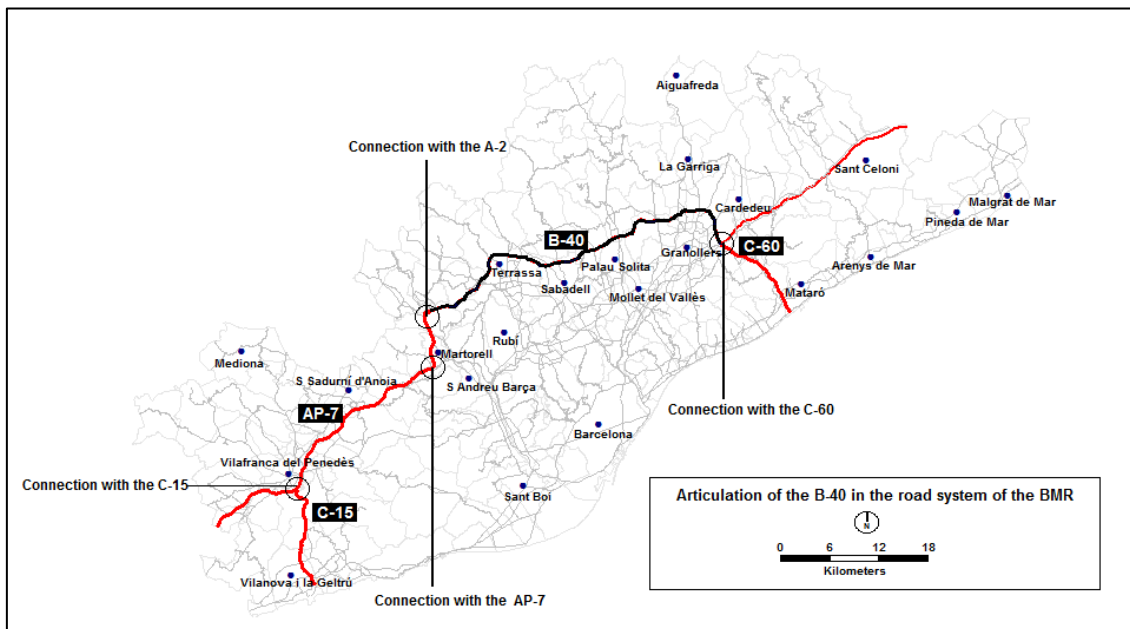
The transport network that configures the BMR is radial type, in it, the main cities and road corridors are connected with Barcelona through different urban roads and railway lines that define the urbanization pattern (Miralles, Donat, y Barnada 2007); (Muñiz, Galindo, y Garcia 2003a). The B-40 highway starts at the junction of the AP-7 with the A-2 in Abrera. From there it runs through Terrassa, Sabadell until Granollers in the Vallès Oriental. In this sector in la Roca del Vallès, it binds with the C-60 to finish in the municipal area of Mataró (Figure 1). The current B-40 highway is defined in the Metropolitan Territorial Plan of Barcelona (hereinafter PTMB) in 2010 and it is part of the sectoral planning, since it is envisaged in the Transport Infrastructure Plan (hereinafter PIT) 2006.

The territorial planning, at both local and national level, assigns to the B-40 highway a decisive role in improving the horizontal relationships between main and secondary cores located on the fringe of 30-40 km of Barcelona. Therefore, it constitutes a major component in the formation of the network structure of settlements of the BMR.

This work arises after the thesis of Master in Urban and Management Valuation, in which it was conducted a preliminary analysis of the behavior of the mobility flows by reason of work from two gravitational models for two situations called without and with path (current situation and the future situation with the B-40).

The conclusions obtained in the previous work showed that the transport infrastructure named B-40 modifies the horizontal relationships in the BMR, because it restructures the distance between the urban cores. These results created a series of concerns that motivate and guide the development of this research and directed it to explain the effect of distance in the urban polycentric structure of the BMR.

Figure 1. Articulation of the B-40 in the road system of the BMR



Personal compilation

The obtained results lead to deepen the analysis of the impact of the motorway B-40 construction from the rereading of the changes in the distance and the functional relations modification produced by the mobility patterns variation. Therefore, we develop in the first place a theoretical framework that defines the relationship between transport infrastructure and polycentricity; secondly, we estimate the new patterns of mobility and thirdly we quantify the effect on functional polycentricity.

1. Scope of the investigation in the context of the relationship of transport infrastructure and urban polycentric structure

The first studies of the relationship of the infrastructure of transport and territory are based on the concept of urban structure, which represents the spatial, economic and social relation that occurs inside of the urban space between the different parts that make up the city. The road system, green spaces, road frames, the different urban fabrics and equipment are within the elements making up the urban structure. Accordingly to the urban structure we distinguish two means, the natural environment and the built environment, transport infrastructures are located in the built environment, in particular, the road system, which is a fundamental part of the so-called infrastructural support of the city. Transport infrastructures are key elements in the spatial structure of the territory; they facilitate relations between different components of the territory see (Dupuy 1998)and (Herce and Miró 2004). The intensity of these relationships define the characteristics of connectivity, accessibility and mobility.

They also facilitate dispersion and decentralization of urban activities. An even more important effect of transport infrastructure is its ability to integrate the territory to produce contraction of the variable space – time as quoted in (Gutiérrez 1998) by referencing Harvey (1989). Finally, given their technical nature, transport infrastructures are designed with high quality and according to different policies in order to give them support within the territory that they will serve. All these elements contribute to consider transport infrastructures as elements of regional cohesion because they are necessary to promote balanced economic development as quoted in the European Spatial Development Perspective (ESDP) developed by the Committee of territorial development of the European Commission in 1999.

The methodology proposed in this research to study the effect of a transport infrastructure in the polycentrism is based on the research carried out at the level of the European Union (hereinafter EU). This is the reason why in the following paragraphs there is a brief synopsis of the transportation and land use policies developed in the EU.

The analysis of transport infrastructures in the management framework of the EU territory is focused on the study of the direct and indirect effects that occur at the level of scale and time on the territorial system, social workers and the environment.

From 1983, transport infrastructures become more important, and in that year the European Regional-Spatial Planning Charter¹ is published, in which it is considered that the axes of communication are essential to achieve the balanced socio-economic development of the regions.

Later in 1999, the ESDP is approved. The document recognizes the regional diversity, cultural and geographical distribution of the different territories that constitute the EU and whose objective is to provide spatial coherence to the sectoral policies and maximize its effectiveness, based on four principles: sustainable development, integration of sectoral policies, cooperation

¹ European Regional- Spatial Planning Charter (May 20 1983) Torremolinos (Spain) document issued by the Council of Europe

between actors and responsible for public policy and finally conclusion of the actions. The previous items converge in the following policy options:

- Rural economies diversification and country side appreciation
- More accessible, effective and respectful infrastructure with the environment
- Greater dynamism, attractiveness and complementarity of the cities by means of a more balanced and polycentric urban system, through the creation of city networks.

This is the first document at EU level that clearly uses polycentrism as a medium or channel to achieve, together with the territorial cohesion policies, a more competitive, sustainable and balanced European territory.

The ESDP insists on the need of an integrated approach to improve the connections of transport. To do so, the ESDP refers to the polycentric development model, emphasizes the efficient and sustainable use of the infrastructure and the importance of the innovation and knowledge diffusion. This integrated approach must have continuity in the transport networks and telecommunications analysis. The analysis must take into account the beginning of territorial balance and the particular problems of the peripheral regions.

In (Richardson and Jensen 2000) an analysis of the ESDP was executed in 1999 focusing on two major themes: the spatial mobility and the polycentrism. From there, the investigations conducted to study the impact of the transport policies and infrastructures are developed at local level and at a plan scale. Besides, they stressed that the focus of the new territorial European Union policies strengthen a set of spatial practices on the basis of increased mobility and polycentrism.

Despite the above, the polycentrism is not directly related to transport policies, as the White Paper of Transportation² shows in its various editions since 1992, or in the Trans-European Transport Network³ reports (known as Ten-t from its plural Trans - European Transport Networks), relevant documents related to the EU transport policy, specifically to the roads. These documents point out that the improvement of interconnections in national, transnational,

² The White Paper of Transport is a document or guide that provides support for decision-making regarding transport in a single European Space.

³ TEN-T (Trans-European Transport Network). The European Transport Network is a group of priority transport network designed to facilitate the communication of people and goods throughout the European Union. They are also included telecommunications and energy networks established in 1990. The TENT-T provides the coordination of improvements to primary roads, railways, inland waterways canals, airports, ports, and traffic management system. Its main objective is the rapid international long distance traffic. The decision to adopt a European transport network was taken by the European Parliament in July 1996 for an area of 15 member countries. In 2001 the current guidelines were revised, in 2004 they were extended so they covered 27 states through 30 projects. In 2007, a new regulation was defined with respect to funding that will be effective in the 2007-2013 period. These projects are managed technically and financially by the Trans- European Transport Network executive Agency TENT-T EA, which was established in October 2006.

regional and local networks are goals of the complementarity and cooperation policies between cities. In this document, the polycentrism is bound to development corridors claiming that they are essential instruments for spatial development.

The Espo program (Territorial Development and Cohesion) is also developed and it is oriented to the consolidation of a network of observation in the development field and territorial cohesion at European level. Financed by the European Fund of Regional development with a scientific nature, it transfers the contributions made by transnational research groups to the people responsible for planning. Studies and analysis of the European territory in this paper are focused on the improvement of cohesion, competitiveness and integration.

Espo 1.1.1 2005 report entitled "Potentials for polycentric development in Europe" provides a conceptual basis for a more specialized discussion of polycentric development in Europe. This, on the one hand, provides an overview of the European urban system with regard to the functional specialization and the degree of polycentrism as well as a prospective analysis of the possible effects of polycentric regional integration for different territories in Europe. Finally, Espo makes a review of polycentricity in the different scales, intermunicipal, regional and transnational, based on each country's own political considerations.

Later, the ESPON 2.1.1 (2007) report "Territorial Impact of EU Transport and TEN-T Policies" intends to evaluate the territorial transport impacts and land use policies in the European Union, through the following points:

- Evaluation of the territorial transport impacts in the European Union and the TEN-T policies explained previously.

- Development of territorial indicators that facilitates the analyses of polycentricity by identifying typologies and concepts. It also supports the creation of a series of joint databases that facilitates make maps and empirical analyses of a statistical nature.

- Analyses of territorial trends, potentials and problems arising from transport policies in the EU at different scales and in different parts of a European territory.

- To show the influence of transport, telecommunications and energy policies, energy in spatial development at different scales.

- Provide evidence of the effects in the spatial structure of the EU policies interaction and the different countries policies referred to transport.

- To find appropriate instruments to improve the territorial coordination of sectoral policies and in the EU.

And this work belongs to what has been previously expounded, through the previous spatial planning policies, we seek a relationship between transport infrastructure and polycentrism.

2. Investigation background

The subject of this dissertation research was born from the conclusions drawn from the research for the thesis of the Master in Urban and Management Valuation. In that document, a preliminary analysis of the effect of the route of the B-40 in urban macrocephaly of the BMR was carried out, from the modelling of labor mobility for 2001 and for two situations called without and with project (Suarez 2008).

In order to know the behavior of labor mobility among the BMR, two gravitational models were applied in this work; doubly constrained gravity model (that model in which it is possible to know the total trips for origins and for destinies) that predicts the behavior of the trips in the interior of a matrix (164 municipalities of the BMR). Besides, an origin-constrained gravitational model was applied (that model in which it is only possible to know de total trips of the origins) to know how the destinies attractiveness varies.

The results obtained showed that there would be a change in the trip distribution for labor mobility, especially in those municipalities located around 30 or 40 km far from Barcelona. They also provided evidence to the trip volume increase among those municipalities. The behavior analyses of the main employment subcenters showed that the majority of them tend to strengthen their relationships with the municipalities around. Specifically for Barcelona, we observe that, even if its attractiveness did not increase, it is still the greater employment center in Catalonia.

In a work on the doctoral stage (Suarez, Cerda y Roca 2011), entitled territorial analysis by the modeling of travel, a dimensioned gravitational model to source was applied to determine a modeling structure of arrival proportions that represents change in the destinations attractiveness and in the friction role and it could even be calibrated with an observed distance matrix.

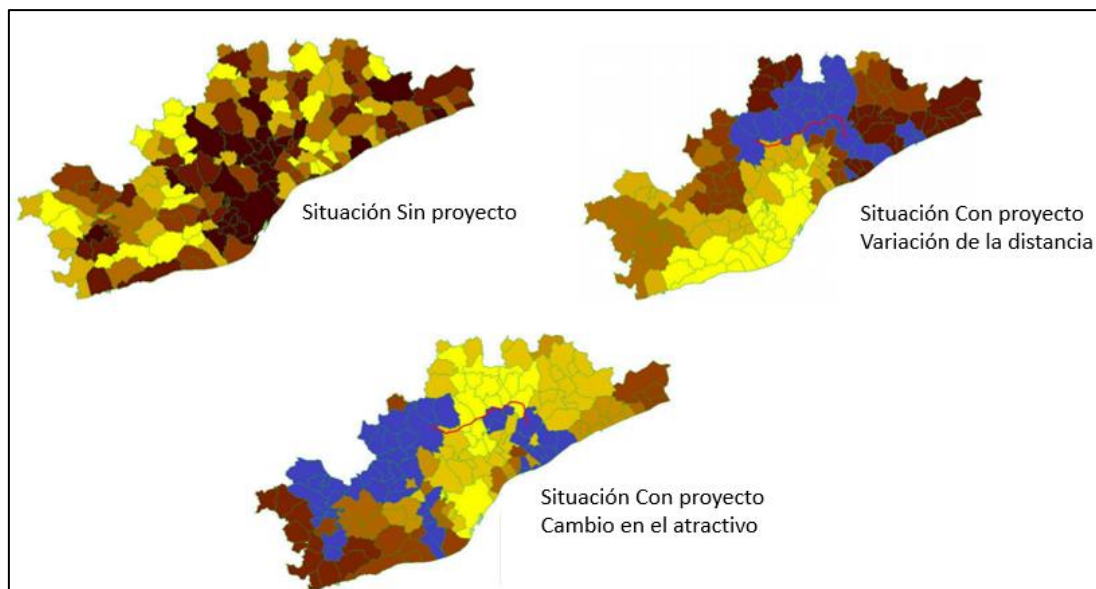
The model calculated the probability of labor travel and the changed in the attractive the travel destination according to changes in the cost matrix (in this case the cost function is represented by the distance matrix). The analysis was performed in five different situations: the current situation and the four paths referred to in the PTMB in its public exposure stage.

The results obtained noted that the path number 2 (number assigned in the publication) presented the best behavior regarding distance and attractiveness. The results agree and reaffirm the path chosen by the PTMB (see figure 2).

The preliminary investigation produced a series of important conclusions on the effect of the construction of a transport infrastructure in the territory. It was read that changes that occur were not only due to the effect of the topology of the network, but they are also the product of the change in distance and they affect location guidelines of the workers or activities. A series of concerns emerged out of previous investigations, which give cause and guide the

development of this research, investigations that have to do with the effect of transport infrastructures in the BMR urban structure.

Figure 2. Behavior of the layout of the B-40 by applying a territorial analysis



Personal compilation

3. General investigation questions

As previously explained in numeral 1, this investigation belongs to the relationships that is generated between the transport infrastructures and the polycentrism from the point of view of the spatial planning policies in the EU.

These policies are focused on building a European territory joint through the territorial cohesion that seeks for reducing the strength intensity that are generated by the spatial concentration using polycentrism to do so. This situation locates the city not as a node but as a territory that has to be interconnected spatially through communication networks, especially motorways. In this situation, different documents recognize the unifying capacity of transport infrastructures, and they attributed to them a role of integration of the different served territories.

In the previous context, the research presented in this thesis is based on the following questions of investigation:

- What effect does the construction of the B-40 has in the BMR centrality?
- What are the main attributes of mobility patterns that are generated by the construction of the B-40?
- What changes in urban structure reflect the indicators used to assess the polycentrism?

4. Objectives and hypotheses of work

The aim of this research is to analyze the impact of the motorway B-40 in the polycentrism of the BMR particularly, to quantify the effect on the polycentrism by the construction of the B-40 from the rereading of the changes in the distance and the modification of the functional relations produced by the variation of the mobility patterns. It also proposes to develop a methodological framework to assess the relationship between polycentrism and transport infrastructure.

To achieve this aim three stages are proposed. In the first stage it is intended to develop a theoretical analysis that allows us to define the relationship between transport infrastructure and territory in the BMR, as well as to perform a diagnostic of their polycentric dynamic.

A second stage encompasses the changes related to the modification of the mobility product of the construction of the B-40. The changes are directly associated with the variation in the distance and its effect on mobility patterns.

In a third phase, we analyze the impact of the project on the polycentric urban structure, through the application of different indicators that integrate morphological and functional aspects.

The working hypotheses

- The baseline scenario considers that the urban structure of the BMR is characterized by the existence of a group of cities that have their own labor market and a marked interaction with the municipalities in their immediate environment. This feature contributes to define it as a polycentric structure.
- The project of the motorway B-40, proposal from the territorial planning in line with the sectoral policies, modifies the distance between the different urban centers, creating new mobility patterns in the territory that strengthen the BMR polycentrism.

5. Structure and stages of research

The stages of research outlined above, as well as the methods used and the mathematical development that characterizes them are described in detail in Chapter 2. Furthermore, in this chapter the indicators of territorial nature used in the analyses developed in this research are explained. The following paragraphs are intended to explain to the reader in a general way the different steps comprised in the three stages attempting to explain the aim of this thesis.

Stage 1: Relation transport infrastructure and polycentrism

At this stage a wide bibliographic review has been performed, which has facilitated the development of a theoretical framework that distinguishes between two parts that are connected to identify elements of the polycentric urban structure and transport infrastructure and to define that relationship. Different studies or investigations relating to the theme were carried out in order to identify which elements had been analyzed and how they had been analyzed. This way, we establish what variables allow or facilitate to explain this relationship.

In the second part, a diagnostic of the territorial dynamics of the field of study is performed. To do so, census data of different years was used, from which we extracted information concerning the demographic evolution, the housing market, mobility, employment and occupation, of the sectors of activity totals and disaggregated by year. The carried out analyses used statistical techniques and different indicators of territorial type.

In addition, we reviewed different publications that explain the evolution of the uses of soil of the BMR. In order to expand the information of mobility obtained from the census, we consulted the survey of daily mobility EMQ (Enquesta Mobilitat Quotidiana de Catalunya) in 2006.

Along with this analysis, a careful review of the formation of the territorial scope of the BMR was developed from planning and the connection of this relationship with the urban structure was analyzed. It is also explained the formation of the BMR road network from the point of view of history and the road planning. The results of this stage are presented in chapter 1 and 3 of the thesis.

Stage 2: Analysis of the modification of the mobility of the RMB for the construction of the B-40

This stage encompasses two processes required for the calculation of the new mobility patterns generated by the B-40 construction. In the first instance, it defines the arrays of minimum distances for three different situations. In order to do this, we elaborated two graphs road that contain the main road typologies present in the BMR and, furthermore, one of them contains the B-40 path proposed in the PTMB.

The graphs or road networks come from two different sources: the graph of tele-atlas, used in the preliminary work of the stage thesis, developed with the GIS Transcad⁴, and the road network provided by Mcrit⁵ and developed with the GIS SIMCAT⁶.

⁴ Transcad is a Geographic Information System GIS developed by the company Caliper Corporation especially for professionals of transport with the object of store, display, and analyze data transport

⁵ Mcrit: Business Development and implementation of support systems for decision making in urban planning, transport and environment.

⁶ SIMCAT: Software developed by the Department of Territory and Sustainability of the Catalonia's Government. Directorate General for Transport and Mobility. Includes a model forecast demand for mobility and traffic that can develop matrices for future trips (models of generation, distribution and

A second step consists on the calculation of the minimum distance matrix with transcad SIG. This process is carried out for three situations: the first situation only considers the geographical distance between the centroids; the second situation considers the effect of the existing road system in the distance, and the third situation appended to the road network the path of the B-40.

In this second stage, we calibrate an origin constrained gravitational model to estimate the mobility generated by the construction of the B-40 in the BMR. To do so, there are two procedures: the first step is to define the mobility base or design. For this research, the mobility of design is calculated using growth factor model from the data of labor mobility of 2001, in Chapter 2 we explain widely these concepts.

In the second step, we calibrate the model for the situation without project, with mobility data of design obtained in the previous step and the minimum distances array without project (current situation) for three different periods 2008, 2014 and 2020.

The model is valid for the situation with project (future situation with B-40) using the minimum distances array with project for the three previous periods. The model throws in the two situations an array of proportions modeled, from which the mobility caused by the construction of the B-40 is calculated and used for the analysis of the changing of polycentricity. The results and analysis of the second stage is presented in the first part of chapter 4. The analyses developed in this stage intend to answer the following research questions:

- What is the effect of the change in distance in the urban structure particularly as it affects the centrality of the BMR the construction of the B-40?
- What are the main attributes of the mobility patterns that are generated by the construction of the B-40? As for the analysis period, how do the main territorial indicators defined in function of local based workers vary?

Stage 3: Analysis and quantification of morphological and functional polycentrism

In the third stage, we evaluate the polycentrism through the application of different indicators of morphological and functional type elected in accordance with the literature review and considering the mobility data obtained in the stage of modeling. The index chosen are the index of Green, the index of accessibility potential, and the index of Shannon. The analyses developed in this stage apply to different territorial areas as municipality, at the level of crowns at equal distance from Barcelona, at the level of employment subcenters and finally at the level of the

modal split) and subsequently get traffic on the road network (allocation model traffic), also calculates consumption emissions associated with mobility in private vehicles

metropolitan transport corridor (in this case exclusively for the situation with path). This analysis is performed to observe the BMR city network dynamics. In order to do so, we examine how the areas of influence of the employment subcenters of employment evolve at the level of the transport corridor.

The results and analysis are presented in the second part of chapter 4 and try to answer the following research question.

- What changes in the urban structure reflect the indicators used to assess the polycentrism?

Finally, in Chapter 5 we explain the main conclusions of the research developed.

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Estudios preliminares desarrollados en términos de empleo y de dinámicas espaciales, señalan que la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante RMB), es de carácter policéntrico como se cita en (Trullén y Boix 2000); (Muñiz, Galindo, y García 2003); (Ruiz 2008); (Roca, Marmolejo, y Moix 2009); (Aguirre y Marmolejo 2011). La investigación que aquí se desarrolla va un paso más allá al analizar la dinámica de la estructura espacial policéntrica asociada a las infraestructuras de transporte. Para el caso particular de esta investigación, se analiza el efecto de la denominada Autovía del Vallès, también conocido como Cuarto Cinturón de Ronda de Barcelona o Autovía Orbital B-40 como se denominará en esta investigación.

La autovía B-40 está ubicada en la RMB que está configurada por 164 municipios y cubre una superficie de aproximadamente 3.242 km². El territorio metropolitano, está estructurado por un gran núcleo central y una serie de coronas de marcada configuración radiocéntrica. Barcelona, es el núcleo central, en él se asienta cerca del 32% de la población total de la RMB y se caracteriza por ser el principal centro de empleo y generar aproximadamente el 70% del PIB (producto interno bruto) de Cataluña.

El resto del territorio está distribuido en franjas denominadas coronas metropolitanas. La primera corona constituye el denominado continuo urbano, presenta altas tasas de densidad (8.000 – 16.000 hab/km²) y urbanización. La segunda corona, presenta un nivel de densidad de 2146 hab/km² entre y una amplia gama de usos de suelo residencial. A partir de allí, el territorio metropolitano está formado por una serie de ciudades medias en forma de arco y unos corredores metropolitanos caracterizados por la mixtura de usos como citan (Font, Llop, y Vilanova 1999) y (Muñiz y Garcia 2005, p., 5) y cuyas densidades disminuyen a medida que se alejan de Barcelona.

La red de transporte que configura la RMB es de tipo radial, aunque en la primera corona existen algunas vías transversales paralelas a la costa. Las principales ciudades y corredores viarios se conectan con Barcelona a través, de diferentes carreteras urbanas y líneas ferroviarias que definen el patrón de urbanización (Miralles, Donat, y Barnada 2007); (Muñiz, Galindo, y García 2003). La Autovía B-40 inicia en el cruce de la AP-7 con la A-2 en el municipio de Abrera. A partir de allí discurre a través de Terrassa y Sabadell hasta llegar a Granollers en el Vallès Oriental. En este sector en el municipio de la Roca del Vallès enlaza con la C-60 para finalizar en el área municipal de Mataró (figura 1). La actual autovía B-40, está definida en el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (en adelante PTMB) del año 2010 y hace parte de la planificación sectorial, pues se contempla en el Plan de Infraestructuras de Transporte (en adelante PIT) de 2006.

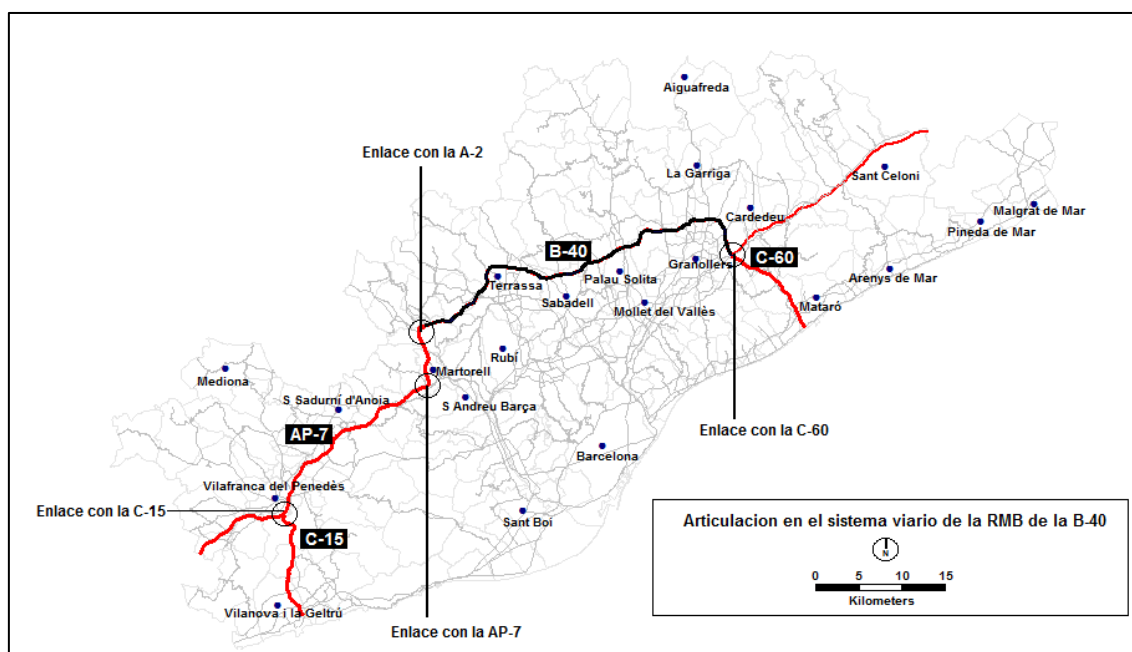
El planeamiento territorial a nivel local y nacional, le asigna a la autovía B-40 un papel decisivo, en la mejora de las relaciones horizontales entre los núcleos principales y secundarios ubicados

en la franja de 30-40 km de Barcelona. Por ello, se considera que la B-40 es un eje de gran importancia en la formación de la estructura de la red de asentamientos de la RMB.

Este trabajo se plantea posterior a la tesis de Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana, en la que se realizó un análisis preliminar del comportamiento de los flujos de movilidad por motivo trabajo a partir de dos modelos gravitatorios para dos situaciones denominadas: *sin* (situación actual) y *con* trazado (situación futura con la B-40).

Las conclusiones obtenidas en el anterior trabajo, evidenciaron que la infraestructura de transporte denominada B-40 modifica las relaciones horizontales en la RMB, debido a la *reestructuración de la distancia* entre los diferentes núcleos urbanos que la configuran. Estos resultados crearon una serie de inquietudes que motivan y guían el desarrollo de esta investigación y la dirigen a explicar el efecto de la modificación de la distancia en la estructura urbana policéntrica de la RMB.

Figura 1. Articulación en el sistema viario de la RMB de la B-40



Elaboración propia.

Los resultados obtenidos conllevan a profundizar en el análisis del impacto de la construcción de la autovía B-40 a partir de la relectura de los cambios en la distancia y la modificación de las relaciones funcionales producidas por la variación de los patrones de movilidad. Por ello, en primer lugar se desarrolla un marco teórico que define la relación entre infraestructura de transporte y policentrismo; en segundo lugar, se estiman los nuevos patrones de movilidad y en tercer lugar se cuantifican el efecto en el policentrismo funcional.

1. Alcance de la investigación en el contexto de la relación infraestructura de transporte y la estructura policéntrica

Los primeros estudios sobre la relación de la Infraestructura de transporte y territorio tienen como punto de partida el concepto de estructura urbana. La estructura urbana representa la relación espacial, económica y social que se da al interior del espacio urbano entre las distintas partes que componen la ciudad. Los elementos que configuran la estructura urbana son el sistema vial, los espacios verdes, las tramas viarias, los diferentes tejidos urbanos y los equipamientos. En la anterior definición de estructura urbana se distinguen dos medios, el medio natural y el medio construido. En este último, se ubican las infraestructuras de transporte particularmente el sistema viario que hace parte fundamental del denominado soporte infraestructural de la ciudad (Dupuy 1998) y (Herce y Miró 2004).

Las infraestructuras de transporte son elementos clave en la estructura espacial del territorio, por las relaciones que facilitan entre diferentes componentes del mismo. La intensidad de dichas relaciones definen las características de conectividad, accesibilidad y movilidad. Además facilitan la dispersión y la descentralización de las actividades urbanas. Un efecto aún más importante de las infraestructuras de transporte es su capacidad para integrar el territorio, al producir una contracción de la variable espacio – tiempo como cita (Gutiérrez 1998) haciendo referencia al trabajo de Harvey (1989). Finalmente, considerando su naturaleza técnica, las infraestructuras se diseñan con criterios de alta calidad y atendiendo a las diferentes políticas de ordenamiento que les den soporte dentro del territorio que van a servir. Todos estos argumentos contribuyen a considerar las infraestructuras de transporte como elementos de cohesión regional porque son necesarias para potenciar un desarrollo socioeconómico equilibrado como se cita en el documento de la *Estrategia Territorial Europea* (Comité de Desarrollo Territorial de la Unión Europea 1999) en adelante ETE.

La metodología propuesta en esta investigación se desarrolla en base a las investigaciones realizadas a nivel de la Unión Europea (UE en lo sucesivo). Por ello en los siguientes párrafos se hace una breve sinopsis de algunos documentos relevantes sobre políticas de transporte y de ordenamiento territorial desarrolladas por la UE con el fin de mostrar si existe relación entre infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica.

El análisis de las infraestructuras de transporte en el marco de la ordenación del territorio de la UE se centra, en el estudio de los efectos directos e indirectos que se producen a nivel de escala y tiempo sobre el sistema territorial, los agentes sociales y el medioambiente. A partir de 1983 las infraestructuras de transporte adquieren mayor importancia, ese año se publica la *Carta de Ordenación del Territorio Europeo*¹, en la que se identifica a los ejes de comunicación de transporte esenciales para lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado en

¹ Carta de Ordenación del Territorio Europeo (20 de mayo) de 1983 Torremolinos (España) documento emitido por el Consejo de Europa para definir la ordenación del territorio.

las diferentes regiones que integran el espacio europeo. Posteriormente en 1999 se aprueba la ETE que reconoce la diversidad regional, cultural y geográfica de los diferentes territorios que configuran la UE y cuyo objetivo es dotar de coherencia territorial las políticas sectoriales y maximizar su eficacia, utilizando cuatro principios: desarrollo sostenible, integración de las políticas sectoriales, cooperación entre los actores y responsables de las políticas públicas y concertación de las acciones. Los anteriores ítems confluyen en las siguientes opciones políticas:

- Diversificación de las economías rurales y revalorización de sus correspondientes paisajes
- Desarrollo de infraestructuras más accesibles, eficaces y respetuosas con el medioambiente
- Mayor dinamismo, atractivo y complementariedad de las ciudades mediante un *sistema urbano más equilibrado y policéntrico*, a través de la creación de redes de ciudades.

Este es el primer documento a nivel de la UE en el que claramente se utiliza el policentrismo como *medio o canal* para conseguir, junto con las políticas de cohesión territorial, un territorio Europeo más equilibrado, sostenible y competitivo.

La ETE insiste en la necesidad de utilizar un enfoque integrado para la mejora de las conexiones de transporte. Para ello sugiere facilitar un desarrollo de tipo policéntrico que potencie el uso eficiente y sostenible de la infraestructura. Además, hace hincapié en la importancia de las redes de transporte en la difusión de la innovación y el conocimiento. Finalmente, sugiere que las políticas de transporte deben estar enfocadas a facilitar el equilibrio territorial de todas las regiones de la UE, especialmente las regiones periféricas.

(Richardson y Jensen 2000) realizaron un análisis de la ETE de 1999 centrándose en dos grandes temas: la movilidad espacial y el policentrismo. Estos autores observaron que a partir de la publicación de este documento la mayoría de investigaciones dirigidas a estudiar el impacto de las políticas de transporte e infraestructuras en la UE se desarrollan a nivel local y a escala de plan. Además, subrayaron que el enfoque de las nuevas políticas territoriales de la unión europea potencia un conjunto de prácticas espaciales sobre la base del aumento de la movilidad y el policentrismo.

A pesar de lo anteriormente expuesto, *el policentrismo no está directamente relacionado con las políticas de transporte*, como se observa en el *Libro Blanco de Transporte*² en sus diferentes ediciones desde 1992 o en los informes de la Red Transeuropea de Transporte³ (denominadas

² El Libro Blanco de transporte es un documento o guía que sirve de apoyo para la toma de decisiones respecto al transporte en el espacio único Europeo.

³ TEN-T (Trans-European Transport Network). La Red Transeuropea de Transporte es un grupo de redes prioritarias de transporte (inicialmente 14 proyectos) pensadas para facilitar la comunicación de personas y mercancías a lo largo de toda la Unión Europea. Incluye además las redes de telecomunicaciones y energía establecidas en 1990. La TEN-T provee la coordinación de las mejoras realizadas en carreteras primarias, líneas de ferrocarril, canales de navegación interiores, aeropuertos, puertos y sistemas de gestión de tráfico. Las TEN-T agrupan una serie de vías de alta capacidad caracterizadas por su carácter internacional (cruzan varios países), largos recorridos y altas velocidades de operación. La decisión de adoptar una red transeuropea de transporte fue tomada por el Parlamento Europeo en julio de 1996 para

TEN-T de su plural en inglés Trans - European Transport Networks), documentos más relevantes referidos a política de transporte de la UE, específicamente a las carreteras. Las pocas referencias al tema estudiado que en ellos se encuentra señalan, que la mejora de las interconexiones tanto en redes nacionales, transnacionales, regionales y locales son objetivos de las *políticas de complementariedad y cooperación* entre ciudades. En las TENT-T, *se vincula el policentrismo con corredores de desarrollo* afirmando que son instrumentos esenciales para el desarrollo espacial.

Otro programa financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional que desarrolla estudios y análisis del territorio con carácter científico enfocado a la mejora de la cohesión competitividad e integración de la UE es el programa Espon (de sus siglas en inglés European Observation Network, Territorial Development and Cohesion). Su objetivo es trasladar los resultados obtenidos de los diferentes grupos de investigación a los responsables de la planificación territorial de los diferentes países miembros para que se utilicen como directrices en el desarrollo de las políticas propias de cada estado.

Particularmente, el informe Espon 1.1.1 de 2005 titulado *“Potentials for polycentric development in Europe”* proporciona una base conceptual para una discusión más formal del desarrollo policéntrico en Europa. Esto, por una parte, facilita una visión general del sistema urbano europeo en lo que respecta a la especialización funcional y al grado de policentrismo así como, un análisis prospectivo de los posibles efectos de la integración regional policéntrica para diferentes territorios de Europa. Finalmente, hace una revisión de la evolución del policentrismo a escala intermunicipal, regional y transnacional, basándose en las consideraciones políticas propias de cada estado.

Más adelante, el informe ESPON 2.1.1 de 2005 *“Territorial Impact of EU Transport and TEN-T Policies”* propone evaluar los impactos territoriales de los transportes y las políticas de ordenamiento territorial en la Unión Europea, a través de los siguientes puntos:

- Desarrollo de indicadores territoriales que faciliten el análisis del policentrismo identificando, determinadas tipologías y conceptos. También apoya la creación de una serie de bases de datos conjuntas que faciliten la mapeación y el análisis empírico de naturaleza estadística.
- Analizar las tendencias territoriales, potencialidades y problemas que derivan de las políticas de transporte en la UE a diferentes escalas y en diferentes partes de un territorio Europeo.
- Examinar la influencia de las políticas de transporte, telecomunicaciones y energía en el desarrollo espacial a diferentes escalas.

un ámbito de 15 países miembros. En 2001 se revisaron las directrices vigentes, en 2004 se ampliaron las directrices para que cubrieran 27 estados a través de 30 proyectos. En 2007 se definió una nueva regulación respecto a la financiación que será efectiva en el periodo 2007-2013. Estos proyectos son técnica y financieramente gestionados por la «Agencia ejecutiva para la red transeuropea de transporte» (Trans-European Transport Network Executive Agency, TEN-T EA), que fue establecida en octubre de 2006.

- Evaluar los efectos en la estructura espacial de la interacción de las políticas de la UE y las políticas de los diferentes países referidas a los transportes.
- Crear instrumentos para coordinar las políticas territoriales y las políticas sectoriales de cada estado con las políticas propuestas por la UE.

Y es en lo anteriormente expuesto en lo que se enmarca este trabajo, a través de las anteriores políticas de ordenación del territorio buscamos una relación entre infraestructura de transporte y policentrismo.

2. Antecedentes de la investigación

El tema de esta tesis doctoral surge a partir de las conclusiones obtenidas de la investigación realizada en la Tesis del Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana. En dicho documento se realizó un análisis preliminar del efecto del trazado de la B-40 en la movilidad urbana de la RMB, a partir de la modelización de la movilidad laboral para el año 2001 y para dos situaciones (situación actual y situación futura con B-40) denominadas *sin* y *con* proyecto (Suárez 2008).

Para ello, se aplicó dos modelos gravitatorios para conocer el comportamiento de los viajes en el interior de la RMB. Particularmente, se utilizó un modelo doblemente acotado (aquel en el que se conoce el total de viajes para los orígenes y para los destinos) para predecir el comportamiento de los viajes al interior de una matriz (para este caso de 164X164 correspondiente al número de municipios de la RMB). Además, se aplicó un modelo acotado a origen (aquel en el que sólo se sabe el total de viajes de los orígenes) para conocer como varía el atractivo de los destinos.

Los resultados obtenidos mostraron que la construcción de la B-40 produciría un cambio en la distribución de los viajes por movilidad laboral, especialmente en los municipios ubicados a unos 30 o 40 km de Barcelona. También evidenciaron el incremento del volumen de los desplazamientos entre los anteriores municipios. El análisis del comportamiento de los principales subcentros de empleo mostró que la mayoría de ellos tienden a reforzar sus relaciones con los municipios de su entorno. Específicamente para Barcelona se observó que, aunque no se incrementa su atractivo, continúa siendo el mayor centro de trabajo de Cataluña.

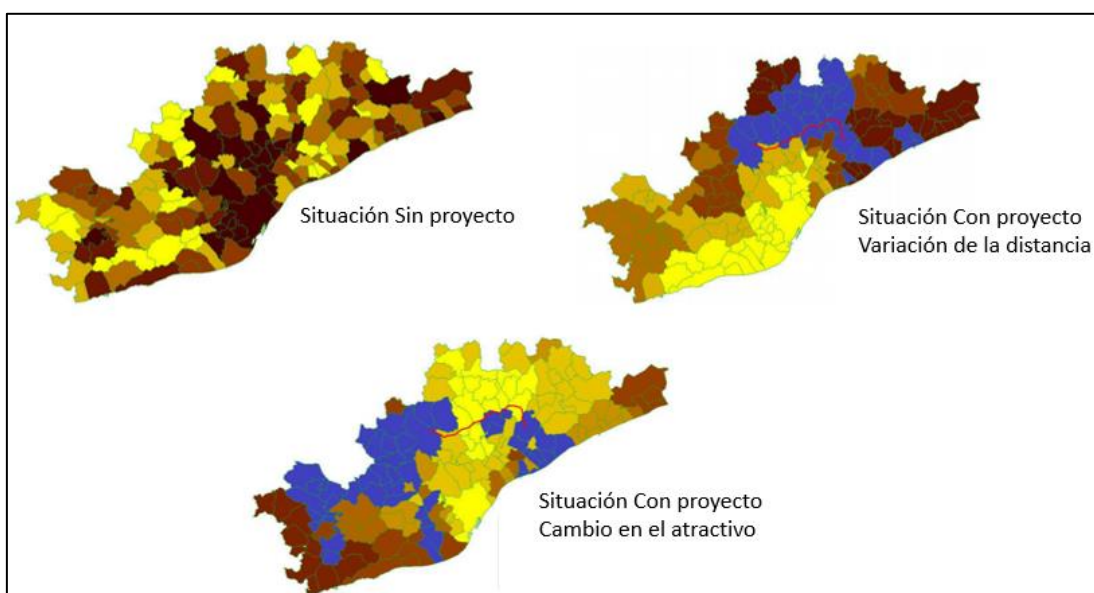
En un trabajo desarrollado en la etapa doctoral (Suárez, Cerda, y Roca 2011), titulado “Análisis territorial mediante la modelación de viajes”, se aplicó un modelo gravitatorio acotado a origen para determinar una estructura de modelación de proporciones de llegada que represente el cambio en los atractivos de los destinos y de la función de la fricción, y que además se puede calibrar con una matriz de *distancias* observada.

El modelo calculó la probabilidad de destino de viaje al trabajo o los lugares de trabajo localizado (en adelante LTL) y redireccionó los viajes en función de cambios en la matriz de coste (en este caso la función de coste está representada por la matriz de distancia). El análisis se aplicó a cinco situaciones diferentes: la situación actual y los cuatro trazados contemplados en el PTMB en su

etapa de exposición pública. Los resultados obtenidos señalaron que el trazado número 2 (numeración asignada en la publicación) presentó el mejor comportamiento respecto a la distancia y al atractivo. Los resultados coinciden y reafirman el trazado elegido en el PTMB (ver figura 2).

La investigación preliminar arrojó una serie de conclusiones importantes sobre el efecto de la construcción de una infraestructura de transporte en el territorio, básicamente, se leyó que los cambios que se producen no sólo se debían al efecto de la topología de la red, si no que también son producto de la modificación de la distancia y afectan las pautas de localización de los LTL o de las actividades. De las anteriores investigaciones surge una serie de inquietudes que dan motivo y orientan el desarrollo de esta investigación, las cuales tienen que ver con el efecto de las infraestructuras de transporte en la estructura urbana de la RMB.

Figura 2. Comportamiento del trazado 2 analizado de la B-40 aplicando un análisis territorial



Fuente elaboración propia.

3. Preguntas generales de investigación

Como se explicó en el numeral 1 esta investigación se enmarca en la relación que se genera entre las infraestructuras de transporte y el policentrismo estudiado desde la óptica de las políticas de ordenamiento territorial de la UE.

Estas políticas están enfocadas a construir un territorio europeo articulado a través de la cohesión territorial que busca reducir la intensidad de las fuerzas que genera la concentración espacial utilizando para ello el policentrismo. Esta situación ubica a la ciudad no como un nodo sino como un territorio que debe estar interconectado espacialmente a través de las redes de

comunicación, especialmente de las carreteras. En esta situación, los diferentes documentos reconocen la capacidad vertebradora de las infraestructuras de transporte a las que atribuyen un papel integrador de los diferentes territorios que cruzan.

En el contexto anterior, la investigación que se presenta en esta tesis doctoral parte de las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué efecto tiene la construcción de la B-40 en la centralidad de la RMB?
- ¿Cuáles son los principales atributos de los patrones de movilidad que se generan por la construcción de la B-40 y como afectan la estructura policéntrica de la RMB?
- ¿Qué cambios en la estructura urbana reflejan los indicadores utilizados para evaluar el policentrismo?

4. Objetivos e hipótesis de trabajo

El objetivo de esta investigación es *analizar el impacto de la autovía B-40 en el policentrismo de la RMB* particularmente, cuantificar el efecto en el policentrismo por la construcción de la B-40 a partir de la relectura de los cambios en la distancia y la modificación de las relaciones funcionales producidas por la variación de los patrones de movilidad. Igualmente se propone desarrollar un marco metodológico para evaluar la relación policentrismo e infraestructura de transporte.

Para lograr este objetivo se proponen tres etapas. En la primera etapa se plantea desarrollar un análisis teórico que permita definir la relación entre infraestructura de transporte y territorio en la RMB, así como realizar un diagnóstico de sus dinámicas policéntricas.

Una segunda etapa engloba los cambios relacionados con la modificación de la movilidad producto de la construcción de la B-40. Los cambios están directamente asociados a la variación de la distancia y su efecto en los patrones de movilidad.

En una tercera etapa, se analiza el efecto del proyecto en la estructura urbana policéntrica, mediante la aplicación de diferentes indicadores que integran aspectos morfológicos y funcionales.

Las *hipótesis de trabajo* son las siguientes:

- *La hipótesis de partida considera que la estructura urbana de la RMB se caracteriza por la existencia de un grupo de ciudades que tienen un mercado de trabajo propio y que presentan una marcada interacción con los municipios de su entorno inmediato, característica que contribuye a definirla como *policéntrica*, esto se asume para direccionar en un primer momento la metodología.*

- *El proyecto de la autovía B-40, propuesta desde la planificación territorial en consonancia con las políticas sectoriales, modifica la distancia entre los diferentes núcleos urbanos, creando nuevas pautas de movilidad en el territorio que fortalecen la estructura urbana policéntrica de la RMB.*

5. Estructura y etapas de investigación

Las etapas de investigación anteriormente expuestas, así como los métodos que se utilizan y el desarrollo matemático que las caracteriza se describen de forma pormenorizada en el capítulo 2. Además, en este mismo capítulo se explica los indicadores de tipo territorial utilizados en los análisis desarrollados en esta investigación. Los siguientes párrafos tienen como objetivo explicar al lector de manera general los diferentes pasos que engloban las tres etapas que pretenden explicar el objetivo de esta tesis.

Etapas 1: Relación infraestructura de transporte y policentrismo

En esta etapa se ha realizado una revisión bibliográfica, que ha facilitado desarrollar un marco teórico en el que se distinguen dos partes que se conectan para identificar elementos de la estructura urbana policéntrica y de las infraestructuras de transporte y definir dicha relación. Se revisaron diferentes estudios o investigaciones relativas al tema con el fin de identificar qué elementos habían sido analizados y cómo se han utilizado, y así, establecer que variables permiten o facilitan explicar esta relación.

En la segunda parte se realiza un diagnóstico de las dinámicas territoriales del ámbito de estudio. Para ello, se utilizó información censal de diferentes años de la cual se extrajo información relativa a la evolución demográfica, del mercado de vivienda, de movilidad, de empleo y ocupación, de los sectores de actividad totales y desagregados por año. Los análisis realizados se valieron de técnicas estadísticas y de diferentes indicadores de tipo territorial.

Además, se revisaron diferentes publicaciones que explican la evolución de los usos de suelo de la RMB. Con el fin de ampliar la información de movilidad obtenida del censo, se acude a la encuesta de movilidad cotidiana EMQ (Enquesta Mobilitat Quotidiana de Catalunya) de 2006.

A la par de este análisis, se desarrolló una cuidadosa revisión de la formación del ámbito territorial de la RMB desde la planificación y se analizó la conexión de dicha relación con la estructura urbana. También se explica la formación de la red de carreteras de la RMB desde el punto de vista histórico y de la planificación de carreteras. Los resultados de esta etapa se presentan en el capítulo 1 y 3 de la tesis.

Etapas 2: Análisis de la modificación de la movilidad de la RMB por la construcción de la B-40

Esta etapa engloba dos procesos necesarios para el cálculo de los nuevos patrones de movilidad generados por la construcción de la B-40. En primera instancia, se definen las matrices de distancias mínimas para tres situaciones diferentes. Para ello se elaboran dos grafos viarios que contienen las principales tipologías de carreteras presentes en la RMB y uno de ellos, además, contiene el trazado de la B-40 propuesto en el PTMB. El grafo o red viaria usado es el realizado por Mcrit⁴ y actualizado en 2008 utilizando el SIG SIMCAT⁵.

Un segundo paso consiste en el cálculo de las matrices de distancias mínimas utilizando el SIG Transcad. Este proceso se realiza para tres situaciones: la primera situación considera únicamente la distancia geográfica entre los centroides; la segunda situación considera el efecto de la red viaria actual en la distancia y la tercera situación anexa a la red viaria el trazado de la B-40.

En esta segunda etapa, se calibra un modelo gravitatorio acotado en origen para estimar la movilidad generada por la construcción de la B-40 en la RMB. Con ese fin, se realizan dos procedimientos: el primero paso consiste en definir la movilidad base o de diseño. Para esta investigación, la movilidad de diseño se calcula utilizando factores de crecimiento provenientes de los datos de movilidad laboral de 2001, en el capítulo 2 se explican ampliamente estos conceptos.

En el segundo paso se calibra el modelo para la situación *sin* proyecto, con datos de movilidad de diseño obtenidos en el anterior paso y la matriz de distancias mínimas *sin* proyecto (situación actual) para tres periodos diferentes 2008, 2014 y 2020.

El modelo se valida para la situación *con* proyecto (situación futura con B-40) utilizando la matriz de distancias mínimas *con* proyecto para los tres periodos anteriores. El modelo arroja en las dos situaciones una matriz de proporciones modeladas a partir de la cual se calcula la movilidad producida por la construcción de la B-40 y se utiliza para los análisis del cambio del policentrismo.

Los resultados y análisis de la segunda etapa se presentan en la primera parte del capítulo 4. Los análisis desarrollados en esta etapa pretenden responder las siguientes preguntas de investigación:

⁴ Mcrit: Empresa de desenvolupament i implantació de sistemes d'ajuda per a la presa de decisions en planificació urbana, de transport i de medi ambient.

⁵ SIMCAT: Software desarrollado por el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya. Direcció General de Transports i Mobilitat. Incluye un modelo de previsión de demanda de movilidad y de tráfico que permite elaborar matrices de viajes futuras (modelos de generación, distribución y reparto modal) y posteriormente obtener los tráficos en la red viaria (modelo de asignación de tráfico) y se encarga también del cálculo de consumo y emisiones asociados a la movilidad en vehículo privado

- ¿Qué efecto tiene la construcción de la B-40 en la centralidad de la RMB?
- ¿Cuáles son los principales atributos de los patrones de movilidad que se generan por la construcción de la B-40? ¿Para el periodo de análisis, como varían los principales indicadores territoriales definidos en función de LTL?

Etapas 3: Análisis y cuantificación del policentrismo morfológico y funcional

En la tercera etapa se evalúa el policentrismo mediante la aplicación de diferentes indicadores de tipo morfológico y funcional que se eligen de acuerdo con la revisión bibliográfica y considerándolos los datos de movilidad obtenidos en la etapa de modelización. Los indicadores elegidos son el indicador de Green, el indicador de potencial de accesibilidad y el indicador de Shannon. Los análisis desarrollados en esta etapa se aplican a diferentes ámbitos territoriales como municipio, a nivel de coronas a igual distancia de Barcelona, a nivel de subcentros de empleo y, por último, a nivel de corredor metropolitano de transporte (en este caso exclusivamente para la situación *con* trazado). Este análisis se realiza para observar la dinámica de las redes de ciudades de la RMB. Para ello, se examina cómo evolucionan las áreas de influencia de los subcentros de empleo a nivel de corredor de transporte.

Los resultados y análisis se consignan en la segunda parte del capítulo 4 y pretenden responder la siguiente pregunta de investigación.

- ¿Qué cambios en la estructura urbana reflejan los indicadores utilizados para evaluar el policentrismo?

Finalmente, en el capítulo 5 se explican las principales conclusiones de la investigación desarrollada.

Capítulo 1. MARCO TEÓRICO, PRINCIPALES CONCEPTOS TEÓRICOS E INVESTIGACIONES PREVIAS

Este capítulo está estructurado en tres partes diferentes. Desde el numeral 1.1 hasta el numeral 1.6 y sus respectivos subapartados se desarrolla el marco teórico de la investigación. En el numeral 1.7 se presentan los principales conceptos teóricos utilizados en la metodología y en el numeral 1.8 las principales investigaciones desarrolladas en el campo del presente estudio.

1.1 Marco teórico

La elaboración del marco teórico en esta investigación explica los principales elementos de la relación infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica. En este trabajo se entiende que la estructura policéntrica surge como resultado de la evolución de los patrones de movilidad, conectividad y accesibilidad. El marco teórico aquí presentado está organizado en tres partes: en la primera parte se expone la evolución del concepto de estructura urbana, en la segunda parte se habla sobre los efectos de las infraestructuras de transporte, enfatizando particularmente, el efecto en la estructura urbana. Finalmente, se define la relación entre infraestructura de transporte y policentrismo.

1.1.1 Tendencias en la evolución de la estructura urbana

Los últimos años del siglo XX evidencian que el crecimiento demográfico de las áreas urbanas se acerca al 47 %. En el año 2000 se cuenta con aproximadamente cuatrocientas cinco ciudades (405) que superan el millón de personas y en ellas se produce el 22.5 % del incremento de población urbana. Los sectores de mayor crecimiento se encuentran en Asia y en la región Centro y Sur de América. Las ciudades europeas y algunas norteamericanas presentan un proceso inverso, una fuerte disminución y ralentización del crecimiento demográfico o contraurbanización. (Berry 1976) señala que la pérdida de población en las zonas centrales y el crecimiento de las coronas metropolitanas se han intensificado a partir de los años sesenta. El trabajo de (Hall y Hay 1980) realizado para quince ciudades europeas reflejó la tendencia de la desconcentración de la población de los grandes núcleos. (Van der Ber et al. 1982) se realizó un estudio para diez ciudades de Europa Occidental y observaron que en el periodo comprendido entre 1960 y 1970 la población creció entre el 70 -100% en las ciudades de menos de 50.000 habitantes y en las ciudades de tamaño medio, lo que refleja un proceso de descentralización. Las anteriores investigaciones muestran como a las fases de urbanización y suburbanización le sigue un proceso de contraurbanización o desurbanización por efecto de la pérdida de la actividad económica y la disminución paulatina del empleo en los principales centros, características que muestran un cambio en el modelo monocéntrico vigente en la mayoría de urbes (Roca 2010).

El cambio de escala en el sistema urbano ha propiciado que los procesos de expansión urbana superen el límite administrativo, debido al incremento de la urbanización y el aumento de la movilidad residencia-trabajo.

Estos procesos involucran regiones enteras y dan paso a la metropolitanización urbana a escala supramunicipal (Camagni 2005), que se caracteriza por un incremento de las interacciones socioeconómicas, la integración y unificación de los mercados laborales y de vivienda.

El incremento de la movilidad es un efecto de la evolución en los transportes, el desarrollo del ferrocarril y el uso generalizado del automóvil, que progresivamente han propiciado la separación de la residencia y del trabajo, generando un imparable proceso de suburbanización y sprawl. Estos procesos están potenciados por el desarrollo de ejes de infraestructura de transporte que han estructurado el espacio de un nuevo modo, se ha creado un espacio-red en el que la linealidad, las jerarquías y el tiempo son elementos característicos (Gutiérrez 1998).

Otro efecto del cambio de escala, es la modificación del proceso de descentralización del empleo, especialmente de tipo secundario y terciario, alejándose del paradigma Christalleriano. Así, el proceso de concentración en el centro de las ciudades está evolucionando hacia la suburbanización. Ello favorece los núcleos más pequeños y alejados de la aglomeración central principal. Se empieza a observar nuevas formas de ciudad como las Edges Cities y se demuestra además, que las dinámicas urbanas no están ocurriendo solo al interior de las ciudades sino que se generan entre sistemas de ciudades o entre una ciudad y el territorio circundante o territorios más alejados (Garmendia 2010).

Las anteriores dimensiones del fenómeno urbano se explican a través de la evolución de la *estructura urbana* entendida como la relación entre la organización espacial de las actividades urbanas y la estructura física que las aloja. Así se tiene una primera aproximación al concepto de estructura urbana, como el instrumento que expresa en un único modelo el conjunto de las principales variables que tiene una ciudad. La estructura urbana es una construcción teórica y una herramienta que define el modelo de ciudad que se puede planificar. También es un elemento que permite interpretar la forma urbana a partir de la localización de los usos de suelo y de la intensidad de los mismos (Capel 1974).

La estructura urbana está constituida por diferentes elementos físicos destinados a distintas actividades. La distribución de estos elementos en el espacio determina la existencia de diversas zonas en la ciudad que se corresponden con los usos de suelo. Asimismo, está condicionada por factores de tipo demográfico, social, económico, físico natural, administrativo y legal.

Los componentes más importantes de la estructura urbana son: los usos de suelo, la vialidad y el transporte, las infraestructuras y los servicios y los equipamientos urbanos. Así el concepto de estructura urbana además de representar la organización, depende de la escala y de las redes de transportes. En (Weber 1971) se define la estructura urbana a partir de tres elementos: los flujos (información, dinero, personas y bienes), las redes de transporte y la localización de actividades. (Sohn 2004) enfatiza el papel de la red de transporte en la definición de la estructura urbana. Finalmente, cuando se habla de estructura urbana se hace referencia a dos escalas que

son complementarias entre sí, la escala intraurbana propia de la ciudad cuyo análisis se hace desde la teoría de la interacción de suelo y la escala territorial que hace referencia al territorio que organiza la ciudad y en la que se desarrollan relaciones, jerarquías y cuyo estudio se hace desde la teoría de sistema de ciudades.

Los primeros estudios sobre estructura urbana y territorial se desarrollan durante los años 20, en ese momento cada área del conocimiento enfocaba sus investigaciones a sus campos particulares, así por ejemplo desde la economía interesaba las áreas de mercado y las relaciones comerciales, como se evidencia en los trabajos de Reilly de 1931. Desde la sociología se estudia la relación entre el comportamiento y las actitudes urbanas. La geografía explica la conexión de la ciudad y su área de influencia, abordando el concepto de región, en este enfoque tienen igual importancia las diferentes funciones del medio físico como la agricultura, el sector de la industria, el comercio y el transporte que incorpora los flujos y las relaciones que organizan el entorno territorial o regional de la ciudad.

1.2 Enfoques conceptuales de la estructura urbana

Existen diferentes enfoques para estudiar la estructura urbana, tradicionalmente se habla del *El enfoque funcionalista* cuando se analizan las relaciones entre los diferentes elementos que configuran la estructura urbana, a partir de la ubicación de las actividades en el territorio como reflejan los trabajos de (Webber et al. 1970) y (Foley 1970) los cuales están enfocados a estudiar el ordenamiento de las actividades en el espacio urbano.

Este enfoque considera que la morfología de la ciudad es el producto de la dinámica de las actividades urbanas, en las que se distinguen tres niveles, los patrones culturales derivados del consenso social de acuerdo con (Yujnovsky 1971), las diferentes actividades y el soporte infraestructural del que hace parte las infraestructuras de transporte, las cuales fortalecen el papel de las actividades como determinantes de la estructura urbana. La planificación adapta el espacio material a la demanda de actividades, es decir el espacio existe y en él se inscriben las actividades.

(Pumarino 1974) dice que cada uno de los anteriores elementos posee una serie de relaciones internas que, a su vez, requieren elementos físicos para existir y desarrollarse; en definitiva lo que pretende el enfoque funcionalista es detectar los principios que explican la inserción de las actividades en lugares específicos del espacio.

La ciudad es un producto histórico en el que se genera una interdependencia entre los aspectos técnicos (medios de producción, bienes y servicios) y los diferentes grupos sociales (visión clásica). A través del análisis de tipo demográfico, social, económico y ambiental desde este enfoque se busca explicar la ciudad. Los trabajos de (Castells 2003), (Harvey y González Arenas 1977) y (Lojkine 2002) están desarrollados desde este enfoque, en él que además se considera el espacio como un producto de las relaciones sociales. Desde esta perspectiva, el espacio urbano se define desde el consumo y la producción, es decir, a partir de las actividades necesarias para construirlo.

En síntesis los elementos que definen la estructura urbana son los grupos sociales que actúan dentro de cada actividad, los medios de producción que se utilizan y los bienes urbanos. Lo anterior se traduce en un consumo diferenciado de los productos, o sea, de los bienes y servicios. En otras palabras, el enfoque clásico además de estudiar la interdependencia técnica entre las actividades urbanas en un espacio ya construido, tiene en cuenta las relaciones sociales que se dan en él con el objeto de definir lo que se consume y lo que se necesita construir. En resumen, este enfoque consta de dos puntos: la ciudad como pieza elaborada y construida y la renta del suelo que es el principal modo de producción

1.3 Teorías y modelos que explican la estructura urbana

Los primeros estudios sobre estructura urbana están enfocados al análisis del monocentrismo, fueron desarrollados por los sociólogos de la Escuela de Chicago. Las bases de estos trabajos se encuentran en la biología, los modelos desarrollados desde este campo se formularon a partir de tres conceptos ecológicos: *de competencia, de dominación y de invasión – sucesión*. El principio de competencia hace referencia al espacio, este proceso deriva en la segregación de actividades y personas cuyo resultado es la organización interna de la ciudad. La dominación hace referencia al lugar donde confluyen las actividades y relaciones más importantes y se denomina Central Business District en adelante CBD y el proceso de invasión - sucesión hace referencia a la sustitución de las áreas residenciales en función del nuevo uso. Los principales trabajos dentro de esta escuela relacionados con la estructura urbana son los desarrollados por Burgess (1923), Hoyt (1939) y Harris y Ullman (1945).

Otras disciplinas que han contribuido con diferentes modelos al estudio de la estructura urbana son las ciencias sociales y la economía. Las ciencias sociales, consideraban que los modelos de la escuela de Chicago adolecían de elementos que se relacionaran directamente con el ser humano que es quién crea la ciudad. (Firey 1945) desarrolló un trabajo para Boston en el que se hizo palpable que las condiciones de los moradores de un determinado lugar lo condicionan en función de las tradiciones sociales y culturales que posean y contribuyen a fijar el valor del suelo.

Desde la economía, se desarrollaron diferentes teorías que tienen su base en el *modelo de localización de Von Thünen*, extrapolado al espacio urbano (Alonso 1964). Las actividades económicas y los sujetos compiten por el espacio buscando la máxima rentabilidad o beneficio. Este enfoque considera que el centro es el lugar de mayor accesibilidad y de mayor coste de suelo. Los modelos se desarrollan en base a la localización de los usos de suelo y de los agentes sociales que intervienen en el proceso, consideran que la ciudad está ubicada en un plano homogéneo, el centro o CBD es el lugar de mejor accesibilidad, el coste de transporte es la única variable adicional a considerar, el sistema de transporte se distribuye uniformemente por la ciudad y su coste es proporcional a la distancia y los bienes, servicios y factores productivos están repartidos de forma uniforme. En base a las anteriores premisas se distribuyen los usos del suelo urbano en una serie de coronas concéntricas, las que se encuentran ubicadas más próximas al centro albergan las actividades económicas más rentables y pagan altos alquileres.

La competencia por el espacio central se manifiesta de forma distinta según la función urbana que se considere. Cada actividad económica ha de ser capaz de pagar un precio o renta por su ubicación en la ciudad. El precio ha de ser inversamente proporcional a la distancia al centro, ello genera unas curvas de renta que reflejan el comportamiento de la oferta en función de la localización con respecto al centro. Las demás actividades muestran curvas de renta que descienden de acuerdo con la distancia al centro y a la renta. Al superponer las diferentes curvas de renta se obtiene una serie de puntos de intersección, que indican los límites donde termina la ocupación del espacio para un determinado uso del suelo y comienza la del siguiente. Las aproximaciones clásicas sobre el estudio de la estructura urbana sólo consideran el análisis de la distribución espacial de la densidad del empleo y le atribuyen poco valor a la concentración de la fuerza de trabajo en la generación de estructura urbana.

Posteriormente desde esta disciplina a partir del modelo monocéntrico y considerando la existencia de múltiples centros que requieren estar en equilibrio surgen los modelos denominados endógenos (White 1999), que consideran los costos de transporte, las economías de aglomeración, y las denominadas deseconomías debidas a las externalidades y que dan inicio al proceso de la descentralización de la actividad económica.

Desde esta disciplina académica también se considera a las ciudades como nodos vertebradores de los flujos que interactúan entre ellos. La fusión e interacción de las infraestructuras, las personas y las actividades económicas crean la ciudad. El proceso de interacción se manifiesta a través de las tecnologías de la construcción y de los transportes que está condicionada además por la fortaleza histórica de la formación de la ciudad (Besussi et al. 2010).

Las ciudades se agrupan en sistemas urbanos que requieren de la dotación de infraestructuras de transportes y comunicaciones para su articulación y garantizar el desarrollo de economías externas ya sean de aglomeración o ambientales.

De acuerdo con el tamaño de las diferentes ciudades que configuran un sistema urbano y de la intensidad de las relaciones entre ellas, se habla de sistemas urbanos monocéntricos y policéntricos. A continuación se describe alguna característica de los mismos.

- El Sistema urbano *monocéntrico primado*, es aquel en el que la ciudad principal sobresale sobre las otras, es decir en ella se centraliza la mayor parte de la actividad.

- El sistema *monocéntrico equilibrado*, se caracteriza porque además de poseer una ciudad central de gran peso económico, existe una red de ciudades secundarias que presentan competencia sobre todo a nivel económico.

- El sistema *policéntrico* caracterizado por la presencia de dos o más ciudades importantes, entre las que existen fuertes relaciones.

Lo expuesto anteriormente evidencia la relación entre infraestructura de transporte y estructura urbana. Los adelantos tecnológicos del transporte y de las vías de comunicación a partir del inicio del siglo XIX, han definido la clase y la intensidad de las relaciones entre los diferentes

asentamientos, además han modificado las pautas de ubicación de la población, generando así nuevas formas de ciudad y territorio (Meijers et al. 2012).

1.4 Revisión del concepto de policentrismo

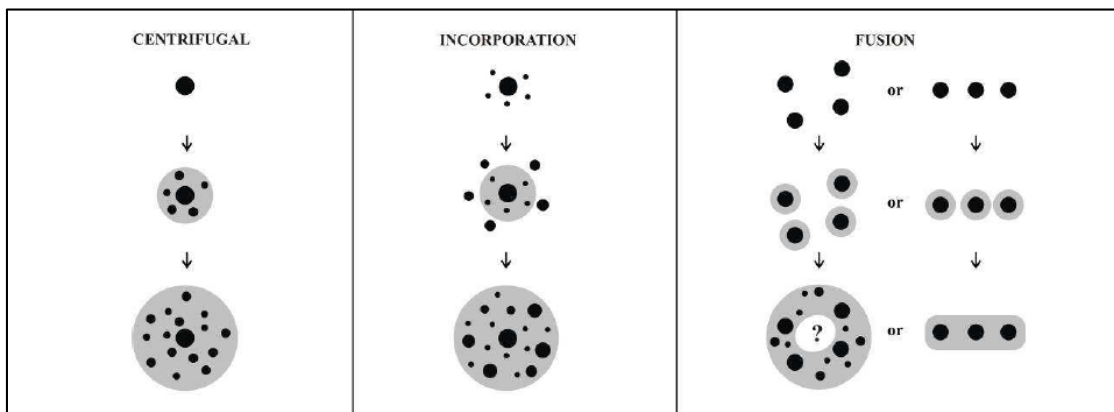
Para aproximarse al concepto de policentrismo es necesario considerar la interacción entre las economías de aglomeración (aquellas derivadas de la utilización colectiva de las infraestructuras de transporte, de comunicación y de los servicios urbanos); las deseconomías de aglomeración (aquellas relacionadas con la congestión urbana, la contaminación y la concentración geográfica de la población y de la industria) y los costes de transporte, estos tres elementos conducen a diferenciar el concepto de policentrismo y dispersión. A partir de allí, se pueden construir al menos cuatro relaciones teóricas entre la dispersión y el policentrismo. El primer enfoque considera que la dispersión es posterior al policentrismo y es el resultado de la pérdida de peso de los centros y subcentros a favor de las periferias de forma discontinua y poco densa (Gordon y Richardson 1996). Un segundo enfoque considera que el policentrismo es el resultado de la dispersión ya que áreas dispersas pueden configurar subcentros periféricos de empleo (Giuliano y Redfearn 2005). En tercer lugar se puede considerar que el policentrismo y la dispersión son procesos contrarios que se producen por el papel dinámico de las políticas de ordenamiento del territorio que a través de la planificación generan un modelo policéntrico caracterizado por forzar densidades periféricas de población y empleo (Torrens y Alberti 2000). El cuarto enfoque consiste en considerar el policentrismo equivalente a la dispersión como explica (Galster et al. 2001).

El concepto de policentrismo tiene diferentes orígenes como acota el trabajo de (Davoudi 2003), los trabajos más relevantes sobre policentrismo se han desarrollado desde la economía y la geografía. Las investigaciones que provienen de la economía buscan ampliar la parte teórica del concepto mientras, que la geografía y otras disciplinas profundizan en la parte empírica. Algunos autores como (Champion 2001) insisten en la importancia del contexto histórico en la formación de la estructura policéntrica de las ciudades.

En su trabajo propone tres maneras que pueden originar el policentrismo. A la primera la denomina modo centrífugo porque se produce por la integración de los polos que surgen alrededor de una gran ciudad y que adquieren un gran peso económico y funcional. La segunda manera la designa modo de incorporación porque se produce cuando un gran centro incorpora pequeñas ciudades de su entorno y la tercera recibe el nombre de modo de fusión porque es el producto de la unión de varios centros de similar tamaño y dependientes entre sí como se observa en la figura 3.

Otros autores consideran además, que el policentrismo es el resultado de un alto grado de interdependencia entre polos o centros y su hinterland o zona de influencia, condición necesaria para diferenciar policentrismo de dispersión. El policentrismo posee dos magnitudes, analítica y normativa (Parente y Pessoa 2009), la dimensión analítica se utiliza para evaluar un sistema policéntrico que ya existe o emerge en función de las oportunidades de cooperación y la dimensión normativa se usa como punto de partida para actuar como principio director en las políticas de ordenamiento territorial y de planificación como es el caso de la ETE de 1999.

Figura 3. Evolución de las regiones urbanas policéntricas desde el contexto histórico



Fuente. (Champion 2001b)

1.4.1 Escalas del policentrismo

El policentrismo se puede evaluar en diferentes escalas espaciales. Particularmente, en la escala intraurbana y en la escala interurbana los trabajos de (Kloosterman y Musterd 2001); (Davoudi 2003); (Meijers 2007) han identificado diferentes patrones de policentrismo

En la *escala intraurbana* el patrón policéntrico se observa por la presencia de múltiples centros alrededor de un centro tradicional o distrito central de negocios (una ciudad y sus satélites). Se considera que las ciudades post industriales pertenecen a este grupo de acuerdo con (Hall 1997) y (Lambregts 2009). En la *escala interurbana*, el policentrismo hace referencia a la agrupación de ciudades que configuran regiones urbanas caracterizadas por poseer sistemas históricos diferentes y ser administrativamente y políticamente independientes. En estas regiones urbanas las ciudades están próximas entre si y no existe una ciudad dominante a nivel político, económico, cultural o de cualquier índole (Kloosterman y Musterd 2001); (Hall y Pain 2015)

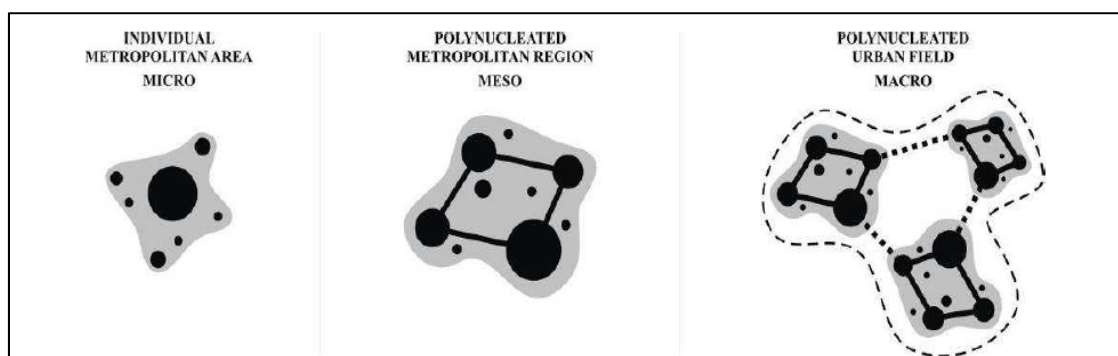
Las regiones urbanas policéntricas reciben diferentes denominaciones, algunos autores como (Camagni y Salone 1993) las designan redes de ciudades, otros les llaman ciudades-regiones multinúcleos (Westin y Östhol 1994), ciudades en red (Batten 1995) o regiones metropolitanas polinucleadas (Faludi 2004). Autores como (Kloosterman y Musterd, 2001; Davoudi, 2003) han sugerido que para diferenciar a que escala de policentrismo se hace referencia es necesario analizar al menos las siguientes cuatro dimensiones la forma física, las políticas de ordenamiento territorial, las relaciones funcionales y comportamiento de la economía.

(Champion 2001) identificó tres tipos de escalas que están en función del contexto territorial que se analiza (figura 4). La primera es la denominada área *metropolitana* que está configurada por un área urbana de cierto tamaño y peso que incluye diferentes suburbios o subcentros de empleo (caso americano). La segunda hace referencia a la *región metropolitana polinucleada*

Efectos de la construcción de la autovía orbital B - 40 en la estructura urbana policéntrica de la Región Metropolitana de Barcelona (RMB)

caracterizada por ser un territorio configurado por una serie de ciudades muy uniformes y que tienen gran interdependencia entre sí. Finalmente, la denominada *región urbana polinucleada* que comprende un vasto territorio configurado por diferentes ciudades, sectores de menor urbanización y existe la tras-nacionalidad porque excede los límites de las naciones (las dos últimas se observan en el territorio europeo).

Figura 4. Escalas espaciales de los sistemas policéntricos en función del contexto territorial



Fuente. (Champion 2001b)

A nivel europeo el proyecto (ESPO 2003) habla de tres escalas de policentrismo: micro, meso y macro, cada una de ellas abarca determinadas escalas territoriales y posee unas determinadas características. A partir de ellas se desarrollan las diferentes políticas espaciales en la unión europea (tabla 1).

Tabla 1. Características de las diferentes escalas del policentrismo

Escala de policentrismo	Escala territorial	Objetivos de las políticas territoriales y modelos de desarrollo propuesto
Micro	Intra-regional	Competitividad regional, reestructuración regional y desarrollo endógeno. Redes urbanas
	Inter-urbano	
Meso	Inter-metropolitano	Disminuir las diferencias entre los núcleos centrales y las ciudades secundarias. Integración regional y transnacional. Políticas de cohesión y competencia.
	Inter-regional	
Macro	Europea	Equilibrio centro-periferia. Definición de polos de crecimiento estratégicos.
	Europea+2	

Fuente: Informe Espo 1.1.1 tercer informe provisional (2003.p. 48)

1.4.2 Elementos que definen el policentrismo

El informe (Espon 2005) identifica tres elementos cuya relación definen el nivel de policentrismo, la morfología de las regiones, las relaciones entre las diferentes áreas urbanas y la gobernanza que hace alusión a los diferentes procesos y reglas que se crean para dirigir dentro de un estado sus instituciones económicas, políticas y administrativas, a continuación se explica brevemente cada una de ellas.

- Morfología

La morfología de una región urbana hace referencia a la forma y distribución en el espacio de las actividades físicas que en él se ubican. En este sentido los estudios realizados buscan analizar los patrones de deslocalización de la población y en especial el comportamiento del empleo. La descentralización del empleo es un parámetro espacial temporal que refleja la evolución de un territorio, los trabajos de (Cervero 1996); (Genevieve y Small 1991) conducen a la definición de subcentros de empleo en función del número de lugares de trabajo .

Posteriormente autores como (Gordon y Richardson 1996) fortalecen el concepto de subcentro involucrando el transporte y los usos de suelo. (Kloosterman y Musterd 2001) definen cinco características morfológicas de una región policéntrica: reunión de ciudades de origen histórico diferente, reunión de ciudades de igual importancia y peso económico, asociación de una gran ciudad con varias ciudades pequeñas y próximas entre sí, unión de áreas urbanas coalescentes próximas y agrupación de ciudades políticamente distintas entre sí.

- Relaciones entre áreas urbanas

Las relaciones entre los sistemas urbanos reciben el nombre de sinergias, agrupan tres tipos de relaciones, cooperación, complementariedad y las externalidades relacionadas con ellas. Básicamente se requiere de la presencia de dos o más ciudades denominadas nodos que tengan relaciones funcionales entre sí.

- Gobernanza

La gobernanza atribuye diferentes competencias de acuerdo a la escala en la que actúa. Se vale de diferentes agentes públicos o privados para definir políticas que regulen la organización territorial y la urbanización de un determinado sector como en la (Europea 1999).

1.4.3 Clases de policentrismo

Las investigaciones experimentales, diferencian dos criterios para el análisis del policentrismo: el criterio morfológico que hace referencia a la distribución del tamaño de los asentamientos en el territorio y el criterio funcional. Para (Burger y Meijers 2012a) y (Green 2007) la dimensión relacional es la base del policentrismo funcional. Las conexiones funcionales entre los núcleos dan lugar a relaciones multidireccionales entre los centros de un sistema urbano. Los anteriores criterios de policentrismo pueden ser complementarias ya que la dimensión funcional no excluye la dimensión morfológica, sino que se amplía para incluir la interacción funcional entre los centros urbanos. A nivel europeo el informe Espon sugiere analizar el policentrismo de los sistemas urbanos en base a tres dimensiones: tamaño, ubicación y conectividad.

1.4.3.1 Policentrismo morfológico

En general los estudios realizados dentro del criterio morfológico analizan la forma y la distribución de la densidad de la población o de lugares de trabajo de las áreas metropolitanas y su continuo urbano, estos estudios generalmente se realizan a nivel de escala metropolitana y escala regional, están enfocados a la detección de subcentros. La mayoría de ellos, parten de la teoría de la renta ofertada. Los métodos más utilizados para el análisis dependen del elemento estudiado. Cuando se tiene en cuenta la estructura del empleo frecuentemente se utiliza los picos de densidad de empleo, umbrales de referencia, métodos paramétricos y métodos no paramétricos. Si lo que prima es el tamaño de los asentamientos y su distribución se utiliza la regla rango tamaño, indicadores de entropía, la autocorrelación espacial de densidad o el indicador de Gini. Las investigaciones realizadas en el campo del policentrismo morfológico, utilizan diferentes variables en función de la estructura del empleo o trabajo, el tamaño de las ciudades y de las propiedades demográficas.

Dentro de las investigaciones más importantes cuya base es la estructura del empleo sobresalen (McDonald y McMillen 1990);(García y Muñiz 2007); (Carlos Marmolejo y Roca 2008); (Masip y Roca 2011); (De Ureña, Pillet, y Marmolejo 2013).

Respecto a los trabajos realizados en función del tamaño de las ciudades y de indicadores demográficos, se encuentran los trabajos de (Stewart y Warntz 1959); (Hagett 1976) y (Chorley y Haggett 1967), (Meijers 2006).

Para el caso español dentro de los trabajos que utilizan el análisis de la densidad sobresalen los realizados por (Muñiz, Galindo, y García 2003); (Ruiz 2008); (Aguirre y Marmolejo 2011); (Carlos Marmolejo y Cerda 2012) y (De Ureña, Pillet, y Marmolejo 2013).

Por parte de la UE, en el informe Espon 1.1.1 de 2005 se hace una revisión de los diferentes métodos para evaluar el policentrismo. Así mismo, propone una serie de indicadores que permiten evaluar el policentrismo morfológico.

1.4.3.2 Policentrismo Funcional

Los trabajos desarrollados dentro de este concepto analizan la naturaleza de las conexiones funcionales entre los diferentes puntos del territorio. El criterio funcional tiene su origen en la teoría de las redes como señala (Berry 1976). Este criterio potencia las economías de red de acuerdo con (Boix y Trullén 2011). Las conexiones funcionales son especialmente de dos tipos de relaciones complementariedad y relaciones cooperación.

Las principales investigaciones desarrolladas para evaluar el policentrismo funcional se basan en los elementos de las redes y los flujos tal como expresan los trabajos de (Green 2007) y (Meijers 2005). Para cuantificar el policentrismo funcional, se han creado una serie de indicadores que usan diferentes enfoques y tratan de incluir la interacción entre los diferentes elementos de la red. Algunos están dirigidos al análisis de la entropía y la simetría de los flujos, otros analizan la centralidad, la interacción, la jerarquía como se ve en los trabajos de (Boix 2002); (Limtanakool 2006); (Limtanakool, Schwanenb, y Dijstb 2009); (Burger y Meijers 2012b); (Gallo y Garrido 2011) y (Viñuela, Fernández, y Rubiera 2011). En este grupo también existen otros criterios que utilizan los modelos de interacción espacial, es el caso de (De Goei et al. 2010).

(Green 2004) propone un indicador que utiliza los principios de la teoría de grafos desarrollada por (Hagget, 1965); (Chorley y Hagget, 1967) y (Tinkler, 1977) como cita en su artículo. Considera que los núcleos urbanos hacen de nodos de una red y entre ellos se establecen relaciones de complementariedad de diferente naturaleza, es decir, entre personas, flujos de energía, flujos informáticos y materiales. En España se han realizado diferentes trabajos que utilizan análisis de flujos como los desarrollados por (Trullén y Boix 2003); (Pillet et al. 2010); (Feria 2010); (Roca, Arellano, y Moix 2011); (Solís, Ureña, y Ruíz 2012) y (Marmolejo, Masip, y Aguirre 2013).

La revisión del concepto de policentrismo hasta aquí realizada conduce a concluir que la estructura policéntrica es el resultado no sólo de diferentes centros ubicados en el territorio, sino de la cantidad e intensidad de las relaciones que se generan entre ellos. En este sentido, para esta investigación lo referente a las relaciones tiene gran importancia porque involucra el concepto de flujos y de infraestructura de transporte ya que representa el canal por el cual se producen las relaciones.

1.5 El papel de la movilidad en la organización funcional del territorio y su relación con la Infraestructura del transporte

Las Infraestructuras de Transporte de cualquier tipo (carreteras, autopistas, vías férreas, puertos, aeropuertos, etc.) forman redes que se extienden sobre el territorio y están interconectadas entre sí, con el fin de poner en comunicación distintos puntos y regiones. Su influencia en el territorio depende de la intensidad de las relaciones que se producen entre los distintos ámbitos funcionales o económicos. Son fundamentales en el proceso de ordenación del territorio y en las políticas regionales.

Los trabajos desarrollados por Christaller (1933) desde la teoría de los lugares centrales explican el tamaño, el número y la distribución de los asentamientos y las funciones, para interpretar la jerarquía urbana. Estos trabajos utilizan la regla rango tamaño, la ley de Zipp o índice de primacía.

Los estudios realizados a partir de mediados de los años setenta analizan el territorio a partir de variables demográficas, de factores físicos de ordenación del territorio, de las redes de transporte y desde las dinámicas industriales o agrícolas. El cambio en la población, el comportamiento y la distribución de esta, es un primer intento de aproximación al estudio de la estructura del territorio. Las funciones urbanas justifican la existencia de la ciudad, a partir de ellas se determina el grado de centralidad de los distintos asentamientos. Una primera aproximación del empleo de las funciones urbanas fue, la clasificación funcional de las ciudades a través de cifras de población ocupada en las distintas ramas de la actividad.

Finalmente, el estudio de las redes urbanas pasa por el análisis de los flujos, los intercambios y los desplazamientos (Díaz 2010) cita el trabajo de Bertrand y Wolff (1999), es decir parte de una información de tipo dinámico, para mostrar la interacción o relaciones generadas por las fuerzas presentes. El empleo de datos dinámicos o flujos implica habitualmente la determinación de los núcleos o lugares centrales que organizan el territorio, y la delimitación de un área de influencia en torno a estos.

En los años setenta debido al incremento de la motorización se hace evidente el cambio de la organización del espacio. Se observan en el territorio nuevas estructuras urbanas y territoriales, producto de las nuevas formas de urbanización que disipan sus límites entre el campo y la ciudad, el concepto de ciudad se determina por un conjunto de relaciones y flujos que consolidan una unidad social y funcional mucho más amplia.

En este escenario, la movilidad de la población aumenta debido a la mayor capacidad económica. Ello implica un aumento de los índices de motorización y la mejora de las infraestructuras de transporte y telecomunicaciones, que conllevan al incremento de la integración territorial de las ciudades. El aumento de las distancias entre el lugar de residencia, el trabajo y las actividades comerciales modifica los patrones de movilidad. Por lo tanto los desplazamientos laborales o la denominada movilidad obligada (nombre con el que se designa a los desplazamientos realizados para ir del trabajo a la residencia y viceversa) se consolidan como las nuevas variables de análisis.

La movilidad residencia-trabajo además, permite definir el tamaño funcional de los centros urbanos pequeños o intermedios y explica la existencia de los diferentes procesos de integración territorial. También refleja la organización y explica las relaciones de jerarquía en el territorio facilitando, la delimitación de las áreas de influencia de los grandes centros. Los desplazamientos por motivo trabajo cada vez cubren mayores distancias. En resumen el análisis de la movilidad obligada permite comprender, la evolución de un territorio y su organización funcional.

1.5.1 Relación entre las infraestructuras de transporte y el territorio

La relación entre las infraestructuras y el territorio ha sido discutida y analizada desde diferentes disciplinas, existen innumerables estudios al respecto. El marco teórico aquí expuesto tiene en cuenta los efectos de las infraestructuras desde el punto de vista de la estructura urbana. De acuerdo con la revisión bibliográfica hecha durante esta investigación y en consonancia con lo que se pretende demostrar, los efectos de las infraestructuras que han sido abordadas están definidas en función de la localización de las actividades principalmente. El análisis se realiza utilizando datos de movilidad laboral (flujos residencia trabajo) y considerando los diferentes elementos que constituyen la infraestructura viaria como: nodos, tramos y accesos.

Para explicar la anterior relación y sus efectos, es necesario primero llegar a una definición consensuada de que se entiende por infraestructura de transporte y sus efectos para esta investigación en particular. En primera instancia se define que se entiende por infraestructura de transporte y en un segundo paso se explica que se entiende por efectos de las infraestructuras.

En primera instancia las infraestructuras de transporte se caracterizan por ser persistentes en el tiempo, irremplazables, configurar unidades y tener un carácter polifuncional. De acuerdo con lo anterior, el término infraestructura es muy difícil de acotar, así existen diferentes definiciones en función del campo de estudio en el que se utiliza. Con el objeto de presentar una definición sencilla y que abarque el objetivo de esta investigación, se acude al trabajo desarrollado por (Hansen 1965). Este autor realiza una clasificación de las infraestructuras teniendo en cuenta sus características económicas y sociales.

La *clasificación económica* se realiza en función de la actividad productiva. Comprende el sistema de estructuras, instalaciones y servicios que facilitan el intercambio económico generalmente, tienen carácter público y representan un capital fijo debido al alto coste de su construcción, los largos periodos de amortización y a los elevados riesgos que representa su construcción. A este grupo pertenecen las siguientes infraestructuras:

- Las Infraestructuras de servicios públicos: redes de electricidad, redes de abastecimiento de agua, red de saneamiento y tratamiento de aguas residuales o recogida de residuos sólidos, etc.
- *Infraestructuras de transporte: viaria, ferroviaria, puertos y aeropuertos.*
- Infraestructura de telecomunicaciones: radio, televisión, teléfono o telefonía móvil, fibra óptica.

En función de los servicios que las infraestructuras prestan se elabora la *clasificación social*, a este grupo pertenece: los sistemas educativos, sanitarios, culturales, de seguridad y administrativos. De otro lado, desde la economía Bandrés E realiza una clasificación en función del soporte teórico y del interés funcional como cita (Pópulo 2002).

Este autor diferencia las infraestructuras en tres grupos: las técnicas que están directamente relacionadas con la actividad productiva, son de carácter público y representan un capital fijo. Las sociales que cubren necesidades especiales, crean capital humano y afectan directamente el sistema productivo y los equipamientos que están relacionados con la calidad de vida es decir, el bienestar colectivo.

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, en el contexto de esta investigación la infraestructura de transporte representa un *elemento* de alto carácter técnico que facilita la movilidad de bienes, servicios y personas. Las infraestructuras de transporte están dotadas de un carácter social, económico, histórico y geográfico que facilitan la estructuración del territorio y condicionan su crecimiento. Son los principales canales a través de los cuales se produce el funcionamiento urbano porque facilitan la interrelación del aspecto urbanístico y socioeconómico.

En el segundo paso se define qué se entiende por efectos de una infraestructura. Los efectos de las infraestructuras de transporte considerados en este trabajo dependen básicamente de tres elementos complementarios entre sí. El primer enfoque está relacionado con las características y dinámicas propias del lugar donde se construyen y dependen además de las acciones políticas que intervienen en el medio. (Bellet, Alonso, y Casellas 2010) cita a Dematteis (1995) quién define a las infraestructuras como el conjunto de elementos materiales e inmateriales que actuando en el territorio de forma compleja permiten el desarrollo.

En la anterior definición se observa que no se pueden establecer correspondencias de causa y efecto de forma a priori, sino más bien se debe tener en cuenta que los efectos dependen de las características y la organización del espacio que acoge la infraestructura y de la escala espacial que se quiere analizar. El segundo elemento cuando se analizan los efectos de las infraestructuras hace referencia a las denominadas inercias territoriales asociadas a los amplios periodos de tiempo que permanecen en el territorio (Gutiérrez 1998).

Otro elemento importante a considerar, es que una infraestructura de transporte representa un capital fijo es decir, representan el capital urbano y hacen parte del sistema productivo. Además, constituyen parte importante del patrimonio territorial, teniendo en cuenta que las carreteras pueden tener diferentes funciones en los diferentes periodos de servicio. Finalmente, una infraestructura de transporte facilita la deslocalización de personas, bienes y servicios, en otras palabras es el medio que permite la movilidad y la conectividad entre los diferentes lugares y por consiguiente son instrumentos de ordenamiento del territorio. Su capacidad de transformación del espacio depende de periodo temporal de análisis que se extiende, desde su planificación hasta su construcción física y puesta en servicio.

(De Ureña 1979) elabora una sinopsis de los elementos principales a considerar cuando se definen los efectos de las infraestructuras (tabla 2).

De lo anterior podemos concluir que los efectos de las infraestructuras de transporte en el territorio dependen en gran medida de las características del sistema territorial en donde se insertan y de la interrelación de las diferentes áreas tecnológicas y económicas que existe en él.

Queda claro que contribuyen a la configuración del territorio, esto es son esenciales para la vertebración y la organización territorial. Asimismo favorecen el intercambio entre regiones de diferente nivel de crecimiento económico y distante entre sí como explica (Obregón Biosca 2008).

Finalmente, cuando se hace referencia a una nueva infraestructura de tipo carretera es necesario considerar el desarrollo del sistema viario que la acoge. Diferentes autores han observado que el efecto de una infraestructura es mayor en las zonas que no cuentan con una red viaria densa. Una zona que tiene alta capacidad viaria refleja pequeños cambios a gran escala pero, pueden tener un gran impacto en un sistema territorial como cita (Guiliano 1986).

Tabla 2. Aspectos que definen los efectos de las infraestructuras en el territorio

Aspecto	Características
Tiempo	El tiempo define los efectos que pueden presentarse en cada una de las etapas en que se desarrolla un proyecto de infraestructura: Decisión y proyecto, construcción, funcionamiento y obsolescencia.
Espacio	El espacio caracteriza las diferentes dinámicas que se producen en los ámbitos regionales (municipios, comarcas, provincias, regiones, etc.) inducidos por la nueva infraestructura.
Sectores y comunidades	Los análisis considerados en este ítem se agrupan de tres maneras diferentes: agregada, desagregada y aquellos de naturaleza mixta. En este punto se realiza una agrupación temática de los distintos efectos: sociales, físicos, económicos y culturales.
Tipo de relación con la infraestructura	De acuerdo con el tipo relación, se considera que los efectos son de tipo directo o primario (aquellos debidos a la infraestructura) y secundarios (los debidos a las actividades o sectores conectados con dicha infraestructura).

Fuente: (De Ureña 1979). Elaboración propia

1.5.2 Efectos estructurante de las Infraestructuras de Transporte

Se entiende por efecto estructurante de las infraestructuras de transporte a los procesos espaciales que se derivan del movimiento de personas, bienes y servicios. Estos procesos hacen referencia a los cambios en la distribución espacial de la población, de las actividades, a los cambios socio-económicos producidos por la variación de la movilidad. También hacen referencia a los cambios debidos a la disminución o contracción de la distancia que favorece la modificación de la accesibilidad y la variación de la organización territorial del sector servido por la vía. En los siguientes apartados se explica brevemente cada uno de los anteriores elementos.

1.5.2.1 Efecto en la distribución espacial de la población

Cuando se habla de la distribución espacial de la población, se alude a dos elementos, la aglomeración urbana y la localización espacial (Haggett y Obiols 1976); (Delgado 2003). Se entiende por aglomeración urbana la concentración espacial de la actividad económica en las ciudades, con especial énfasis en la actividad industrial o los centros de empleo en una ciudad. (Krugman 1997) define el concepto de aglomeración así "las aglomeraciones surgen de la interacción entre los rendimientos crecientes a nivel de las plantas de producción individuales, los costes de transporte y la movilidad de los factores. A causa de los rendimientos crecientes, es preferible concentrar la producción de cada producto en unas pocas ubicaciones. A causa de los costes de transporte, las mejores localizaciones son aquellas que tienen un buen acceso a los mercados (vinculación hacia delante) y los proveedores (vinculación hacia atrás). Pero el acceso a los mercados y a los proveedores estará en esos puntos en los que se han concentrado las fábricas, y que, en consecuencia, han atraído a sus alrededores a los factores de producción móviles".

Por otra parte, la localización hace referencia a la ubicación de los centros de trabajo de los cuales depende el lugar de la residencia. Los primeros estudios realizados para evaluar el crecimiento urbano consideraban solamente las anteriores variables en función del lugar más central. Posteriormente con la mejora de las infraestructuras de transporte y el aumento de la motorización, la distancia geográfica se reduce, permitiendo una mayor deslocalización de personas, bienes y servicios. Las dinámicas de urbanización sufren transformaciones, se fortalece la expansión de la población, se incrementa la accesibilidad por efecto del sistema viario, se crean nuevos núcleos de urbanización en función del uso del vehículo privado, esto incrementa el uso de suelo, el uso de las infraestructuras de servicios públicos, etc.

En este apartado encontramos dos tendencias en las investigaciones, los estudios que relacionan las mejoras en las carreteras con la dispersión en la localización de la población como argumentan (Clathorpe y Fulton 2001) que en su trabajo van más allá e insinúan que la dispersión de la población causa el aumento de la demanda de infraestructuras de transporte.

Por otro lado, se han desarrollado estudios que demuestran que el impacto de una nueva infraestructura de transporte terrestre en la dispersión de la población depende también del nivel de desarrollo socioeconómico de una región (Comisión Europea 1999) .En síntesis, el impacto de las infraestructuras de transporte sobre la distribución de la población depende de la ubicación y desarrollo de los núcleos urbanos.

1.5.2.2 Efectos en la localización de las actividades

El efecto en la localización de las actividades depende del nivel de accesibilidad que el sitio o región obtenga, la accesibilidad afecta el coste del transporte y le otorga un valor a la localización. Ello impulsa la deslocalización tanto a nivel empresarial como residencial a otras zonas. Este aspecto también se ve favorecido por la tasa de motorización de la población afectada.

(Nogués y Salas 2008) citan el trabajo de (Martínez y Ruíz 1997) que añade la escala temporal como elemento decisivo en este tipo de efecto, siendo distintos los efectos a corto plazo, derivados de la ejecución de las obras, de los efectos a largo plazo, relacionados con la utilización de las infraestructuras y el aumento de la capacidad de las mismas. Respecto a los efectos sobre las actividades económicas durante y posteriormente a la construcción de una infraestructura de transporte en un territorio, éstos son diferentes en función del sector y del tamaño de las empresas.

Otro aspecto importante, en este efecto es el nivel de renta de los municipios afectados por la nueva infraestructura, esto influye directamente en la oferta de lugares de trabajo y la movilidad de la población. En este aspecto el trabajo de (Serrano 1991) destaca como se potencian generalmente las áreas circundantes a las grandes ciudades o zonas periurbanas respecto de las zonas rurales, en ellas se incrementa la actividad comercial por la disminución de la distancia y la mayor cercanía a la ciudad central.

En conclusión, la localización de las actividades está directamente relacionada con la accesibilidad y el coste del transporte. Estas variables afectan la ubicación de las empresas, de la residencia y las relaciones socioeconómicas que se producen en este binomio. Sin embargo, de acuerdo con lo explicado anteriormente el mayor o menor impacto de una infraestructura de transporte en la localización depende de la escala geográfica, la escala temporal de desarrollo del proyecto y de los recursos de los que dispone una región. Finalmente, diversas investigaciones muestran que la inversión en infraestructuras de transporte por sí sola no garantiza el desarrollo económico, es necesario involucrar otros factores que la apoyen en el territorio, como nuevos equipamientos e infraestructuras auxiliares. De lo anterior se desprende que el principal efecto de la modificación de la localización de las actividades es la descentralización del empleo que se considera un efecto directo de la construcción de una infraestructura de transporte, por el cambio en los patrones de viaje y en el volumen diario de los mismos. Las infraestructuras viarias facilitan el traslado de los lugares de trabajo fuera del CBD a los municipios cercanos.

Estos municipios que pasan de ser lugares de residencia y producir viajes a ser destino de los mismos, modificándose así las pautas de la movilidad regional y generándose nuevos modelos urbanos como observan (Ma y Banister 2006) para Seúl Corea.

1.5.2.3 Efectos en los sistemas de asentamientos

Las infraestructuras depende de su capacidad y su tipología pueden modificar la *jerarquía* de los diferentes asentamientos y la *centralidad* que son característicos del modelo monocéntrico. La importancia de las infraestructuras de transporte se remite a las políticas actuales de ordenación del territorio de la UE reflejadas en la ETE que propone transformar el actual modelo centro – periferia en un modelo policéntrico en función del incremento de las relaciones horizontales que se potencian principalmente a través de las carreteras de alta capacidad.

En cuanto a la modificación de la *jerarquía* de los sistemas urbanos, las investigaciones realizadas por diferentes autores señalan que el efecto sólo se produce si va acompañado de políticas sociales y económicas que precisen las necesidades de transporte para la descentralización de establecimientos de producción y consumo.

(Serrano 1991), insiste en diferenciar los efectos de las carreteras de acuerdo con la tipología y la categoría de las mismas. *Las carreteras de alta capacidad* tienen mayor efecto en las ciudades de mayor tamaño, su efecto se puede evaluar a escala de corredor o de región, pues su servicio está destinado a reducir las distancias y los tiempos de viaje entre ciudades alejadas. Mientras las carreteras que hacen parte de la *red secundaria y local* de un núcleo urbano dan servicio al sistema de ciudades próximas y contribuyen a reforzar sus relaciones de cooperación y complementariedad. Respecto a los espacios rurales para las dos situaciones analizadas se observa que no tienen grandes beneficios.

A nivel de municipio o escala local los efectos dependen del tamaño demográfico y funcional, del nivel de accesibilidad que gana y de la reducción en distancia que se produce en relación con otros núcleos de menor tamaño del entorno del municipio analizado.

En síntesis, el efecto de la construcción de una nueva carretera en el sistema de ciudades depende además de las características del sistema viario en el cual se inserta, de la tipología y del mayor o menor incremento de la accesibilidad que condiciona los costes de transporte.

1.5.2.4 Efectos económicos de las infraestructuras de transporte

Cuando se habla de efectos económicos de las infraestructuras de transporte generalmente se hace referencia al soporte que ellas dan al crecimiento o desarrollo de determinada región. Por su carácter perenne los efectos económicos de las infraestructuras dependen del periodo de vida útil (duración estimada).

Teniendo en cuenta que una infraestructura de transporte es una inversión pública, o sea representa parte del capital fijo de un estado o una región, en numerosas investigaciones se han elaborado diferentes clasificaciones como la desarrollada por (Inglada 2003), que agrupa los efectos de tipo económico de las infraestructuras de transporte en dos grupos: efectos a corto plazo y efectos a largo plazo. Los primeros hacen referencia a la etapa de construcción asociados con la demanda, mientras que en el segundo grupo se habla de los efectos asociados a la oferta y representan la competitividad.

Los efectos a corto plazo también se pueden identificar como directos o primarios y están relacionados con los cambios en movilidad, el aumento en accesibilidad y la variación en el coste de transporte (Hernández 2011).

Respecto a los efectos a largo plazo o indirectos se definen en función de las relaciones que facilitan, en este grupo se observan los efectos relacionados los cambios en la localización de actividades y hogares que se derivan de la utilización de la infraestructura y que desde un punto de vista territorial tienen un efecto directo en la vertebración y organización del territorio, en la modificación de la accesibilidad y en las pautas de localización. Por este motivo, son los tipos de efectos generalmente estudiados en la geografía y el urbanismo de acuerdo con (Nogués y Salas-Olmedo 2008).

Los anteriores efectos están directamente relacionados *con el cambio en la distancia* que se produce por la construcción de una nueva infraestructura y de la cual depende el coste del transporte.

1.5.2.5 Efectos Sociales de las Infraestructuras de Transporte

Los efectos sociales de una infraestructura están en correspondencia con el nivel de las relaciones que genera o afianza y se definen en función de tres elementos especialmente la tasa de motorización o tráfico, la ocupación del suelo y la segregación social y espacial (Rus 2009)

En lo relativo al tráfico los aspectos sociales más importantes a tener en cuenta por parte de la infraestructura, se refieren, a la seguridad (Thomson y Bull 2002). En este tema dominan tres campos: los accidentes, la contaminación y el ruido que tienen un efecto directo en la salud de la población y en la calidad de vida. La mayoría de investigaciones realizadas al respecto generalmente cuantifican la tasa de accidentalidad y siniestralidad que se produce en un sector específico. Los análisis dirigidos a evaluar la congestión del tráfico analizan cómo se modifica el nivel de contaminación, de polución o los niveles de ruido (Fernández 2002).

Respecto al consumo de suelo, los análisis están enfocados a describir cómo evoluciona el espacio urbano que rodea las actuaciones viarias (Garraín, Vidal, y Franco 2005). Puntualmente interesa evaluar los crecimientos territoriales asociados como estacionamientos y los diferentes equipamientos que apoyan y dan servicio a las vías y necesitan grandes cantidades de suelo.

A su vez, el incremento de los desplazamientos genera un mayor uso del espacio y de los modos de transporte. Los estudios realizados en este ítem están enfocados a interpretar de qué forma contribuye la red viaria en la formación o potenciación de los asentamientos como se cita en los trabajos de (De Ureña, Menerault, y Garmendia 2009) y (Ribalaygua 2005a).

Finalmente, las infraestructuras de transporte generan externalidades positivas y negativas. Las positivas están relacionadas con los costes de producción y los precios finales. Las externalidades negativas dependen del resultado de las actividades. En este grupo encontramos la contaminación atmosférica, el ruido, los accidentes y la segregación espacial, esta última está relacionada directamente con la infraestructura de transporte.

La segregación espacial alude a dos fenómenos: la exclusión de determinados grupos de individuos en función de los niveles de accesibilidad y de movilidad relacionados directamente con la demanda y el comportamiento del espacio público. A las redes viarias se les atribuye la disminución progresiva del espacio público en detrimento de los habitantes.

En síntesis los efectos sociales de las infraestructuras abarcan las diferentes etapas de desarrollo de la misma y deben estar enfocados a facilitar la interacción social en el espacio público.

1.6 Conexión entre estructura territorial policéntrica e Infraestructuras de transporte

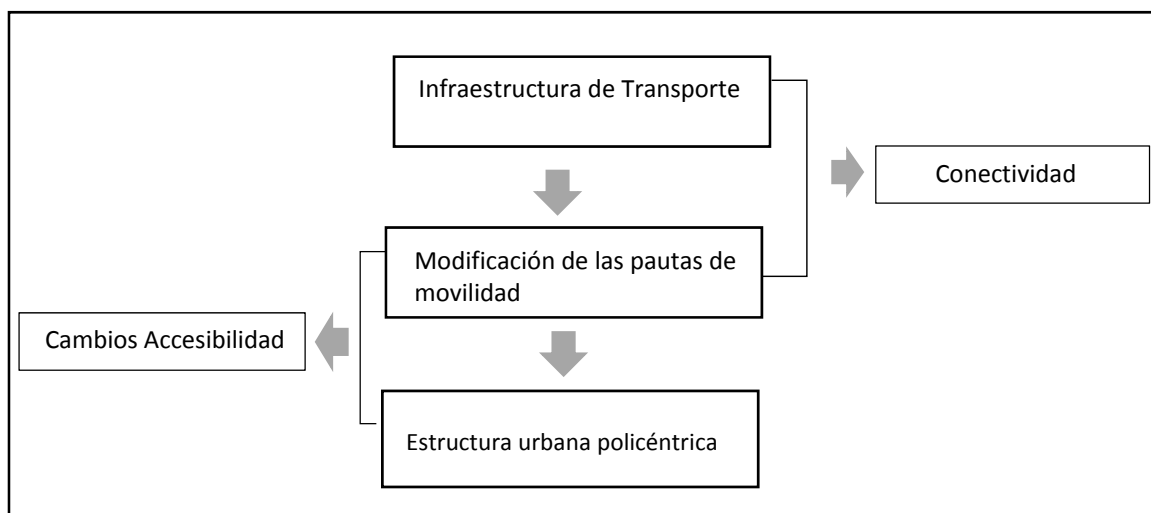
La revisión bibliográfica hasta aquí realizada, señala que los conceptos de estructura urbana policéntrica e infraestructura de transporte no están directamente relacionados. Sin embargo, diferentes documentos de ordenación del territorio a nivel europeo como la Estrategia Territorial Europea (ETE), los informes de la Red de Observación Europea de Desarrollo Territorial (Espón) y el proyecto de la Red Transeuropea de transporte (TENT- t) evidencian, que existe una relación entre los anteriores conceptos en función de cinco aspectos que están íntimamente relacionados con el territorio y que constituyen la base de la metodología propuesta en esta investigación (ver figura 5).

Las funciones de cada uno de estos elementos dentro de esta investigación se describen a continuación.

- La infraestructura de transporte *facilitan las relaciones* y las incrementa en función de su ubicación, de su tipología y de los cambios que produce en la distancia.
- La modificación de la *distancia* producida por la construcción de infraestructura B-40 genera una modificación de los *patrones de movilidad* entre los diferentes núcleos urbanos de la RMB.
- Los cambios en la movilidad reflejan cambios en la *conectividad* entendida en esta investigación como la capacidad de enlace o conexión que se produce entre el binomio movilidad urbana e infraestructura de transporte.
- La accesibilidad se entiende como la *facilidad de viajar a cada unidad espacial* dependiendo del nivel de servicio de la infraestructura, del coste del transporte y las oportunidades que tenga el lugar elegido.

- Estructura urbana policéntrica entendida como el resultado del incremento de la movilidad de tipo horizontal producto de la modificación de los patrones de viaje que se producen entre las diferentes unidades espaciales que constituyen el territorio.

Figura 5. Relación entre infraestructura de transporte y policentrismo



Fuente: Elaboración propia

En síntesis, la *infraestructura de transporte* facilita la *movilidad* e incrementa el nivel de *accesibilidad* o de acceso, estos factores modifican la *conectividad* o la *conexión* entre los diferentes lugares y generan nuevas relaciones de cooperación y complementariedad características de la *estructura urbana policéntrica*.

1.7 Conceptos teóricos utilizados en la metodología

En este apartado se revisan los fundamentos teóricos utilizadas en la metodología propuesta en el numeral 5 de la introducción. Los bloques temáticos tratados en este numeral son principalmente dos: el primero hace referencia a los modelos de transporte, que permiten en esta investigación realizar las proyecciones de movilidad para las diferentes situaciones y periodos de análisis y son prioritarias para que funcione el modelo propuesto.

El segundo bloque explica de manera general la evolución de las técnicas que permiten cuantificar el policentrismo, particularmente se profundiza en el concepto de accesibilidad como medida de policentrismo, las bases teóricas propuestas por Green para definir el indicador de policentrismo funcional, las bases teóricas de los modelos de entropía enfocados al análisis del territorio.

1.7.1 Antecedentes de los Modelos de transporte

Los fundamentos teóricos de la economía espacial, constituyeron las bases de la formulación de los primeros modelos de transporte, que además utilizaron teorías físicas como la gravitación y la ley de Coulomb para reproducir los viajes y la forma como estos se comportan. El trabajo pionero de Von Thünen de 1826 y más adelante el de Wingo en 1961 y de Alonso en 1964 ubicaron los modelos de transporte dentro de la teoría de la forma urbana e incluyeron variables como la localización de las actividades, los usos de suelo y el producto de las rentas de suelo. La clasificación que aquí se presenta corresponde a la familia de los modelos de uso de suelo y transporte (LUTM).

El origen del modelo de transporte se encuentra en la publicación de F. L. Hitchcock de 1941, titulado “la distribución de un producto desde diversos orígenes a numerosas localidades”. Más adelante en 1947, se presentó un estudio, independiente del anterior, titulado “Utilización óptima del sistema de transporte” desarrollado por T. C. Koopmans.

Los anteriores trabajos implican por primera vez el concepto de orígenes y de destinos. En 1960 Herbert Stevens, propone un modelo de localización residencial que fue ampliado por Harris en 1963 y por Wheaton en 1974, para redistribuir los usos del suelo.

El primer modelo de tipo gravitatorio de transporte aparece en 1964 desarrollado por Lowry, en el incluye los usos del suelo y se aplica en la Región Metropolitana de Pittsburgh, el modelo recibió el nombre de Metrópolis, en ese mismo año se publica el modelo TOMM acrónimo en inglés de Time Oriented Metropolitan Model, la importancia de este modelo radica en que introduce el tiempo como variable. Más adelante en 1967 Wilson introduce los principios de la teoría de la información con el fin de aportar una interpretación estadística del modelo gravitatorio, que, adoptaba extensivamente el uso de modelos Logit y que, en 1973, reformula Daniel McFadden y James Heckman.

El modelo PLUM, acrónimo de Projective Land Use Model, diseñado por Goldner en 1968 para el área de la Bahía de San Francisco, se basa en el de Lowry, pero incorpora zonas de diferentes medidas, el uso de un modelo de intervención de oportunidades para localizar la población y el empleo, la desagregación de los parámetros del modelo por unidades espaciales, el uso de índices de actividad específica para cada zona y ratios de servicio a la población.

En 1972, Engle, Fisher, Harris y Rothenberg de la Universidad de Harvard propusieron un modelo para el área de Boston, configurado por tres submodelos, un modelo macroeconómico que comprendía los outputs, el empleo y los ingresos regionales; un modelo de ajustes a largo plazo de la población y de los stocks de capital y un modelo de asignación de los usos del suelo. Además el modelo permitía incorporar las políticas vigentes.

En ese mismo año, Ingram, Kain y Ginn desarrollaron el modelo NBER (National Bureau of Economic Research) en él se consideraba la localización del empleo e involucraba el mercado de la vivienda a través de la oferta y la demanda de la misma. Utilizaba una formulación econométrica.

En esta misma línea, se desarrollaron programas que tenían en cuenta las pautas de localización de la vivienda y del empleo y además incluían los costes del transporte como TOPAZ (Technique for Optimum Placement of Activities into Zones), desarrollado en 1973 por Brotchie, Sharpe y Toakley en Australia. El Urban Institute Model fue el primer modelo que consideró cuatro factores a la vez: hogares, viviendas, constructores y gobierno. Se desarrolló utilizando técnicas econométricas y fue desarrollado por Leeuw y Struyk en 1975.

Con el desarrollo de la estocástica (ciencia en la que se analiza las relaciones entre las variables por medio de funciones probabilísticas de gran complejidad) se desarrollaron modelos que de equilibrio de tráfico, sobresalen los desarrollados por Daganzo y Sheffi en 1977, y por Fisk en 1980 en América y el modelo CALUTAS desarrollado en Japón.

Entre 1980 y 1990 se desarrollaron modelos como TRANUS y MEPLAN, CATLAS (Area Transportation - Land Use Analysis System) desarrollado por Alex Anas en 1983, ITLUP, (Integrated Transportation - Land Use Package), diseñado por Putman en 1983.

La base teórica de los anteriores modelos utiliza la formulación de máxima entropía de Wilson, todos proceden del modelo de Lowry. También en esta época en los EE UU se desarrolla otros modelos como DRAM, LILT (Leeds Integrated Land-Use / Transport) desarrollado por Mackett y SASLOC desarrollado en Suecia por Landqvist y Mattsson. Por último Wegener en 1998 desarrolló el modelo IRPUD para la región de Dortmund configurado por tres niveles espaciales diferentes. Este numeral se elaboró en su totalidad con base en el trabajo de (Palacio 2012).

1.7.1.1 Clasificación de los modelos de transporte

El modelo clásico de transporte se compone de cuatro etapas cada una de las cuales define una serie de modelos denominados de generación, distribución, selección modal y asignación de viajes. Dentro de cada uno de estos modelos, existen varios sub-modelos. Los modelos de generación particularmente buscan hallar los viajes producidos y atraídos por una determinada zona. Los modelos de distribución tienen como objetivo repartir los viajes obtenidos en la etapa anterior. Los modelos de reparto modal dividen el total de viajes de cada zona según modos de transporte. Finalmente, los modelos de asignación de viajes adjudican los viajes a los diferentes arcos de la red viaria.

La tabla 3 muestra una clasificación general de los modelos de distribución para esta investigación, En los siguientes numerales se explica particularmente los principios del modelo de factor medio y del modelo de gravedad.

Tabla 3. Clasificación general de los modelos de distribución

Clases de Modelos	Submodelos	Características
Directos	<ul style="list-style-type: none"> - Regresión Múltiple - Gravitatorios 	Los modelos directos permiten determinar el número de viajes entre dos zonas utilizando un proceso único.
Indirectos	De factores de variación <ul style="list-style-type: none"> - Factor Uniforme - Factor Medio - Iterativos: Detroit, Fractar y Furness 	Extrapolan la situación actual de origen y destino en función del crecimiento esperado de una zona, en relación a la cual se proyecta el tránsito futuro. No tienen en cuenta los cambios que se producen en las redes viarias.
Analíticos	De oportunidad <ul style="list-style-type: none"> - Interpuesta - Competitiva Analógicos electrostáticos <ul style="list-style-type: none"> - Del campo electrostático 	Son de carácter probabilístico, evalúan la magnitud de intercambio que se puede presentar entre dos zonas, específicamente en los destinos.

Fuente: Modelos de transporte (Ortuzar y Willumsen 2009). Elaboración propia

1.7.1.1.1 Fundamentos del modelo de distribución de viajes de tipo factor de crecimiento

Anteriormente se explicó que en la etapa de distribución de viajes se determinan las zonas de origen y destino de los viajes producidos, para ello se utilizan diferentes clases de modelos. Se distinguen tres tipos de modelos de distribución de viajes (tabla 5): los modelos directos, indirectos y analíticos. En todos ellos el objetivo es estimar el volumen de viajes que se presenta en un determinado periodo y distribuirlos en una matriz origen/destino.

Los modelos de tipo indirecto extrapolan la situación actual de los viajes a una situación futura, reciben el nombre de factores de variación, en ellos se encuentra el modelo de factor de crecimiento en el cuál se multiplica por un escalar una matriz existente aplicando factores originados de predicciones de producción y/o atracción asociadas a las celdas de una matriz de viajes para obtener una matriz actualizada de viajes. Se suelen emplear estos modelos cuando no se tiene información disponible relativa a las distancias interzonales de la red, tiempos de viaje o costes generalizados. Dependiendo del análisis requerido se puede utilizar diferentes métodos de factor de crecimiento para estimar los viajes futuros.

1.7.1.1.2 Modelo gravitacional

Los modelos gravitacionales estiman los viajes para cada celda en la matriz O/D sin utilizar directamente el esquema de viajes observados; por lo que reciben el nombre también de métodos sintéticos.

Estos modelos parten del principio de Newton que considera que la atracción gravitacional que existe entre dos cuerpos es inversamente proporcional a la distancia entre ellos. La formulación de estos modelos utiliza una función de impedancia que puede ser: la distancia de viaje, el tiempo de viaje, o el coste del mismo. También existen distintas funciones potenciales de impedancia que pueden ser utilizadas para derivar la atracción relativa de cada zona.

La forma original del modelo gravitacional es la siguiente:

$$F = \frac{G * M_1 * M_2}{d^2}$$

Donde

F= Fuerza de atracción entre dos masas

$M_1 = M_2$ Masas

d^2 = la distancia de separación entre las mismas

Para el caso del transporte la fuerza de atracción (F) son los viajes entre zonas, las masas representan las poblaciones de origen y destino y la distancia la separación entre las zonas. Podemos concluir entonces que el total de viajes entre dos zonas es directamente proporcional al producto de la generación y atracción y es inversa a la función de la separación espacial.

Así tenemos que

$$T_{ij} \approx O_i * D_i * \alpha * f(C_{ij})$$

T_{ij} = Viajes entre i y J

O_i = Viajes de origen

D_i = Viajes de destino

α = Factor de ajuste socioeconómico para el ij

$f(C_{ij})$ = Es una función generalizada de los costes de viaje con uno o más parámetros para la calibración. Representa el grado de oposición para viajar cuando la distancia (tiempo) o el coste aumentan. Las formas más utilizadas de esta función son:

$$f(C_{ij}) = e^{-(\beta c)} \text{ Forma exponencial}$$

$$f(C_{ij}) = C_{ij}^{(n)} \text{ Función potencial}$$

$$f(C_{ij}) = C_{ij}^{(n)} e^{-(\beta c)} \text{ Función combinada.}$$

Las dos formas más conocidas del modelo gravitatorio se denominan: simplemente acotado (acotado a origen y/o acotado a destino) y doblemente acotado como cita (Ortuzar y Willumsen 2009).

1.7.2 Métodos para evaluar el policentrismo

De acuerdo con lo expuesto en el numeral 1.4.3, existen dos criterios de policentrismo: morfológico y funcional. En los artículos (De Ureña, Pillet, y Marmolejo 2013); (Marmolejo, Ruiz, y Tornés 2015) se hace una recopilación detallada de los métodos utilizados para cuantificar el policentrismo (tabla 4). La aproximación morfológica se basa en criterios de densidad, en este concepto es importante el equilibrio entre la distribución de las actividades y el tamaño de los núcleos. Una distribución uniforme refleja que no existe jerarquía, lo que evidencia un sistema urbano policéntrico. Para evaluar el policentrismo morfológico la gran mayoría de métodos se basan en la densidad.

Las metodologías usadas en este tipo de análisis utilizan información de población; de empleo ya sean total o desagregado por actividades particulares. Los métodos comúnmente aplicados son la ley de rango tamaño¹, análisis de centralidad y distribución del empleo o de la población²

¹ La regla rango tamaño es un instrumento de análisis e interpretación que permite comparar la distribución jerárquica de las ciudades. Según esta regla, se puede determinar el peso demográfico de cualquier ciudad conociendo el rango o puesto que ocupa dentro del sistema al que pertenece y la población de la ciudad más grande. Su formulación es así:

$$P_r = \frac{P_1}{R}$$

donde:

P_r = es la población de la ciudad de rango r.

P_1 = es la población de la ciudad principal.

R= es el rango de la ciudad cuya población se pretende averiguar

y métodos de distribución espacial³. Particularmente en esta familia de métodos sobresalen: el Método de los Umbrales, los Modelos de Tipo Paramétrico, el Modelo Cubic Spline entre otros.

Los estudios que utilizan *los flujos*, están dentro del concepto de policentrismo funcional, en ellos se trata de analizar la direccionalidad de los flujos para evaluar la uniformidad en las relaciones entre los diferentes núcleos del territorio analizado. Los datos que facilitan estos análisis son datos de flujos de movilidad, flujos de empleo, o cualquier otro tipo de flujos que faciliten el cálculo. Los métodos más usados en este grupo son modelos de interacción espacial⁴, la teoría de las redes sociales⁵ e índices basados en la movilidad⁶. Las metodologías aplicadas se sirven de herramientas como: modelos gravitacionales, modelos paramétricos y funcionales, gráficos de flujos y capacidad polarizadora y umbrales.

Finalmente, La revisión bibliográfica señala que en los últimos años se están potenciando los métodos funcionales para cuantificar el policentrismo. Los análisis en función de las redes, permiten visualizar más detalladamente y de forma real el comportamiento entre los diferentes asentamientos urbanos (Marmolejo y Cerda 2012). Las políticas de ordenamiento territorial cada vez hacen mayor énfasis en el análisis de las relaciones de complementariedad y de cooperación.

Teniendo en cuenta la gran variedad de indicadores para evaluar el policentrismo, se elige el indicador de policentrismo funcional de Green propuesto desde la teoría de las redes sociales, el indicador de entropía de Shannon y el indicador de potencial de accesibilidad.

² Análisis de la distribución del empleo o de la población. Estos métodos utilizan indicadores de distribución, de centralidad e indicadores que integran los anteriores elementos.

³ Métodos de distribución espacial. En este grupo se encuentran indicadores como el de Gini, de accesibilidad, etc.

⁴ Los modelos de interacción espacial son aquellos que utilizan las relaciones de movimiento de personas, bienes y comunicación o información que se generan en el espacio territorial fruto de las decisiones del mismo.

⁵ Teoría de las redes sociales: Las Redes Sociales pueden definirse como un conjunto bien delimitado de actores -individuos, grupos, organizaciones, comunidades, sociedades globales, etc.- vinculados unos a otros a través de una relación o un conjunto de relaciones sociales. Las teorías desde este campo explican de acuerdo con Freeman (1992: 12): colección más o menos precisa de conceptos y procedimientos analíticos y metodológicos que facilita la recogida de datos y el estudio sistemático de pautas de relaciones sociales entre la gente. El rasgo más característico de las redes sociales consiste en que requieren conceptos, definiciones y procesos en los que las unidades sociales aparecen vinculadas unas a otras a través de diversas relaciones como cita (S. Wasserman y K. Faust, 1994:6).

⁶ Índices basados en la movilidad. Son aquellos que utilizan información base de movilidad, son unos indicadores de alto uso, entre los principales tenemos, el de centralidad interior, el de interacción relativa de dominancia, el de entropía y el de simetría. También en este grupo podemos ubicar el valor de interacción.

La tabla 4. Sinopsis de los métodos más utilizados en la cuantificación del policentrismo.

Métodos Morfológicos	Métodos Funcionales
Ley Rango Tamaño	Modelos de interacción espacial
Análisis de la distribución del empleo/población entre centros	Teoría de las redes sociales
Distribución espacial	Índices basados en la movilidad

Fuente: (De Ureña, Pillet, y Marmolejo, 2013). Elaboración propia.

1.7.2.1 Indicador de policentricidad funcional de Green

(Green 2007) utiliza técnicas de análisis de redes, cuyo principio es el estudio de los vínculos entre los diferentes actores (ciudades, personas, empresas, organizaciones, teléfonos, en general cualquier cosa susceptible de ser conectada con otra). Las relaciones que se generan entre los anteriores actores toman la forma de vínculos que se traducen en elementos como las carreteras, líneas telefónicas, redes de datos, etc.

Las relaciones anteriormente definidas son de naturaleza funcional y por lo tanto, el enfoque establecido aquí permite el análisis consistente de policentrismo a cualquier escala y para el que la proximidad espacial no es una condición necesaria. En términos de desplazamientos, podríamos esperar una correlación entre la proximidad física y la red, pero esta correlación no implica necesariamente la dependencia. De lo anteriormente expuesto se deduce que, para que exista policentrismo funcional en cualquier espacio físico, ya sea local, regional, nacional o mundial es necesario que:

- El Espacio que se analice contenga más de un nodo.
- La vinculación que exista entre los nodos debe ser de tipo funcional, de manera que si no hay conexiones funcionales entre los nodos no existe policentrismo

El indicador propuesto genera unos valores comprendidos entre $0 < P_f < 1$. Valores cercanos a 0 (indican que no existe policentrismo funcional) y valores cercanos a 1 (indican que existe policentrismo funcional).

La expresión de policentricidad propuesta por Green es:

$$P(F, N) = 1 - \sigma_F / \sigma_{Fm\acute{a}x}$$

Donde

$P(F, N)$ = Es la función

σ_F = Desviación estándar de grado nodal

$\sigma_{Fm\acute{a}x}$ = es la desviación estándar del grado del nodo en una red de tipo 2.

1.7.2.2 La accesibilidad

El término accesibilidad tiene diferentes significados, se puede interpretar como la facilidad para llegar a un lugar, como el nivel de acceso a oportunidades económicas y sociales de acuerdo con (Linneker y Spence 1996). Una definición muy oportuna para esta investigación es la de (Miralles 2002) que considera la accesibilidad como la dimensión espacial de la movilidad. La anterior definición parte de considerar que la movilidad es un concepto vinculado al desplazamiento de personas bienes y servicios, mientras que, la accesibilidad es una propiedad que tiene que ver con los lugares, es la cualidad que surge cuando se analizan las diferencias que se generan en al menos dos puntos del territorio.

La accesibilidad presenta una dimensión espacial (derivada de la localización) y otra de origen socio-económica (relacionada con el coste monetario especialmente del transporte) como cita (Monzón de Cáceres 1988). La accesibilidad está determinada principalmente por los siguientes factores:

- La localización geográfica respecto a los principales centros de trabajo y de actividad social.
- La modificación de los patrones de movilidad, definidos por las políticas de transporte y las redes de infraestructura de transporte que suponen una mejora de la accesibilidad. Las variables que generalmente denotan estos cambios son el tiempo de viaje y la distancia.
- Los usos del suelo que dependen de la modificación de los flujos; así al variar las relaciones y volumen de los intercambios económicos entre los diferentes sectores se amplían los destinos con el consecuente incremento del uso de transporte para acceder a los bienes, servicios y actividades, modificándose los usos de suelo de un lugar.
- Factores económicos relacionados con nivel de renta, que contribuyen a determinar el coste de acceso a los bienes y servicios.
- Factores sociales asociados al conocimiento de la localización de la oferta de bienes y servicios y sus alternativas de acceso.

Los anteriores aspectos están en función de la ciudad analizada, es decir son intrínsecos a ella, y buscan explicar, como la accesibilidad condiciona la concentración y distribución espacial de la actividad económica y de la población.

1.7.2.2.1 Medidas de accesibilidad

Los diferentes indicadores para evaluar la accesibilidad tienen en cuenta el atractivo de cada lugar y la impedancia o resistencia de acceso. Generalmente se utiliza como atractivo la población o los lugares de trabajo (LTL) y como impedancia el tiempo de viaje o la distancia.

En los siguientes párrafos se hace una clasificación general de las medidas de accesibilidad utilizados en diferentes trabajos resaltando especialmente aquellos que se utilizan mayormente en el análisis territorial.

- Medidas de *oportunidad acumulada o isocrónica* (acontecimientos simultáneos) desarrolladas por (Wachs y Gordon 1973); (Vickerman 1974) evalúan el número de oportunidades que se logran en una distancia o en un tiempo de desplazamiento específico. Este tipo de medida se utiliza para identificar especialmente la localización de servicios en función de la distancia. Su formulación es muy sencilla, por lo que, no consideran información referente al atractivo ni la impedancia del destino. Los modelos hedónicos, suelen utilizar este tipo de indicadores para controlar el acceso a los servicios públicos en un sector de estudio.

- Medidas de *tipo gravitacional*, las primeras aplicaciones se encuentran en el trabajo de (Hansen 1959) los modelos gravitatorios utilizan una función de impedancia para evaluar el coste a los posibles destinos. Su principal carencia es la falta de uniformidad para definir la función de impedancia que se debe usar y la medida del coste de viaje (distancia o tiempo) que muchas veces es difícil de cuantificar. Las funciones más utilizadas de impedancia son del tipo potencial, exponencial y logarítmica.

- Medidas de *competición*, facilitan de un lado, cuantificar el número de oportunidades potenciales de empleo o trabajo de un lugar, de otro lado, identificar los lugares donde hay solicitantes de empleo. La aplicación de estos modelos utiliza la teoría de la interacción espacial, particularmente, los modelos gravitatorios.

La formulación más general de la accesibilidad combina dos funciones. Una función que representa la actividad y una función de impedancia que representa los costes como citan (Schürmann, Wegener, y Fürst 1999) y (Wegener y Fürst 1999). La expresión general de potencial de accesibilidad es:

$$A_i = \sum_j f(w_j) * g(c_{ij})$$

En la que:

A_i = Accesibilidad del territorio

f_{w_j} = Función de la actividad

$g_{c_{ij}}$ =Función de la impedancia

La anterior expresión brinda una ponderación, del peso de cada una de las anteriores funciones y facilita una clasificación de los indicadores de acuerdo a la medida que se quiere evaluar. A continuación se presenta una clasificación general de los indicadores de accesibilidad.

- Indicadores de accesibilidad diaria.

En estos indicadores hay un periodo de tiempo definido, la formulación matemática de este grupo de indicadores supone una función de actividad de tipo creciente y una función de impedancia de costes fijo. Sirven por ejemplo para calcular la localización de centros de actividad comercial.

- Indicadores de costes de viaje.

Este tipo de indicadores se utiliza cuando se realiza un análisis de tipo clúster es decir, existe grupo específico de destinos a servir. La función de actividad es de tipo rectangular, mientras que, la función de impedancia es lineal. Se utilizan generalmente en la instalación de determinados sistemas de transporte.

- Indicadores de Potencial.

Este tipo de indicadores utiliza el principio de la interacción espacial. Miden la accesibilidad en función de la importancia del objetivo y de los costes necesarios para acceder a él. Las funciones utilizadas tienen diferentes formas de acuerdo a si son exponenciales, potenciales u otros, en ningún caso pueden ser lineales. La función de actividad debe reflejar el coste de los viajes teniendo en cuenta la amplitud de los mismos, y la función de impedancia tiene en cuenta las ventajas de las economías de aglomeración y escala. Numerosos estudios en el campo urbano y geográfico han utilizado este tipo de indicadores, a partir de 1940, como cita (Schürmann, Wegener, y Fürst 1999); (Hansen 1959) y (Vickerman 1974).

1.7.2.2.2 La accesibilidad como indicador de policentrismo

En los anteriores apartados se explica lo concerniente a los indicadores de accesibilidad en general. De acuerdo con las definiciones anteriormente presentadas, se constata que la accesibilidad es un buen indicador de policentrismo, cuyo principio es la morfología y la conectividad.

La conexión más directa entre estructura urbana y transporte se encuentra en la localización de actividades, al mismo tiempo la infraestructura y los servicios de transporte determinan el grado de accesibilidad que a su vez se considera que afecta las decisiones sobre la ubicación de las actividades económicas y de las familias. (Spiekermann y Neubauer 2002) acotan que la accesibilidad es la principal variable a tener en cuenta en la localización de actividades económicas y residenciales.

Además, de acuerdo con la formulación matemática de la misma, involucra una función de actividad que para los diferentes tipos de medidas representa una condición de densidad que es característica de los métodos morfológicos. La anterior relación, también se extiende a otros campos como la cohesión, sostenibilidad y el crecimiento de las regiones, los trabajos de Scott et al., (2001); Horner, (2004); Sohn, (2005) lo demuestran cómo cita (Martínez Sánchez-Mateos et al. 2014), igualmente, diferentes documentos de ordenamiento territorial de la UE como la ETE y el informe (ESPO Project 1.1.1 2003) también aluden a ello. Otro campo explicado a través de la accesibilidad es la estructura metropolitana como se aprecia en los trabajos de (Giuliano et al. 2012).

1.8 Investigaciones previas

El origen de la relación de infraestructura de transporte y estructura urbana, se ubica en los estudios de interacción de suelo y transporte. El trabajo de (Wegener y Fürst 1999) dentro del proyecto europeo Transland⁷ desarrolla una revisión detallada de numerosas investigaciones con el fin de identificar los principales elementos del uso de suelo y del transporte que han sido utilizados para explicar la interacción suelo-transporte.

El análisis del anterior trabajo, señala, que los elementos más comúnmente estudiados respecto al transporte son: el comportamiento de los viajes, la modificación de la accesibilidad, el coste de la inversión en infraestructura y las características técnicas de las mismas. Del territorio se estudia la modificación las características socioeconómicas, el efecto en la organización espacial, la evolución de la forma urbana, el comportamiento del mercado inmobiliario, la variación de la localización de las actividades y la evolución de la estructura a nivel de región.

De acuerdo con los efectos de las infraestructuras presentados en el numeral 1.5.2 y en función de la revisión bibliográfica realizada, se presenta primero como antecedentes, una serie de investigaciones realizadas que buscan mostrar la evolución del estudio de la relación entre *infraestructura de transporte específicamente carreteras de alta capacidad y la estructura urbana a partir de tres enfoques*: estudios que explican la estructura urbana desde los cambios de localización de la actividad económica y residencial que produce la infraestructura de transporte viaria; los que describen cómo se modifica el territorio por la variación de las

⁷ Transland es un proyecto desarrollado en el IV Programa Marco de la Unión Europea que estudia casos particulares de la integración de políticas de transporte y la planificación urbana y territorial.

dinámicas territoriales (forma urbana) y los que analizan como se transforma la morfología de las ciudades en función de la evolución de la trama urbana (centralidad). Después, se presentan las investigaciones realizadas sobre la relación infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica puntualmente. La elaboración de esta primera parte se realizó a partir de la revisión de las tesis doctorales de (Díaz 2010), (Garmendia 2010) y del trabajo de (Fariña, Lamíquiz, y Pozueta 2000) especialmente, y se ampliaron por parte de la autora.

1.8.1 Estudios realizados sobre infraestructura de transporte y localización de actividades

Los estudios realizados en este grupo buscan cuantificar la modificación de la localización de las actividades económicas y residenciales, la disminución del coste de transporte, la mejora en la movilidad y el cambio de la distancia. Además, analizan la reorganización de las dinámicas urbanas (cambios referidos al comportamiento de la población, del mercado de trabajo, etc.) que se generan debido a la inserción de un proyecto viario (*carreteras de alta capacidad*) en el territorio

Los trabajos realizados dentro de este grupo son prolíferos en los EE UU, en ellos se utilizan diferentes esquemas teóricos de la escuela de Chicago mencionados en el numeral 1.3.1. Uno de los trabajos pionero es el desarrollado por Hanson (1986) de acuerdo con (Díaz y Ureña 2008) el cual, a través del análisis de la tipología y calidad de vivienda, de las características del vecindario y del nivel de accesibilidad se explica la modificación de la localización residencial y de los lugares de trabajo producidos por las carreteras.

(Pérez 1997) en el trabajo sobre el efecto económico de la autopista del atlántico A-9 realiza un análisis de la modificación de las relaciones de la región gallega con los grandes centros por la construcción de la A-9. En este estudio se observa la evolución de la población durante el periodo 1900-1991 a nivel de corredor de transporte y de municipio. Además, se estudia el cambio del comportamiento de la movilidad teniendo en cuenta las características funcionales de la A-9 referidas particularmente al tráfico. Para ello se hizo un análisis de la producción provincial, de las rentas municipales, de las actividades por sectores y de la ocupación industrial y terciaria.

Dentro de las principales conclusiones obtenidas se constata que la economía gallega se ha beneficiado de la construcción de la A-9, el incremento del PIB en el periodo 1976-1992 en más del 1.5% al que se habría obtenido si la A-9 no hubiese existido. Respecto a la movilidad, el estudio destaca el papel en la articulación urbana que potencia la A-9 en relación con las dos grandes ciudades gallegas: A Coruña y Vigo. La autopista absorbe el 85% de los viajes comerciales que se producen en el ámbito de influencia. Las proyecciones demográficas mostraron que 25 de los 28 municipios de influencia crecen. Finalmente, el estudio concluye que la A-9 es un elemento importante en el incremento de la industria y el turismo del sector.

(Fariña, Lamíquiz, y Pozueta 2000) analizan el efecto de A-68. Estudian el tramo de la autopista entre Logroño y Miranda de Ebro, que tiene una longitud de 55 km, dos carriles por sentido en la mayor parte del trazado y cinco enlaces que potencian las relaciones territoriales y socio económicas con la Rioja. En el estudio se realiza un análisis de la evolución demográfica, del planeamiento, de la localización de actividades, de los precios de suelo. Las conclusiones obtenidas señalan que aunque existe una relación entre la variación demográfica y la distancia no se presenta un incremento de la población en los municipios afectados. De otro lado, el análisis de tráfico muestra que se incrementa la circulación de vehículos pesados en el área. El análisis de las figuras de planeamiento evidencia que la autopista no ha constituido un eje de desarrollo urbano como se esperaba; respecto a la calificación de los terrenos próximos a la autopista se evidenció que se planificaron específicamente para usos industriales, no se consideró el uso residencial. Por último, se observa que para el tiempo de operación de la autopista no se ha producido el desarrollo urbano que se había previsto inicialmente.

1.8.2 Estudios relacionados con la forma urbana

En estos estudios se analiza la relación entre las infraestructuras de transporte y las ciudades y/o el territorio.

(Kreibich 1978) analiza el efecto del desarrollo del sistema de vías rápidas de Múnich en la estructura espacial de la región metropolitana. Observa que las vías radiales han fomentado el movimiento hacia el exterior de la ciudad de las familias de altos ingresos. También han potenciado el sector servicios en el centro de la ciudad y el asentamiento de las familias de menores ingresos cerca del centro en las zonas de más bajo coste. Por el contrario se evidencia que las empresas manufactureras tienden a ubicarse en la periferia urbana. Concluyen que existe una separación espacial mayor entre los hogares y los lugares de trabajo lo que conlleva a un incremento de la congestión del tránsito. Producto de ello, la estructura urbana resultante no es compatible con los objetivos del estado.

(Knight y Trygg 1977) en su trabajo: Impactos del crecimiento del tránsito en los usos de suelo. Experiencias recientes (traducción propia de Evidence of land use impacts of rapid transit system statistical models) analiza el impacto de la construcción de las vías de tráfico rápido en los EE UU y Canadá en el uso de suelo, a partir de la segunda guerra mundial. El análisis incluyó una revisión de la mayoría de proyectos de transporte rápido como, el ferrocarril convencional, el tren de cercanías, el metro ligero y las vías para autobús. Las conclusiones destacan la importancia de que las políticas de transporte estén en consonancia con las políticas de uso de suelo para garantizar que las futuras inversiones en infraestructura de transporte terrestre contribuyan efectivamente a la mejora de vida de la comunidad.

(Herce 1995) en su tesis doctoral “Variante de la carretera y forma de ciudad”, analiza cómo esta tipología de vías que antes atravesaba la ciudad, influye en su organización, en la disposición de las actividades sobre el espacio y en la evolución del precio del suelo en la ciudad. Realiza un análisis comparativo para un periodo de veinte años, intentando establecer una relación entre los cambios de las formas urbanas y la construcción de las variantes de carreteras.

(Serrano de la Fuente et al. 2006) analizan las transformaciones urbanas de Ciudad Real y Puerto Llano a partir de la llegada del AVE, con el objetivo de mostrar cómo ha evolucionado la relación entre la ciudad y el ferrocarril. Además intentan definir el área de influencia de cada una de las estaciones para analizar como la atracción que las mismas ejercen en su ámbito modifican el hinterland de las ciudades. Finalmente, estudian el cambio de las pautas de movilidad derivadas del nuevo sistema de transporte a través del análisis del perfil y el motivo de viaje de los usuarios en especial de los commuters. Más adelante amplían la anterior investigación, analizando los procesos de integración metropolitana que abarcan un radio de 200 km y se desarrollan con Madrid.

(Ribalaygua 2005b) analiza como el tren de alta velocidad (TAV) influye en las transformaciones a gran escala de la estructura espacial y urbana, a partir de la ubicación de las estaciones en diferentes escenarios de la ciudad ya sean tejidos urbanos maduros, periferias, o grandes terminales de transporte. Analiza las relaciones entre la planificación urbana y las infraestructuras de transporte, desde el conocimiento empírico y normativo hasta los actores sociales que inciden en las decisiones de las políticas sectoriales. El estudio reconstruye los procesos de planificación local y transnacional para las regiones de Rhône-Alpes, Randstad, Baden-Württemberg, Cataluña y sus ciudades centrales. Un aporte importante de este estudio es que evidencia que el común denominador en los conceptos de planificación examinados es la "metropolización", que evidencia los procesos de transformación funcional y morfológica de las ciudades. De esta manera se produce una vinculación entre los cambios sugeridos desde la planificación espacial de la infraestructura, el diseño urbano, el diseño arquitectónico y la ubicación de las estaciones del TAV con los marcos institucionales que gestionan los procesos de transformación en las distintas regiones.

(Bellet, Alonso, y Casellas 2010) analizan, los efectos que se producen en el territorio por la construcción del tren de alta velocidad. De un lado, revisan que elementos socioeconómicos se potencian y porque. En cuanto al territorio, analizan los efectos que generan la implantación y la puesta en marcha del servicio. Finalmente, sugieren un conjunto de políticas y acciones de acompañamiento que deben aplicarse a escala local para obtener un óptimo aprovechamiento de las oportunidades introducidas por la infraestructura.

Los principales aportes de este estudio, hacen referencia a la maximización de la accesibilidad en función de las características de la red y del grado de articulación con las demás redes. Además, señalan el efecto que tiene el nivel y las características del servicio sobre las relaciones

en el territorio al que pertenecen. Otro aspecto relevante que se observó es la formación de nuevos mercados producto de las nuevas dinámicas entre ciudades y territorios distantes, así como, el incremento de los mercados laborales próximos. Finalmente, sugieren que para integrar paulatina y correctamente el tren en los diferentes periodos de puesta en marcha y servicio, es necesario desarrollar políticas que faciliten la gestión del territorio desde la planificación.

(Garmendia 2010) en la tesis doctoral “Cambios en la estructura urbana y territorial facilitados por la alta velocidad ferroviaria. La línea Madrid-Sevilla a su paso por la provincia de Ciudad real”. Genera un marco conceptual y metodológico sobre la influencia de la estructura territorial en las infraestructuras de transporte particularmente, para el caso de las nuevas líneas y estaciones ferroviarias de alta velocidad. Para Ciudad Real, la investigación busca caracterizar la movilidad de la población y el uso del AVE (alta velocidad española). Concretamente, explicar las diferentes características de los desplazamientos a Madrid en AVE frente a los realizados por la autovía A-4. Para ello, realiza un análisis para un periodo de 20 años con el fin de caracterizar el papel de los principales núcleos de la provincia a lo largo de este tiempo y la relevancia de las infraestructuras de transporte en la consolidación de los mismos. La metodología aplicada analiza especialmente la evolución de la edificación, la evolución de los precios y las preferencias de localización de la vivienda.

Las conclusiones obtenidas muestran que de un lado el AVE y la universidad refuerzan la jerarquía de Ciudad Real debido al incremento de los flujos de tipo comercial, sanitarios y de negocio propiciados por el AVE. También, se observa que los núcleos al este de la provincia y ubicadas en torno a la autovía A-4 se consolidan como cabeceras comarcales en el periodo de análisis.

Otra importante conclusión de este trabajo es que muestra el efecto de cada una de las infraestructuras de transporte analizadas en la articulación territorial. Particularmente, la autovía A-4 genera una fuerte vinculación laboral entre algunos núcleos del noreste de la provincia de Ciudad Real y Madrid por efecto de los cambios en la distancia. Mientras que el AVE integra de forma discontinua a Ciudad Real y Puerto Llano con el mercado laboral de Madrid facilitando las relaciones de negocios.

Finalmente, el análisis de las dinámicas inmobiliarias señala que cerca de la estación del AVE se ubican hogares familiares de propietarios especialmente commuters, mientras que alrededor de la universidad se ubican hogares no familiares en alquiler. Esto evidencia que hay un mayor incremento del mercado inmobiliario a nivel local y provincial que a escala intraurbana.

1.8.3 Estudios sobre Infraestructura de transporte y Centralidad

Los estudios realizados en este campo se desarrollan desde la teoría de la interacción espacial. La mayoría de ellos tiene en cuenta la ubicación de los nodos y las características de los flujos que definen la estructura real de los sistemas urbanos como explican los trabajos de (Hugues

1992); (Limtanakool, Schwanenb, y Dijstb 2009). Las investigaciones más prolíferas en este campo provienen de la economía, y de la geografía.

Desde la economía (Batten 1995) destaca la importancia de las infraestructuras de transporte y de los corredores que configuran en el desarrollo de las relaciones de complementariedad y cooperación entre diferentes núcleos urbanos. Además hace énfasis en el efecto económico de estas configuraciones Policéntricas, “los corredores de transporte que se forman apoyados por las Infraestructuras de transporte viarias contribuyen al fortalecimiento de las relaciones de complementariedad potenciándose el sector económico y facilitando las actividades basadas en el conocimiento como la investigación, la educación y las artes creativas”. En cuanto al desarrollo de las relaciones de cooperación las empresas del sector pueden beneficiarse de las sinergias del crecimiento a través de la reciprocidad y del intercambio. En este estudio se presentan los casos del Randstad en Holanda y de Kansai, en Japón.

(Kloosterman y Musterd 2001) describen la importancia del policentrismo en la planificación de la ciudad, argumentan como los avances en la tecnología del transporte y comunicación mejoran la conectividad y potencian las economías globales. Analizan la evolución de la escala intraurbana, local o metropolitana de las ciudades. También, explican cómo se pasa de un modelo monocéntrico a una configuración urbana más policéntrica, utilizando la hipótesis que se refuerza su hinterland y pueden competir con los núcleos urbanos originales de acuerdo con el trabajo de (Garreau, 1991) que citan los autores.

Desde el ámbito geográfico el estudio de los procesos sociales y económicos (como los desplazamientos, las relaciones entre las empresas, negocios y consumo) está aumentando de forma continua como se observa en los trabajos de (Van der Laan 1998); (Frändberg y Vihelmsom 2003) y (Urry 2004). Los resultados muestran una compleja formación de vínculos funcionales entre las regiones urbanas históricamente separadas a una escala interregional.

(Hall y Pain 2006) desarrollan el proyecto Polynet que analiza y compara el funcionamiento de ocho regiones del Noroeste de Europa. Utilizando como criterio de delimitación las áreas funcionales FURs (de su sigla en inglés) y estudiando la densidad de los flujos de información y personas. Los resultados señalan que se está configurando una región policéntrica a la que denominan mega-ciudad región policéntrica, definida en función de sus conexiones internas a partir de intercambios externos de información.

También, explican la descentralización de personas y funciones desde un asentamiento central de gran importancia histórica hacia otras ciudades adyacentes por efecto de las redes viarias. Las observaciones detallan la existencia de 10 a 50 ciudades de diferente tamaño físicamente separadas, pero funcionalmente conectadas que configuran polos económicos de gran importancia generando una nueva división funcional del trabajo.

El estudio tuvo como fundamento cuatro elementos: Los principios de jerarquía urbana expuestos por Friedmann (1997) y Sassen (1991) que aluden a la globalización; los principios de red de ciudades desarrollados por Taylor (2001) y Taylor (2004^a) como citan (Hall y Pain 2006),

el reconocimiento de las ciudades región globales que consideran que las regiones tienen mayor probabilidad de emerger como actores económicos y políticos, y, la dimensión de los flujos de (Castells 1998).

En *síntesis*, la revisión de los antecedentes señala que la mayoría de estudios realizados para analizar la relación entre infraestructura de transporte y estructura urbana en general, utilizan diferentes técnicas de análisis dependiendo del grado de complejidad que involucre el estudio. Dentro de las más utilizadas está el uso de diferentes modelos que tratan de estimar a partir de una situación conocida la evolución de determinadas características como la movilidad, la accesibilidad, el desarrollo económico, la localización de actividades, el mercado inmobiliario, la evolución residencial, etc. Cuando se pretende realizar un análisis muy complejo en la mayoría de casos se recurre a aplicar técnicas como encuestas, entrevistas, realizar análisis comparativo entre dos situaciones, análisis de tipo estadístico utilizando diferentes indicadores de tipo territorial y se recurre a menudo al análisis de casos puntuales.

Finalmente, se observa que las técnicas utilizadas cada vez integran herramientas más sofisticadas que facilitan cuantificar determinados elementos del territorio que son de difícil acceso.

1.8.4 Estudios que relacionan policentrismo e infraestructura de transporte

En este apartado se presentan los estudios que tienen como objetivo evaluar o cuantificar el policentrismo producido por las infraestructuras de transporte. En este grupo hay dos enfoques, los que utilizan métodos morfológicos basados en la densidad y el tamaño de los asentamientos y los métodos funcionales que están basados en el estudio de la intensidad de los flujos que se producen cuando se tienen en cuenta las relaciones de complementariedad y cooperación entre ellos.

(Baum 2007) en su trabajo Efecto de las autopistas en la suburbanización (traducción propia de *Did highways cause suburbanization*) utilizó técnicas econométricas para evaluar el efecto de la construcción de las autopistas interestatales⁸ en EE UU en la forma urbana observando el cambio demográfico producido durante el periodo comprendido entre 1950 y 1990. Para ello utilizó la siguiente formulación matemática:

$$\Delta \log N_i^c = \delta_0 + \delta_1 \Delta r a y_i + \delta_2 r_{ci} + \delta_3 \Delta \tilde{\omega}_i \delta_4 \Delta \log N_i^{MSA} + \delta_5 \Delta \bar{G}_i + \varepsilon_i$$

⁸ Las autopistas interestatales son rutas que atraviesan las ciudades americanas o pasan cerca de ellas a una distancia máxima de 1.6 Km.

En la anterior expresión las variables explicativas utilizadas son, el radio de la ciudad central (r), el ingreso promedio anual de los habitantes de la ciudad (w), el crecimiento de la población de la región metropolitana (NMSA) y el cambio en el coeficiente de Gini (G).

Los resultados demuestran que cada nueva autopista está asociada con una disminución del 6% en la población de la ciudad central, que llega a incrementarse hasta el 12% si se tiene en cuenta variables como el nivel de ingreso y la descentralización del empleo entre otros. En algunos casos cuando las ciudades tienen acceso a más de dos autopistas esta reducción puede estar del orden de 28%, produciéndose un incremento del 72% en el crecimiento de las áreas metropolitanas durante los cuarenta años de análisis.

(*Seitanidis et al. 2009*) en el trabajo Evaluación del impacto de la autovía orbital Egnatia en el desarrollo del policentrismo (traducción propia de *An Assessment Of Egnatia Motorway's Impact On Polycentric Development*) evalúa el cambio que se produce en el policentrismo por la construcción de la vía Egnatia y el corredor que esta configura con los ejes verticales que la cruzan en el norte de Grecia. La autovía tiene una gran importancia porque es uno de los principales corredores que conecta Europa con Asia en el norte y sus ejes verticales enlazan el país con el sur-oeste de Europa. A nivel nacional ha sido concebida para ayudar en la transición del modelo espacial vigente, siguiendo, las directrices que marca la política de ordenamiento territorial de la UE.

La metodología aplicada está en consonancia con las investigaciones previas realizadas en el proyecto ESPON y parte de un marco teórico estructurado alrededor de la premisa que define el policentrismo espacial en función del tamaño y la localización de los centros (policentrismo morfológico) y la fuerza de la relación entre ellos (policentrismo funcional).

Así, la metodología se aplica para dos situaciones denominadas *antes* y *después* de la construcción de la vía. Se utilizan indicadores socio económicos (población y producto interno bruto) y de accesibilidad en función de los viajes entre los diferentes centros urbanos. La aplicación de los indicadores conduce a las siguientes conclusiones: Respecto al aspecto morfológico, el tamaño de los centros urbanos no ha experimentado un cambio sustancial que permita visualizar alguna modificación importante en el monocentrismo que caracteriza la región, lo que si se observa es que se ha generado un mayor equilibrio. Los pequeños sistemas urbanos han incrementado sus áreas de influencia por la mejora de la prestación de servicios entre ellos.

Referente al policentrismo funcional, la investigación arroja importantes aportes; en primer lugar la conectividad observada a través del análisis de la frecuencia y la forma de los flujos entre los diferentes centros dibuja, una evolución de la accesibilidad que a su vez produce una significativa variación de la movilidad. La anterior observación tiene como base que el cambio en la accesibilidad es significativo en las poblaciones más pequeñas así, se reduce la desigualdad entre los centros urbanos. En segundo lugar el incremento de los flujos medido en referencia a

la IMD⁹ refleja que aunque el saldo de flujos en la zona no se incrementa considerablemente, la duración de los viajes por el contrario, se incrementa. Particularmente, desde Salónica a los principales centros urbanos de Epiro y Tracia.

Se identifica un sistema de centros urbanos que tienen el potencial de conectividad y de desarrollo de las relaciones funcionales. Finalmente el autor hace hincapié de que el efecto de las infraestructuras de transporte en la estructura urbana depende en gran medida de las políticas espaciales y de cómo estas se aplican.

(De Goei et al. 2010) en su trabajo *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East UK: Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* utiliza los viajes por desplazamiento diario al trabajo de la región suroeste del Reino Unido para los periodos de 1981-1991 y 2001 con el objetivo de cuantificar el cambio en las relaciones de dependencia entre las unidades espaciales. La metodología utilizada aplica un modelo de gravedad que incorpora sub-modelos que permiten estudiar la tendencia en el tiempo de los flujos. Los análisis se realizaron a nivel de escala intra e interurbana. Los resultados indican que la región Sur Oriente de Londres, todavía, no constituye una red urbana plenamente integrada. Sin embargo, la intensidad de las interdependencias espaciales dentro de los distritos suburbanos indica que los nodos suburbanos operan cada vez más de manera independiente a la ciudad central.

Los resultados particulares, a nivel de escala intra-metropolitana, describen una estructura espacial mixta entre el monocentrismo y el policentrismo aupada por la construcción de infraestructuras de transporte, la creación y reubicación del empleo y la construcción de vivienda. A escala interurbana se aprecia una estructura monocéntrica, aunque existe una disminución en las relaciones de jerarquía. Los autores ofrecen unas conclusiones generales para el ámbito académico, que se listan a continuación.

En primer lugar, señalan que los viajes aunque son óptimos para el estudio de la estructura urbana no son un indicador perfecto para evaluar la interacción debido a que la mayoría de personas prefieren trabajar cerca del lugar de residencia. Es necesario utilizar otras formas de interacción que involucren variables económicas para obtener una visión realista de la estructura de los sistemas urbanos y recurren al trabajo de Glanzmann et al., (2004).

En segundo lugar, los datos disponibles provienen de la encuesta que indaga sobre el comportamiento de los desplazamientos diarios. Por lo tanto, evalúan el "espacio urbano diario" de las personas. Sin embargo, como se trata de evaluar el desarrollo de la red urbana, es más razonable suponer que las interacciones que utilizan grandes distancias no tienen lugar todos los días y que se deben buscar en el "espacio urbano semanal" o "espacio urbano mensual" de las personas, utilizando los desarrollos académicos de Green et al. (1999) que describen cómo los desplazamientos semanales a grandes distancias están suplantando cada vez más la migración.

Estos "súper desplazamientos" no se tienen en cuenta en la actualidad, debido a que las personas que se desplazan semanalmente a menudo tienen dos lugares de residencia y señalan puntualmente los resultados obtenidos por Green et al. (1999) que estiman que en Gran Bretaña

⁹ IMD. Intensidad media diaria medida en vehículos/día

el número total de personas que llevan a cabo este tipo de desplazamientos es del 1% del número total de residentes con empleo.

En tercer lugar y relacionado con el punto anterior sugieren, que para una investigación futura sobre policentrismo funcional y desarrollo de la red urbana se evalúen otros tipos de viajes algo menos frecuentes como los viajes de placer y de negocios apoyando la propuesta de Lambooy, (1998); Hall y Pain, (2006), además ven la necesidad de evaluar otros tipos de relaciones funcionales entre las ciudades, como el comercio interurbano mencionado en los trabajos de Davoudi, (2008) y Van Oort et al, (2009) como los autores referencian.

Finalmente, los resultados empíricos presentados en este trabajo tienen implicaciones en las políticas urbanas. La observación de la mayor evolución de la escala intraurbana respecto a la escala interurbana sugiere, que la planificación del transporte debe enfocar principalmente sus inversiones a la red secundaria.

(García 2012) en su trabajo Estructura espacial urbana, suburbanización y transporte en Barcelona (traducción propia de Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona) Investiga como la mejora de las infraestructuras de transporte modifican los patrones de localización de la población durante el periodo comprendido entre 1991 y 2001. Se aplica la metodología desarrollada por Baum Snow (2007) a una menor escala geográfica, la sección censal. Se utiliza los censos de población, los cambios de distancia medidos desde los puntos de conexión de la sección censal más cercanos a las autopistas que los cruzan y la distancia a la estación de ferrocarril más próxima. Se utilizan tres instrumentos históricos viarios a nivel intrametropolitano: las vías romanas, las principales carreteras del siglo XVIII y la red de ferrocarriles del siglo XVIII.

Esta investigación trata de explicar los siguientes tres puntos: en primer lugar, destacar la importancia de las infraestructuras de transporte en la configuración de la ciudad. En segundo lugar, mostrar la importancia de los análisis de este tipo para la planificación. Específicamente, lo útiles que pueden ser para establecer políticas de planificación diferenciadas espacialmente, y establecer estrategias para las diferentes áreas de la ciudad: CBD, subcentros y áreas suburbanas no centrales.

Los resultados obtenidos ratifican que las carreteras causan suburbanización, evidencian además el incremento de la población de las áreas que acogen la infraestructura. También muestran la modificación de la población del CBD. De otro lado indican que el efecto de las infraestructuras de transporte es paulatino, es decir, depende de la etapa de construcción y puesta en servicio de la misma. Respecto al grado de desarrollo de la urbanización resalta la importancia de las tipologías de vivienda y la densidad de los desarrollos residenciales.

(De las Rivas, Alvarez, y Paris 2013) en el trabajo "Corredor industrial Valladolid – Palencia: conurbación emergente entre dos polos urbanos consolidados" realiza un análisis del territorio del corredor del Pisuerga entre las ciudades de Valladolid y Palencia que concentra los flujos

más intensos de la región de Castilla y León y que históricamente soporta un alto peso de transporte internacional por carretera. El análisis se realiza a través de tres aproximaciones complementarias, primero se hace un análisis de la evolución histórica del sistema infraestructural viario de la región resaltando la importancia del corredor en la conformación del territorio, la segunda aproximación tiene que ver con un análisis demográfico del sector a partir de dos variables: la densidad de población y el tamaño de los núcleos, con el fin de evaluar la variación de la concentración poblacional e identificar la importancia de la proximidad de los núcleos urbanos desde las dinámicas demográficas. Finalmente, se analiza el sector industrial de Valladolid y Palencia, que son los principales núcleos que configuran el corredor y los que presentan un mayor crecimiento en su entorno.

Las principales conclusiones de la investigación, demuestran que Valladolid y Palencia como principales centros industriales del sector son los que dirigen las relaciones con los municipios aledaños y establecen una clara polaridad sobre el corredor, que, para los anteriores asentamientos facilita un efecto difusor en sus bordes e influye en la estructura de las dos ciudades.

En Palencia se observa que el corredor es factor de localización de actividades productivas, más en este sector no hay presencia de espacios residenciales al interior, ello contribuye a que no existan espacios de centralidad complejos.

En Valladolid existe urbanización hacia los bordes por lo que el corredor ofrece accesibilidad a estos sectores. El hecho de que en el corredor existan estos dos polos tan definidos, permite decir acerca de él, que es, un elemento independiente de la red estatal centralizada, tiene personalidad territorial propia y potencialidad evidente.

Así mismo, el corredor cumple una función supra-regional y lineal de transporte, consolida las centralidades existentes sin garantizar la continuidad de lo urbano en sus bordes, fomenta la centralidad urbana a través de la accesibilidad que no es equidistributiva en todo el recorrido.

(Martínez Sánchez-Mateos et al. 2014) en el trabajo: Efecto de la accesibilidad por carretera en la articulación de las estructuras espaciales metropolitanas. El caso de Madrid (España). (Traducción propia de Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain)). Proponen una metodología para identificar los límites de las ciudades desde el policentrismo morfológico. Para ello, utilizan tres indicadores de accesibilidad a la red vial: un indicador de contorno, el indicador de potencial de accesibilidad a las redes urbanas, y un indicador de evaluación de competencia. El análisis realizado en este trabajo se ha desarrollado para la región metropolitana de Madrid. El periodo de análisis va de 1981 hasta 2011 y utiliza variables de tiempos de viaje, de población total de trabajadores y empleo.

Las conclusiones de este trabajo señalan la utilidad de la accesibilidad en la caracterización de los sistemas urbanos que están evolucionando hacia estructuras policéntricas. En general, las mejoras en el transporte y las carreteras han influido mucho en la ampliación de las zonas de captación (zonas de extensión de las economías de aglomeración) y el fortalecimiento de los niveles de accesibilidad en las zonas centrales de las regiones metropolitanas.

Lo anteriormente expuesto, ha beneficiado la relocalización de las actividades económicas hacia un número limitado de subcentros, dando lugar a un modelo urbano policéntrico. Además facilita la caracterización de las regiones metropolitanas policéntricas y la diferenciación de los perfiles de la ciudad entre los subcentros que organizan estas estructuras urbanas emergentes.

En particular, la metodología propuesta permite explicar tres características fundamentales de los sistemas urbanos: la integración, la interacción y el perfil de la ciudad.

Los resultados obtenidos se pueden resumir en tres aspectos: en términos de extensión, en términos de estructura urbana y en términos de complejidad del sistema urbano dependiendo del perfil del subcentro que se analice.

En términos de extensión se observa la integración paulatina de diferentes territorios, así como, la fusión de los mercados de trabajo y de lugares de residencia. En términos de estructura urbana, se constata el incremento de las relaciones entre las capitales de provincias cercanas y Madrid, independientemente de la distancia. Finalmente, respecto a la complejidad, la competencia por los puestos de trabajo y de los trabajadores muestra cómo ciertos lugares con características relativamente similares adoptan diferentes perfiles, de acuerdo a si está especializado en la captación o emisión de trabajadores ello facilita reforzar su papel como centro de empleo o centro residencial o una combinación de los dos.

Por último, los autores hacen hincapié en la importancia que para estos estudios representan los factores económicos y sociales.

(Costa et al. 2014) en su trabajo *The concept of Polycentrism in Infrastructure networks an application to airports*, aplica, el concepto de policentrismo interregional para evaluar el comportamiento de los aeropuertos de la región norte de Portugal y España. En Portugal se estudia la ciudad de Oporto que se caracteriza por ser una conurbación consolidada y la segunda ciudad más importante del país, en ella se encuentra el aeropuerto internacional Sá Carneiro con un flujo de seis millones de personas por año y una oferta de 61 destinos. Para España se analiza la región de Galicia configurada por siete ciudades concentradas a lo largo de la costa con tres aeropuertos ubicados en las ciudades de Santiago, A Coruña y Vigo cuya oferta es de 27, 6 y 4 destinos respectivamente y se caracteriza por la gran dependencia con Madrid con la que funciona como una red monocéntrica.

Las regiones de estudio tienen gran proximidad y comparten una identidad cultural, están configuradas por ciudades de tamaño medio y de importancia económica similar, pero se diferencian ampliamente a nivel de estructura espacial y de políticas territoriales. En esta investigación se analiza específicamente el cambio en el policentrismo regional producido por las redes de transporte - aeropuertos.

La metodología utilizada para analizar la dependencia entre los aeropuertos usa un índice de concentración, calculado a partir de una encuesta de destinos que se realizó con información en tiempo real de los sitios web de ANA y AENA (las respectivas gestoras de los aeropuertos) en

diferentes días de la semana y diferentes temporadas para observar el comportamiento de las tarifas.

El análisis de los resultados muestra la menor dependencia que tiene el aeropuerto de Oporto con respecto a los otros aeropuertos de Portugal, por el contrario, se constata que para la región española, los aeropuertos muestran una gran dependencia, llama la atención, que la Coruña sea la ciudad que mayor dependencia tiene de Madrid. Los aeropuertos de la región española operan como alimentadores para los centros de Madrid y Barcelona, como resultado de ello, presentan elevadas tarifas en sus trayectos y mayores tiempos de viaje debido al incremento en el número de escalas. Desde el punto de vista territorial se observa que los aeropuertos de España tienen menor accesibilidad lo que se traduce en altos costes de viaje.

(Song 2014) en la tesis doctoral *Polycentric Development And Transport Network In China's Megaregions*, examina el impacto del desarrollo de la red de transporte viario, específicamente, carreteras y ferrocarriles, en el patrón espacial de las mega-regiones de China¹⁰. La metodología utiliza datos de los censos nacionales de los años 1982, 1990, 2000, 2010 y los datos de la red de transporte para los mismos años.

La metodología desarrollada está compuesta por diferentes modelos de tipo econométrico e indicadores, que evalúan entre otros los patrones espaciales de diez mega-regiones, el crecimiento de las regiones teniendo en cuenta las características propias de cada uno de los núcleos urbanos; la conectividad de la red de transporte y la accesibilidad; se examina también, el impacto de la infraestructura de transporte en el crecimiento de las regiones a nivel social, ambiental y económico todo desde la perspectiva del policentrismo. Finalmente, analiza la influencia del sistema de planificación en los diferentes procesos de descentralización que se han llevado a cabo en los últimos años en China. Los anteriores análisis se realizan utilizando una serie de modelos de tipo econométrico.

Los resultados obtenidos señalan que a nivel demográfico, se evidencia un proceso multidireccional, es decir, nueve de las diez regiones evaluadas han aumentado los índices de policentrismo tanto morfológico como funcional en el periodo 1982-1990, tendencia que no es tan fuerte en el periodo 1990-2000, donde cinco mega-regiones conservan constantes sus valores de policentrismo. A pesar de las fluctuaciones del índice de policentrismo durante los periodos de análisis, se evidencia que existe cambio. Además, se observa que el policentrismo es mayor en las regiones costeras que en las regiones interiores. A nivel regional, los índices de policentrismo generan unos resultados coherentes en los diferentes análisis; a nivel local, los análisis se realizan observando el comportamiento de la densidad de población.

Respecto de la red de transporte se observa un alto crecimiento viario y ferroviario, la densidad de la red ferroviaria especialmente se incrementó por la construcción de la red de alta velocidad

¹⁰ Las mega-regiones son conjuntos integrados de ciudades con las zonas de influencia suburbana que las rodean y en las cuales hay una gran interacción de las fuerzas de trabajo y capital. Los límites administrativos y políticos no son claros y se definen generalmente en función de términos económicos.

durante el periodo 2000-2010. Esta red particularmente, es más densa en las megaregiones de las zonas costeras en contraste con las interiores donde, la red de carreteras es menos densa.

A partir del año 2010 las políticas de planificación se enfocan en equilibrar la dotación de infraestructura en los dos tipos de regiones, resultado de ello se observa un mayor incremento de accesibilidad y conectividad a nivel local.

El autor acota que en China, los vínculos verticales y horizontales entre las regiones no están bien establecidos; la integración funcional a nivel mega-regional sigue siendo insuficiente; hay un vacío de políticas sobre cuestiones transfronterizas y falta una visión nacional.

(*Baum-Snow et al. 2012*) en *Roads, Railroads and Decentralization of Chinese Cities*, utiliza un grupo de modelos econométricos para explicar y cuantificar cual es el efecto de los ferrocarriles y las carreteras en la forma urbana de las ciudades Chinas y como estas según su tipología contribuyen a la descentralización de la población y de la actividad económica, particularmente, las actividades de manufactura, industria y servicios desde las regiones centrales a sus periferias. El análisis se realiza para el periodo comprendido entre 1990 y 2010.

En este estudio se consideran 26 de las 34 provincias que configuran el territorio de China. Las ciudades que conforman estas provincias se caracterizan por no poseer uniformidad en sus características y poseer diferentes tipologías viarias. La modelación considerando estas circunstancias constituye el principal aporte de esta investigación.

Los resultados obtenidos señalan que cada autopista radial desplaza alrededor del 4% de la población de la ciudad central a las regiones circundantes, mientras que el efecto de las carreteras de circunvalación es de aproximadamente un 20%. El ferrocarril radial reduce un 20% el PIB industrial de la ciudad central y si además, está acompañado por carreteras de circunvalación se produce un 50% adicional de reducción en los desplazamientos de la manufactura y la localización residencial de los trabajadores que se dedican a esta labor. Así, se observa que las carreteras radiales descentralizan la actividad de servicios, los ferrocarriles radiales descentralizan la actividad industrial, las carreteras de circunvalación contribuyen a descentralizar las dos actividades.

En *síntesis*, los estudios presentados hasta ahora sobre la relación de infraestructura de transporte y policentrismo, utilizan en su mayoría herramientas de modelación de la *economía* (métodos econométricos), del transporte (modelo de gravedad en sus diferentes versiones) y de la geografía (análisis espacial). Las metodologías utilizadas en la mayoría de ellos utilizan una mezcla de indicadores de diferente naturaleza (morfológicos y funcionales). La mayoría de los métodos utiliza información relativa a los flujos en general. Las características más comúnmente evaluadas y cuantificadas son la accesibilidad, los cambios en los flujos de movilidad laboral, la concentración, la densidad, las dinámicas demográficas, aspectos socioeconómicos, etc. Otro elemento importante para la elección de los análisis es la escala. Finalmente, los análisis anteriormente expuestos se aplican a proyectos que ya están en servicio y que reflejan los cambios que se producen.

Capítulo 2. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

De la revisión bibliográfica se extrae que la metodología a utilizar debe tener un enfoque mixto, y evidenciar la relación entre policentrismo e infraestructura. Por ello se usa indicadores de tipo morfológico y funcional que permiten una evaluación del proyecto en una etapa de previsión inicial y que posibilitan un análisis para un periodo temporal de 12 años, a partir del primer año de puesta en servicio de la infraestructura. Los estudios referenciados en esta investigación en su mayoría se realizan cuando ya está en servicio la infraestructura viaria es decir los análisis son de tipo retrospectivo y para realizarlos se cuenta con información actualizada y real. Los métodos de los estudios analizados generalmente utilizan datos de flujos de viaje y datos de tipo económico. Teniendo en cuenta que la investigación aquí propuesta busca hacer una *previsión de los efectos* en la estructura urbana policéntrica de la RMB y que no existen datos para la situación analizada, se elige como variable de análisis la *movilidad laboral*. Los flujos de movilidad reflejan las relaciones entre las infraestructuras y el territorio y permiten detectar la formación del policentrismo. Además, evidencian la interacción independientemente del enfoque que se adopte.

Para esta investigación las previsiones de movilidad se estiman utilizando un modelo de interacción espacial de tipo gravitacional acotado a origen que utiliza como datos de entrada la movilidad base y la distancia.

La movilidad *base* es la estructura origen destino de la movilidad laboral, representada en su evolución tendencial en el tiempo, sin la inclusión del proyecto que se está evaluando. Como base puede incluir proyectos programados en el tiempo y proyectos ya definidos. Para calcular la movilidad base para un determinado año de diseño, es necesario disponer de información acerca del crecimiento esperado en el periodo de análisis para el área de estudio. Generalmente se utiliza información sobre el crecimiento de la población, del número de viajes generados o atraídos por cada zona, etc. La distancia se calcula utilizando el software SIG Transcad.

El policentrismo se evalúa mediante una combinación de indicadores de tipo morfológico y funcional para tres ámbitos administrativos diferentes RMB, coronas a igual distancia de Barcelona y subcentros de empleo. Específicamente el policentrismo morfológico se evalúa a través del indicador de Shannon desarrollado en función de la densidad de los LTL. Para evaluar el policentrismo funcional se plantea el indicador de Green y el indicador de potencial de accesibilidad en función del volumen de LTL. Para evaluar el efecto de la B-40 en las dinámicas de las redes de ciudades se hace un análisis a nivel de corredor de transporte, el análisis se realiza para la situación *con* proyecto y se definen los nuevos corredores teniendo en cuenta la B-40. Para ello se usan los indicadores de cohesión interna, dependencia funcional y dispersión que permiten caracterizar las áreas de influencia.

Los análisis en general se realizan para tres años 2008, 2014 y 2020 que definen tres periodos (2008-2014); (2014-2020) y (2008-2020) con el objeto de apreciar la evolución del impacto de la B-40 en un periodo de 12 años, en los análisis a nivel de corredor los periodos de análisis son (2008S-2014C); (2014C-2020C) y (2008S-2020C).

Los *indicadores* propuestos para cuantificar el policentrismo se calculan y presentan por separado, sin la creación de un indicador de policentrismo compuesto, por las siguientes razones:

- Para observar la modificación de los patrones de viajes que se generan en la RMB por la construcción de la B-40, se estima la movilidad laboral para diferentes periodos temporales y, por lo tanto, no es posible combinar datos provenientes de diferentes épocas en un único indicador para un tiempo específico.
- Teniendo en cuenta que existen diferentes interpretaciones del concepto de policentrismo, no es probable asignar un determinado peso a cada magnitud que configure un indicador compuesto.
- Finalmente, para obtener conclusiones más específicas, es necesario observar el comportamiento de cada indicador por separado, así es posible obtener conclusiones más específicas en cuanto a los impactos directos o indirectos en el policentrismo de las infraestructuras de transporte viarias.

El propósito de este capítulo es presentar la metodología y las fuentes de información utilizadas para evaluar el efecto en la estructura urbana policéntrica por la construcción de la autovía B-40 en la RMB. Este capítulo está estructurado en dos partes. La primera parte está destinada a explicar los métodos utilizados en esta investigación en los capítulos 3 y 4. En la segunda parte de este capítulo se presentan las bases de datos utilizadas, sus características y las posibles limitaciones en lo referente a periodos temporales y unidades de análisis.

2.1 Desarrollo de la Metodología

El objetivo de esta investigación es analizar el impacto de la autovía B-40 en la estructura urbana policéntrica de la región metropolitana de Barcelona RMB, particularmente, cuantificar el cambio en el policentrismo por la construcción de la B-40, a partir, de la relectura de los cambios en la distancia y la modificación de las relaciones funcionales producidas por la variación de los patrones de movilidad. Igualmente se propone desarrollar un marco metodológico para evaluar la relación policentrismo e infraestructura de transporte. El objetivo pretende ser alcanzado en tres etapas diferentes, en la *primera etapa* se realiza un diagnóstico sobre las dinámicas de la RMB; en la *segunda etapa*, se realizan las estimaciones de movilidad utilizando un modelo gravitatorio acotado a origen que predice proporciones de movilidad considerando la variación de la distancia. En la *tercera etapa* se cuantifica el policentrismo para dos escenarios diferentes: situación *sin* proyecto (situación actual) y situación *con* proyecto o situación futura (la red contiene el trazado de la B-40 propuesto por el PTMB) con el propósito de hacer comparaciones y evaluar si existe o no cambio en el policentrismo de la RMB.

- En la **Primera etapa** se busca evaluar y hacer un diagnóstico de las actuales dinámicas territoriales de la RMB, con el fin de conocer las características de la estructura urbana en

términos de policentrismo. El análisis desarrollado en esta etapa busca evaluar los cambios producidos en las siguientes ocho características del territorio, los cambios demográficos, de vivienda, de actividad económica, de dinámicas de empleo, de la localización del empleo, de la movilidad, de la movilidad residencial y de los usos de suelo.

Para analizar los cambios demográficos y de la oferta de vivienda se analiza la información procedente del censo para los años 1981, 1991, 2001 y 2011. La actividad económica, las dinámicas de empleo (LTL) y el cambio de la localización de empleo (POR) se hace para los periodos 1991, 2001 y 2011.

El comportamiento de la movilidad se analiza para los años 1981, 1991 y 2001 y se refuerza con el análisis del comportamiento de los desplazamientos dentro de la RMB consignado en la EMQ (Encuesta de movilidad cotidiana) de 2006. De diversas publicaciones científicas desarrolladas por el Centro de Política de suelo y Valoración (CPSV) se obtiene información de movilidad residencial y de la evolución de los usos de suelo de la RMB. Los análisis realizados en este grupo utilizan una serie de indicadores territoriales, que se explican en el apartado 2.3, los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 3.

- La **Segunda etapa** abarca todos los procesos necesarios para llegar al cálculo de los nuevos patrones de movilidad generados por la construcción de la B-40. La unidad de análisis es el municipio y el ámbito territorial es la RMB (164 municipios), el proceso se realiza a través de dos pasos.

En el primer paso, se calculan las matrices de distancias mínimas, para lo cual se realizan dos procesos:

1. Construcción de las redes viarias para la RMB
2. Cálculo de las matrices de distancias mínimas.

En el segundo paso, se realizan tres procesos para obtener la movilidad modelada:

1. Cálculo de las proyecciones de movilidad de diseño o base.
2. Calibración de un modelo gravitatorio acotado en origen de proporciones de viaje.
3. Cálculo de la movilidad modelada.

Los dos últimos procesos se realizan para dos situaciones diferenciadas: situación *sin* y *con* proyecto. Además, el análisis se realiza para tres años diferentes: 2008, 2014 y 2020. Los métodos utilizados se explican en los apartados 2.2.1, y sus correspondientes subdivisiones en el presente capítulo. Los resultados obtenidos y su análisis se registran en la primera parte del Capítulo 4.

- La **Tercera etapa**, engloba todos los análisis para cuantificar el cambio en el policentrismo. Se realiza un análisis mixto, utilizando indicadores de tipo morfológico y funcional. Se utilizan los tres indicadores específicos, el indicador de Shannon, indicador de Green, el indicador de potencial de accesibilidad. Los análisis se realizan para los años 2008, 2014 y 2020 y se desarrollan para diferentes ámbitos territoriales (tabla 5).

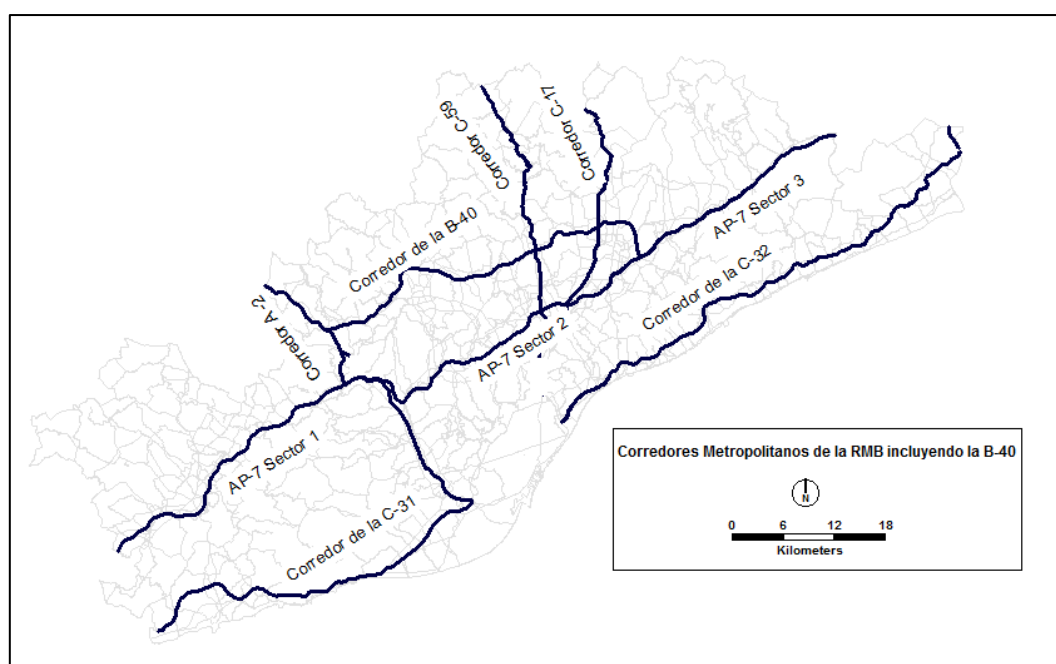
Tabla 5. Ámbitos territoriales utilizados para los análisis en esta investigación

Nº	Ámbito	Situación
1	RMB	<i>Sin y Con</i>
2	Coronas a igual distancia de Barcelona	<i>Sin y Con</i>
3	Subcentros de empleo de la RMB	<i>Sin y Con</i>
4	Corredores de Transporte	<i>Con</i>

Elaboración propia

Los corredores metropolitanos definidos en esta investigación son agregaciones de municipios que se encuentran en el ámbito de servicio de un determinado eje viario. La configuración de los corredores para esta investigación (figura 6 y la tabla 6) se realizó en función de los definidos en el plan de infraestructura de transporte PDI de 2001-2010 que no considera la B-40. Es importante aclarar que esta configuración permite el traslapeo de municipios que están servidos por dos o más ejes viarios. Finalmente, el análisis sólo se realiza para la *situación con proyecto*.

Figura 6. Corredores metropolitanos de la RMB considerando la construcción de la B-40



Elaboración propia considerando los definidos en el Pla Director d' Infraestructures de la RMB 2001-2010.

Tabla 6. Corredores metropolitanos de la RMB.

Nombre Corredor	Principales municipios
AP-7	<p><i>AP-7 primer sector:</i> Castellví de la Marca; Santa Margarida i Monjos; Vilafranca del Penedès; Pacs del Penedès; Sant Sadurní d'Anoia; Avinyonet del Penedès; Granada; Subirats; Santa fe del Penedès; Gélida; Castellví de Roses; Sant Esteve de Sesrovires; Olèrdola; Sant Cugat de Sesgarrigues</p> <p><i>AP-7 segundo sector:</i> Granollers; Montornès; Montmeló; Martorelles; Mollet del Vallès; Santa Perpètua de Mogoda; Barberà del Vallès; Ripollet; Cerdanyola del Vallès; Sant Cugat del Vallès; Castellbisbal; El Papiol.</p> <p><i>AP-7 tercer sector:</i> Roca del Vallès; Llinars del Vallès; Cardedeu; Sant Celoni; Santa Maria del Penedès; Vilalba Sasserra.</p>
C-31	Cubelles; Vilano i la Geltrú; Sant Pere de Ribas; Sitges; Viladecans; Castelldefels; Gavà; El Prat de Llobregat; San Boi
C-32	Mongat; Alella; Premià de Dalt; Premià de Mar; Vilassar de Dalt; Vilassar de Mar; Cabrera de mar; Mataró; Sant Andreu de Llavaneres; Tordera; Malgrat de Mar; Santa Sussana; Arenys de Munt; Arenys de Mar; Sant Vicenç de Montalt; Tiana; el Masnou; Teià; Canet de Mar; Sant Pol de Mar; Calella; Pineda de Mar
A-2	Collbató; Esparraguera; Abrera; Martorell; Castellbisbal; Sant Andreu de la Barça; Sant Esteban de Sesrovires; Castellví de Rosanes; Olesa de Montserrat.
C-59	Castellterçol; Sant Quirze Safaja; Sant Feliu de Codines; Caldes de Montbui; Palau Solità i Plegamans; Santa Perpètua de Mogoda; Granera
C-17	Aiguafreda; Tagamanent; Figaró-Montmany; La Garriga; Ametlla del Vallès; Mollet del Vallès; Parets del Vallès
B-40	Abrera; Olesa de Montserrat; Viladecavalls; Terrassa; Sabadell; Sentmenat; Palau Solità i Plegamas; Caldes de Montbui; Lliça d'Amunt; Santa Eulàlia; Ametlla del Vallès; Canovelles; Franqueses del Vallès; Granollers; la Roca del Vallès.

Elaboración propia en base a los corredores definidos en el Pla Director d' Infraestructures de la RMB 2001-2010.

Las diferentes formulaciones matemáticas utilizadas en este apartado se explican en los numerales 2.2.2 y 2.2.3 y sus correspondiente subapartados. Los resultados se consignan en el capítulo 4.

En resumen, para el desarrollo de esta investigación se utilizó la red de carreteras de la RMB proporcionada por el SIMCAT, el algoritmo del Shortest Path de transcad para el cálculo de las matrices de distancias mínimas; un modelo de factor de crecimiento de promedio doblemente acotado y un modelo gravitacional acotado a origen para calcular proporciones de movilidad modelada; indicadores de policentrismo morfológico y funcional para evaluar si existe cambio en la estructura urbana de la RMB. Y una serie de indicadores territoriales utilizados para el análisis de los resultados obtenidos.

2.2 Técnicas utilizadas para evaluar el efecto de la autopista B-40 en la estructura urbana policéntrica de la RMB.

Con el fin de explicar de manera concreta y breve los métodos utilizados en esta tesis para analizar los cambios que se producen en la estructura urbana policéntrica de la RMB por la construcción de la autovía B-40, se optó por usar una combinación de índices y técnicas cuantitativas. Los datos se han procesado utilizando técnicas de estadística espacial y sistemas de información geográfica SIG, que consideran el componente espacial de la localización de la actividad (LTL) sobre el territorio como base para la identificación de los cambios que experimenta la estructura urbana. De acuerdo con la figura 5 la metodología para analizar la relación entre el policentrismo e infraestructuras de transporte particularmente carreteras se dirige a tres finalidades concretas

- En primer lugar, a conocer los cambios en la estructura de los viajes para los diferentes municipios de la RMB que se generan cuando se inserta en el territorio una nueva infraestructura viaria para tres años diferentes que abarcan un periodo de 18 años.
- En segundo lugar, valorar como el parámetro de fricción de la distancia interviene en la magnitud de esos cambios. Analizar si la variación de ese parámetro, muestra las diferencias espaciales que caracterizan los mercados locales de trabajo, así como su transformación.
- En tercer lugar, conocer las características generales y estructurales de la RMB, a través de la aplicación de tres indicadores de policentrismo que permiten valorar la intensidad o el grado de generalización de los movimientos para los diferentes municipios. También, se busca ponderar el papel que juega el atractivo de los destinos en la configuración del sistema urbano de la RMB, así como su tendencia evolutiva Teniendo en cuenta las concentraciones espaciales de empleo (LTL) en el periodo analizado.

2.2.1 Procesos para el cálculo de la movilidad modelada

Este grupo comprende, la modelización de la red viaria, la obtención de las matrices de distancias mínimas, las proyecciones de la movilidad base y la calibración de un modelo gravitatorio de proporciones de viaje acotado a origen para calcular la movilidad modelada.

2.2.1.1 Diseño de la Red viaria.

Dentro del proceso de modelización, la red de transporte constituye la oferta, entendida esta, como lo que ofrece el sistema de transporte para cubrir todos los desplazamientos que se producen al interior de un ámbito territorial. Un grafo viario se puede representar con diferentes niveles de agregación y de jerarquía dentro de un modelo como se cita en (Ortuzar y Willumsen 2009). En esta tesis se utiliza un grafo dirigido u orientado configurado por dos planos, uno de nodos y otro de arcos. El plano de nodos contiene dos tipos de información, nodos viarios y centroides. A continuación, se explican más detalladamente los principales elementos de la red.

- Arcos

Segmentos rectos cuyo origen y final es un nodo. Constituyen una serie de posiciones unidas y ordenadas que facilitan modelar los elementos lineales del territorio como, carreteras.

- Nodos

Los nodos no poseen dimensión, son puntos que se representan por unas coordenadas de longitud/latitud, su importancia radica en que son los que definen la posición en el territorio. Los nodos de la red viaria generalmente representan intersecciones. Un caso particular de nodos son los centroides, que representan la localización de un asentamiento o polígono. Para este trabajo se tiene 164 centroides cuyas coordenadas corresponden al sector más urbanizado de la unidad de análisis para este caso el municipio.

- Conexión de la red viaria y los centroides

Para conectar los centroides con la red viaria, se utilizan arcos en línea recta entre un determinado centroide y el nodo viario más cercano, motivo por el cual se trata de tramos de corta longitud. Son elementos que no representan una situación real, pero necesarios para obtener información de determinada clase, la información temática que brindan para esta investigación, se reduce a la distancia. La figura 7, muestra el proceso desarrollado, utilizando el software transcad.

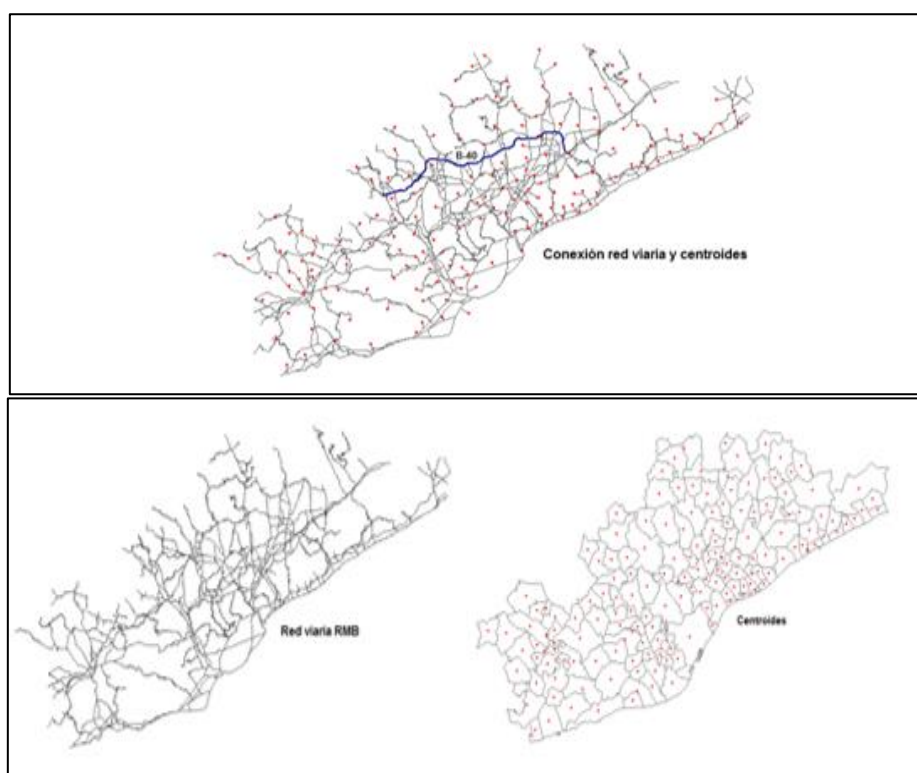
El proceso de conexión se realiza para dos situaciones: *sin* proyecto (estado actual) y *con* proyecto (red actual+B-40). La tabla 7 describe los elementos de las redes para las dos situaciones.

Tabla 7. Geometría de las redes de análisis de distancias mínimas.

Tipo de Distancia	Nodos y Arcos	Centroides
Euclidiana	---	164
Red viaria Actual	1365 y 1637	164
Red viaria actual + B-40	1367 y 1650	164

Elaboración Propia.

Figura 7. Proceso de conexión de la red viaria y los centroides en transcad.



Elaboración propia

2.2.1.2 Características de la red viaria utilizada

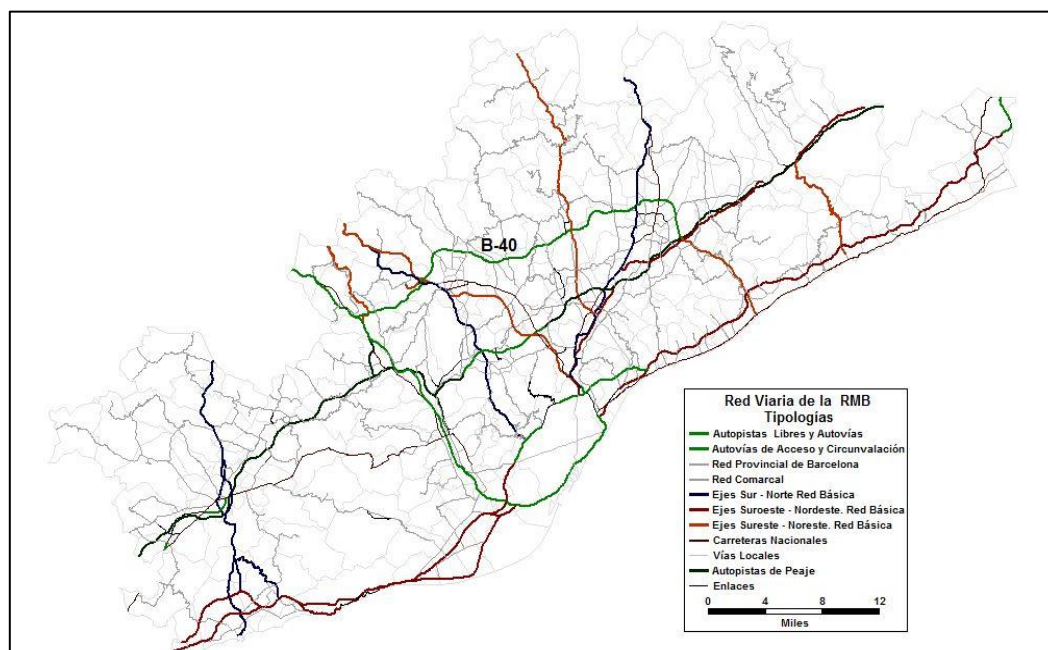
El grafo viario utilizado ha sido calibrado por el Sistema de Información y Modelización para la Evaluación de Políticas Territoriales de Cataluña (SIMCAT) por la empresa Mcrit, a partir de cartografía 1:50.000 del Instituto Cartográfico de Catalunya (ICC). El grafo corresponde al año 2008, año, para el cual esta calibrado el modelo de tráfico.

Contiene los proyectos propuestos en el Plan de Infraestructuras de Transporte de Catalunya (PITC) del año 2006 que incluye el trazado de la B-40 que hace parte del Plan Territorial Metropolitano de Barcelona PTMB como cita (López, Català, y Esquius 2012). En la figura 8 se observa la red viaria utilizada para la RMB en esta investigación.

Funcionalmente el grafo está configurado por tres tipos red: básica, comarcal y local. Tipológicamente contiene vías de tipo autopistas, vía preferente de doble calzada, vía preferente de calzada única, carreteras de calzada única y carreteras de doble calzada todas ellas representadas por su eje.

La tabla 8 contiene información sobre la tipológica, longitud total y gestión de los diferentes tramos de red que contiene el grafo viario. El análisis se realiza para red viaria de longitud total de 2184.32 Km. El Ministerio de Fomento gestiona aproximadamente el 25.9 % (565.47 Km) del viario seleccionado, la comunidad autónoma el 28.11% (576.67 Km) y las diputaciones el restante 46% (1042.19Km).

Figura 8. Principales ejes viarios de la RMB según tipología



Fuente: Red viaria SIMCAT. Elaboración propia

Tabla 8. Tipología y gestión de la red viaria

Tipología	Longitud (Km)
A: Autopistas de peaje titularidad del Ministerio de Fomento	153.14
B: Autovías de circulación titularidad del Ministerio de Fomento ¹	261.01
C: Red autónoma titularidad de la Generalitat de Catalunya ²	576.67
N: Carreteras nacionales de titularidad Ministerio de Fomento	151.31
BP: Carreteras locales de titularidad de la Diputación ³	614.33
BV: Carreteras locales de titularidad de la Diputación	172.04
Local: Carreteras locales de titularidad de la Diputación	255.82
Total	2184.32

Fuente: Elaboración propia. Fuente SIMCAT.

La longitud de la B-40 del grafo analizado corresponde a aproximadamente 47 Km que representan el 2.15% del viario total de la RMB. Finalmente, la red de carreteras de la RMB es de marcado carácter radial.

2.2.1.3 Elaboración de las matrices de distancias mínimas

Para el cálculo de la matriz de distancias mínimas geográficas se utilizó el software ArcGis, se halló la distancia entre los centroides y se obtuvo una matriz de 164x164. Para elaborar las matrices de distancias mínimas considerando la red de transporte, se utilizó el software transcad, que utiliza modelos de análisis de redes para resolver diversos tipos de problemas de redes de transporte. La ruta mínima es la trayectoria del viaje en la red de transporte que tiene el menor coste para el viajero. El coste puede estar representado por tiempos de viaje, distancia o coste. El camino mínimo se elige sin importar la hora o si es la ruta más rápida en un intervalo de tiempo.

Se obtiene una matriz cuadrada de tipo intermunicipal de 164x164, caracterizada porque contiene una diagonal de valor 0.00 que indica que la distancia intramunicipal no se considera. Para esta investigación se obtienen dos matrices de distancias mínimas para las situaciones *sin* proyecto y *con* proyecto. La matriz de distancias mínimas representa los resultados de la aplicación del algoritmo a la red vial de conexión entre los sitios de origen (*i*) y su destino (*j*). Los resultados expuestos en las casillas de intersección corresponden a la distancia mínima que existe entre el origen y el destino, expresada en kilómetros.

¹ Gestionadas por el Ministerio de Fomento

² Gestionadas por la Comunidad Autónoma

³ Gestionadas por las Diputaciones Provinciales

2.2.1.4 Cálculo de la movilidad base

Para la estimación de la movilidad base se aplica un modelo de distribución de viajes denominado factor de crecimiento que considera una matriz a priori de viajes y la evolución en el tiempo de los factores que condicionan tanto los orígenes como los destinos.

Existen diferentes modelos de factor de crecimiento, en esta investigación se aplica el denominado promedio doblemente acotado, que distribuye los viajes futuros aplicando a la distribución actual la media del crecimiento esperado para el origen y para el destino de viaje de acuerdo con la ecuación 1:

$$T_{ij} = \left(\frac{F_i + F_j}{2} \right) * V_{ij} \quad (1)$$

Donde

T_{ij} Viajes futuros estimados entre i y j

F_i Factor de crecimiento para los orígenes

F_j Factor de crecimiento para los destinos

V_{ij} Viajes actuales con origen i y destino j

Como se trata de un proceso doblemente acotado, debe cumplirse las siguientes restricciones:

$$\sum_i T_{ij} = O_i \quad \text{y/o} \quad \sum_j T_{ij} = D_j$$

En esta investigación, los datos de los viajes actuales V_{ij} corresponden a la matriz de movilidad por razón de trabajo de 2001⁴. Para los periodos de análisis elegidos 2008, 2014 y 2020, los valores de F_i (factores de crecimiento para los orígenes) y F_j (factores de crecimiento para los destinos) se obtienen así:

Para el periodo 2008, los factores de crecimiento se calculan utilizando los datos de la matriz de viajes calibrada que replica los flujos del año 2008 en la red viaria. Para los periodos 2014 y 2020,

⁴ Movilidad obligada por razón de trabajo a partir del censo de población y viviendas 2001 del INE. Los LTL corresponde a los residentes ocupados dentro más los no residentes ocupados dentro. La POR es la suma entre los residentes ocupados dentro y los residentes ocupados en diferentes municipios. Fuente: Idescat

los factores son tomados del submodelo demográfico y de localización de actividades del proyecto Evaluamet⁵.

Finalmente, los factores F_i (factores de crecimiento para los orígenes) están definidos en función del cambio en los datos de población y F_j (factores de crecimiento para los destinos) en función del comportamiento de los LTL, es decir, del comportamiento de la actividad económica.

2.2.1.5 Estimación de la movilidad modelada

Para calcular la movilidad modelada, se calibra un modelo de interacción de tipo gravitacional acotado a origen (se conocen los viajes totales que salen de una zona) que predice los atractivos para los destinos (Cerdea 2010). En el proceso de calibración, el modelo reproduce la distribución de viajes para un año base o de diseño en función de la impedancia (en esta investigación representada por la *distancia*). El modelo calibrado debe reproducir adecuadamente la distribución de viajes en el año base o bien aproximarse a la distancia media ponderada. El modelo se calibra considerando la matriz de distancias mínimas SIN proyecto y utilizando la movilidad de diseño para cada año evaluado. Los factores a calibrar son los coeficientes de atractivo (α) y la función de fricción (β), la calibración se realiza mediante un proceso de iteración que minimiza *el peso* que para este caso corresponde a la suma de la matriz proporciones de LTL.

⁵ El modelo Evaluamet ha sido desarrollado por el centro de política de suelo y vivienda CPSV y Mcrit para el ministerio de fomento en 2012. Básicamente, es un procedimiento que permite evaluar la eficiencia ambiental y social del funcionamiento de áreas metropolitanas en relación a las actividades instaladas en el territorio y a los flujos que estas generan. Para ello, utiliza un modelo integrado de transporte y uso del suelo. El modelo Evaluamet consta de un submodelo demográfico denominado Demógraf – Econógraf del cual se parte para el cálculo de la evolución de la población, las necesidades de vivienda y el empleo. Para su desarrollo, utiliza los tiempos de transporte generados por el SIMCAT. El modelo demógraf desarrolla escenarios territorializados sobre la evolución de la población asentada en el año de origen, para, lo cual analiza la evolución natural y migratoria (dentro del sistema territorial) de la población. El modelo Econógraf brinda escenarios territorializados sobre la evolución de las necesidades de vivienda principal a partir de considerar no sólo la evolución de la población originalmente asentada en el sistema territorial, sino también, nuevas migraciones y/o emigraciones económicas y, por tanto, asociadas a la evolución del mercado de trabajo. La conjunción de ambos submodelos, es decir, Demógraf-Econógraf, permite adelantar perspectivas sobre la evolución de la población, el empleo y las necesidades de vivienda desde una perspectiva territorializada. El modelo Evaluamet realiza las proyecciones de población de acuerdo con los periodos etarios definidos por el Idescat para el censo.

El modelo se válida para la situación CON proyecto utilizando la matriz de distancias o de impedancia con proyecto. Se considera que los resultados obtenidos reproducen la distribución de viajes cuando no se produce cambio en los factores calculados en el proceso anterior.

Particularmente, para esta investigación el modelo calcula proporciones de movilidad. La expresión (2) corresponde a la formulación general del modelo gravitatorio:

$$V_{ij} = AO_i B_j D_j e^{-(\beta \cdot d_{ij})} \quad (2)$$

Donde:

V_{ij} = Viajes que van de la zona i a la zona j

O_i = Total de viajes que salen de la zona i

D_j = Total de viajes que llegan a la zona j

d_{ij} = Medida de separación entre la zona i y la zona j

$A_i B_j$ = Factores de balanceo, que se calculan internamente

β = Coeficiente de la función de fricción espacial

En la expresión anterior, los factores de balanceo $A_i B_j$ permiten cumplir las restricciones, mientras que el coeficiente de fricción β permite calibrar la matriz de proporciones modeladas. El coeficiente β se pueden ajustar utilizando diferentes métodos, como la potencia inversa de la distancia, función exponencial de costo de viaje, etc.

Teniendo en cuenta que es un modelo acotado en origen la expresión del modelo se transforma en (3):

$$V_{ij} = O_i B_j e^{-(\beta \cdot d_{ij})} \quad (3)$$

Con

V_{ij} = Viajes que van de la zona i a la zona j

O_i = Total de viajes que salen de la zona i

d_{ij} = Medida de separación entre la zona i y la zona

B_j = Factores de balanceo, que se calculan internamente

β = Coeficiente de la función de fricción espacial

A partir de esta formulación se construye una estructura matemática en función de proporciones y se obtiene la expresión (4):

$$P_{ij} = \frac{V_{ij}}{O_i} = B_j e^{-(\beta \cdot d_{ij})} \quad (4)$$

En donde

P_{ij} = Proporción de viajes que sale de i y llegan a j

V_{ij} = Viajes que salen de la zona i a la zona j

O_i = Total de viajes que salen de la zona i

d_{ij} = Medida de separación entre la zona i y la zona j

B_j = Atractivo de la zona j

β = Coeficiente de la función de fricción espacial

Finalmente, esta expresión permite predecir proporciones, pero no permite calibrar ningún parámetro para el atractivo y no asegura que la suma de las proporciones sea 1, así que se modifica usando una notación potencial como se observa en la expresión (5):

$$P_{ij} = \frac{B_j^{\alpha_j} \cdot e^{-(\beta \cdot d_{ij})}}{\sum_k B_k^{\alpha_k} \cdot e^{-(\beta \cdot d_{ij})}} \quad (5)$$

P_{ij} = Proporción de viajes que sale de i y llegan a j

B_j = Atractivo de la zona j

d_{ij} = Medida de la separación entre la zona i y la zona j

α_j = Coeficiente del atractivo de la zona j

β = Coeficiente de fricción espacial

La expresión (5) garantiza que la suma de las proporciones por filas sea 1, además, permite calibrar el coeficiente de fricción espacial (β) que es único para todas las zonas y los coeficientes diferenciados del atractivo (α) de la zona de destino dándole así a cada uno un peso diferente.

Los factores de atracción de destino (α), aunque no tienen restricciones, están condicionados por las proporciones, así que la solución depende de la variable de atractivo que se considere.

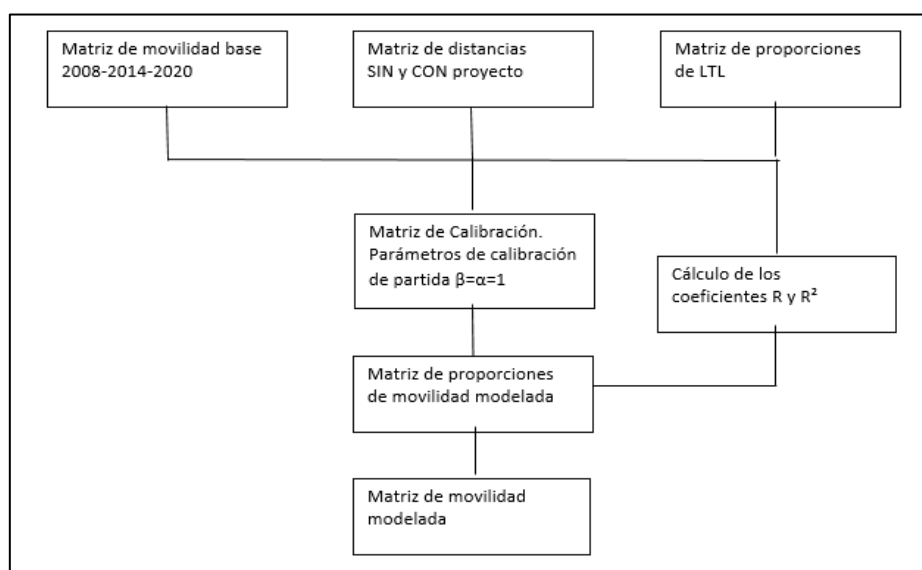
Para medir la fortaleza del modelo se usó el coeficiente de determinación R^2 , este coeficiente, resulta de calibrar una regresión lineal univariada, en la que la variable dependiente Y representa la proporción observada por celda y la variable independiente X es la proporción modelada para la misma celda. Para observar la proporcionalidad entre los valores se utiliza el coeficiente de correlación lineal R . El modelo se calibra con información actual, lo que significa, que sólo garantiza una buena simulación del comportamiento de la movilidad actual.

Finalmente, La correcta formulación y calibración del modelo, permite predecir los cambios en la movilidad para la RMB en función de las modificaciones estructurales debidas al nuevo proyecto. El modelo se calibra para para la RMB a escala municipio (164) con la matriz de movilidad base para los tres periodos definidos anteriormente y la matriz de distancias mínimas sin proyecto. La figura 9 muestra las diferentes etapas del modelo

El resultado del modelo se expresa como una matriz de proporciones modelada, que se aplica a los valores de la matriz de movilidad base para obtener los nuevos valores de movilidad modelada en las dos situaciones consideradas SIN y CON proyecto, para todos los periodos temporales de análisis. La finalidad

En síntesis, la elección del modelo gravitacional acotado a origen permite determinar *como un cambio de distancia, modifica la probabilidad de destino de los viajes*. Al saber el número de viajes que salen, pero desconocer cuántos viajes llegan, el modelo responde directamente al cambio de distancia debida a la modificación del grafo por la construcción del proyecto. Es por esto que se elige este enfoque.

Figura 9. Esquema general del funcionamiento del modelo



Elaboración propia.

2.2.2 Métodos para evaluar el policentrismo

Los siguientes subapartados muestran la formulación de los diferentes métodos utilizados en esta investigación para evaluar el policentrismo.

2.2.2.1. Indicador de Entropía de Shannon

El índice de Shannon mide el policentrismo en función del grado de desigualdad o el grado organización de la población o la actividad, es decir, compara el estado actual de un sistema en un momento dado con la situación de máximo desorden. El aumento de este índice indica una alta interacción entre los orígenes y destinos y su disminución señala que existe concentración de movimiento en determinados orígenes o destinos. La expresión (6) es la utilizada en esta investigación para evaluar la desigualdad.

$$H_m = -1 * \sum_1^n P(LTL)_i * \text{Ln} (P(LTL)_i) \quad (6)$$

Donde:

H_m = Nivel de entropía en la distribución de empleo dentro de los núcleos i .

$P(LTL)_i$ = Probabilidad de encontrar empleo en un determinado núcleo.

Los valores de H pueden variar entre 0 y 1. Valores cercanos a cero indican que existe poca interacción y alta concentración de los flujos en pocos orígenes o destinos, valores altos de H indican altos grados de interacción que se traduce en una mejor equidistribución del empleo. El índice de Shannon es un indicador de policentrismo morfológico que tiene en cuenta el número, el tamaño y la equipotencialidad de los diferentes centros.

2.2.2.2 Indicadores de tipo funcional

De acuerdo con la revisión de la bibliografía y considerando las bases de datos de las que se dispone para la investigación, se eligen dos indicadores de policentrismo funcional, el indicador de Green y el potencial de accesibilidad, todos en función de la modificación de la conectividad. El índice de Green es un número que está entre 0 y 1, valores cercanos a 1 indica un alto grado de policentrismo, los valores cercanos a 0 reflejan que existe una estructura monocéntrica cuyo principal centro atrae la mayoría de viajes por motivo trabajo. El indicador de potencial de accesibilidad refleja la atracción que un nodo ejerce sobre cada uno de los nodos de la red, este indicador permite medir la accesibilidad intermunicipal en términos de las infraestructuras existentes y evidencia como se afectan estos niveles por la construcción de una nueva infraestructura.

2.2.2.2.2 Indicador de Green

En el numeral 1.7.2.1 se expuso los principales métodos e indicadores para evaluar el policentrismo. En este apartado se explica cómo se aplicó el indicador de Green en esta investigación. La expresión P_{gf} se denomina policentricidad funcional de Green (traducción propia de General Functional Polycentricity) y se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes criterios de acuerdo con (Green 2007) :

- La definición de policentricidad utiliza técnicas de análisis de las redes, por lo que depende sólo de la localización de los nodos y excluye la distancia entre ellos.
- Considera la densidad de la red en función del nivel de interacción de los lugares.
- La definición en términos funcionales permite calcular el policentrismo para una determinada región geográfica, utilizando información proveniente de diferentes fuentes.

Las características de las redes funcionales utilizadas en el cálculo del indicador de Green son las siguientes:

- Matriz de desplazamientos totales: Esta matriz proporciona el total de viajes realizados y permite observar la cantidad máxima de flujos teóricos posibles entre los nodos
- Matriz de desplazamientos externos: La información que aporta esta matriz permite conocer el total de LTL externos y la POR que se desplaza a trabajar en otros municipios.

De la publicación desarrollada por (Marmolejo, Ruiz, y Tornés 2015) se toma el desarrollo matemático utilizado el cálculo del indicador de Green en esta investigación. La expresión general del índice de policentrismo funcional de Green (P_{gf}) se expresa en la ecuación (7). En la tabla 9 explica detalladamente los principales indicadores de los flujos o viajes utilizados y su cálculo.

$$P_{gf} = \frac{(\text{Multiplicador} * (P_{sf \text{ entrada}} + P_{sf \text{ salida}}))}{2} \quad (7)$$

Donde:

$$\text{Multiplicador} = 1 - \alpha(A * B) \quad (8)$$

Con:

$$A = \frac{\alpha_{\text{entrada}}}{(\text{Max}(\text{LTL}_{\text{externos}})*0.5)} \quad (9)$$

$$B = \frac{\alpha_{\text{salida}}}{(\text{Max}(\text{POR}_{\text{externos}})*0.5)} \quad (10)$$

$$P_{sf \text{ entrada}} = \left(1 - \frac{\alpha_{\text{entrada}}}{\alpha_{\text{máx de entrada}}}\right) * \Delta \quad (11)$$

$$P_{sf \text{ salida}} = \left(1 - \frac{\alpha_{\text{salida}}}{\alpha_{\text{máx de salida}}}\right) * \Delta \quad (12)$$

Tabla 9. Indicadores de Commuting y su expresión matemática utilizados en la formulación del indicador de Green.

Indicadores de Commuting	Expresión matemática
Grado nodal de los flujos de viaje actual (L)	$L = \sum_{j=1}^n V_{ij}$
Grado nodal de los flujos de viajes potenciales (L max)	$(L_{\text{max}}) = \sum_{j=1}^n V_{ij} - \text{Min(POR desp totales)}$
Densidad de la red de viajes.	$\Delta = L/L \text{ max}$
Desviación estándar del grado nodal de los flujos internos (in-commuting)	$\alpha_{\text{entrada}} = \alpha(\text{LTL flujos internos})$
Desviación estándar del grado nodal de los flujos externos (out-commuting)	$\alpha_{\text{salida}} = \alpha(\text{POR flujos externos})$
Desviación estándar máxima del grado nodal de los flujos internos (in-commuting)	$\alpha_{\text{max}} = (\text{Max (LTL flujos internos)})/2$
Desviación estándar máxima del grado nodal de los flujos externos (out-commuting).	$\alpha_{\text{max}} = (\text{Max (POR flujos externos)})/2$

Fuente elaboración propia en base a el trabajo de (Marmolejo, Ruiz, y Tornés 2015).

El indicador así construido garantiza que la L max corresponde a la cantidad máxima de flujos posibles en cada nodo pues se corresponde con la población que trabaja en el mismo sitio más los desplazamientos a hacia las otras poblaciones.

2.2.2.2.2 Indicador de Potencial de Accesibilidad

En esta investigación se utiliza el indicador de potencial de accesibilidad (14), utilizado por (Schürmann, Wegener y Fürst 1999) para el modelo SASI, y por (Seitanidis et al. 2009) en el trabajo sobre la vía Egnatia explicado en el numeral 1.8.4. La expresión de potencial de accesibilidad utilizada en esta investigación, está configurada por dos funciones. Una función de atracción representada por los LTL y una función de fricción representada por la distancia en kilómetros. La medida del potencial de accesibilidad estima las de oportunidades de la zona i en las demás zonas j , independientemente, que las oportunidades sean próximas o distantes. El indicador tiene la siguiente notación matemática:

$$A_i = \sum_{j=1}^n LTL_j e^{-\beta d_{ij}} \quad (14)$$

Donde

A_i = Accesibilidad de la zona i

LTL_j = Lugares de trabajo localizados en J .

β = Parámetro de fricción en este caso de la distancia. Para este estudio será 1

C_{ij} = Función de costo (representa el costo de llegar de la zona i a la zona j).

En esta investigación la función de costo se representa por la distancia

d_{ij} = Distancia entre i y j

Su principio base supone que la atracción de un destino aumenta con el tamaño del mercado de trabajo para este caso particular, y disminuye con, el tiempo de viaje, el costo, y la distancia como en este caso. La accesibilidad definida así es un indicador del tamaño de las áreas de mercado de trabajo. Cualquier cambio que se produzca en accesibilidad se traduce como un efecto de la construcción de la B-40 y representa una variación de la conectividad que representa el cambio de las relaciones horizontales de cooperación entre los diferentes núcleos urbanos. Finalmente, el indicador se aplica para los escenarios temporales 2008 *sin* y 2020 *con*.

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos en las diferentes etapas de realización de esta investigación se utilizó una serie de indicadores denominados de tipo territorial, que se explican en los siguientes apartados. Estos indicadores no hacen parte de los indicadores específicos de policentrismo.

2.2.3. Índices asociados a los corredores de transporte

La interpretación de estos índices se expresa en función de la cohesión que existe al interior de un área y de la mayor o menor dependencia que se genere hacia el centro (Gallo y Garrido 2011). Puntualmente, se analiza la cohesión interna, la dependencia funcional y la dispersión.

El grado de influencia se distingue así:

- Influencia de incidencia alta: índices de cohesión mayores de 55% e índices de dependencia menores al 30%:
- Influencia de incidencia media-alta: índices de cohesión superiores del 50%, índices de dependencia menores o iguales a 30%.
- Influencia de incidencia media-baja: índices de cohesión, mayores al 50% e índices de dependencia mayores o iguales al 30%.

2.2.3.1 Índice de cohesión interna

Expresa el porcentaje de viajes por motivo trabajo que tienen como destino el mismo corredor de análisis. El incremento de este índice señala un aumento el grado de cohesión interna del territorio examinado, además refleja el peso de los subcentros del área.

2.2.3.2 El índice de dependencia funcional

Se define como el porcentaje de viajes que tienen como destino la ciudad central (Barcelona) sobre el total de viajes originados, ello, permite observar si el peso de la ciudad central cambia y se está ocurriendo una transición en el modelo urbano.

2.2.3.3 El índice de dispersión

Representa el porcentaje de viajes por motivo trabajo tienen como destino municipios diferentes a los del corredor y a la ciudad central. El incremento de este índice da cuenta de una mayor dinámica de dispersión.

2.3 Indicadores de caracterización territorial

Los indicadores propuestos, están encaminados a la caracterización del territorio englobado en tres subsistemas principales: demográfico, urbano-regional y económico. Estos indicadores se utilizan en dos momentos diferentes de la tesis. Primero se utilizan para describir cómo han

evolucionado las dinámicas territoriales de la actual RMB en el capítulo 3, después, se utilizan para analizar los resultados obtenidos de movilidad en los diferentes periodos y ámbitos territoriales de estudio en el capítulo 4.

2.3.1 Índices de concentración de Theil y RM

Los índices de Theil y RM se usan para analizar el grado de desigualdad y están basados en la entropía de Shannon, esta medida permite visualizar cómo varía la distribución de LTL y la accesibilidad en los diferentes periodos de análisis. Las expresiones utilizadas en este trabajo para calcular el índice RM y Theil son las siguientes:

$$\text{Índice de Theil} = q_i * \text{LN}\left(\frac{q_i}{p_i}\right) \quad (15)$$

$$\text{Índice RM} = \sum q_i * m_i \quad (16)$$

Donde:

q_i = La participación de la población de un determinado ámbito territorial, particularmente para este trabajo, en el total de toda la población de la RMB.

p_i = La participación de la superficie o área de un determinado ámbito, en el total de la superficie de la RMB.

$m_i = \frac{q_i}{p_i}$ Esta expresión se denomina razón de ventaja. Expresa una participación de la desigualdad del grupo de análisis.

2.3.2 Autocontención laboral

La autocontención laboral expresa el porcentaje de población ocupada (POR) que reside en la misma zona donde trabaja.

$$A_c = \frac{Rw}{POR}$$

Donde,

Rw = Residencial workers o número de habitantes ocupados en el mismo lugar que residen

POR = Población ocupada residente de la zona i

2.3.3 Autosuficiencia

La autosuficiencia cuantifica la capacidad de un territorio para satisfacer la demanda de empleo ubicado en él.

$$A_s = \frac{R_w}{LTL}$$

LTL = Lugares de trabajo localizados

2.3.4 Job - ratio

Es la razón entre el total del empleo y los ocupados residentes de un determinado ámbito territorial. Valores altos indican que los LTL exceden a la POR en la zona analizada, lo que implica una tasa de trabajadores externos y un incremento de la movilidad.

$$\text{Job ratio}_i = \frac{LTL_i}{POR_i}$$

LTL_i = Lugares de trabajo localizados en i

POR_i = Población ocupada residente de la zona i

2.4 Fuentes de información

En esta investigación se utilizaron como fuentes de información diferentes bases de datos y algunos documentos específicos para lograr los objetivos propuestos. Las principales bases de datos son: Censos de población y vivienda para los años 1981, 1991, 2001, 2011 estas bases de datos se utilizaron para analizar la evolución de las dinámicas territoriales de la RMB. La red viaria de Mcrit actualizada por el SIMCAT para el año 2008 y que contiene el trazado de la B-40 aprobado por el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (PTMB). También, se utiliza la encuesta de movilidad cotidiana EMQ de 2006 del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya i l'Autoritat del Transport Metropolità.

2.4.1 Censos de población y vivienda para los años 1981, 1991, 2001 y 2011.

Los censos brindan información demográfica, de movilidad obligada por residencia y trabajo, de reparto modal, de vivienda y de actividad económica. La tabla 10 registra para cada año censal

la información obtenida y que diferencias existe entre ellos puntualmente, en relación a la movilidad obligada que es la principal variable de estudio en esta investigación.

Tabla 10. Características de la movilidad obligada según la información censal

Edición	Información utilizada	Características de la movilidad obligada
1981	Demográfica y vivienda	Población según edad
1986	Movilidad obligada, reparto modal	La población de referencia es el estudiante escolar o preescolar. Medio de transporte el más frecuente.
1991	Demografía, vivienda, empleo, ocupación, actividad económica, movilidad obligada y reparto modal	Población sólo ocupados
2001	Idéntico al anterior	Población > de 16 años, omite los desplazamientos desde la segunda residencia al trabajo
2011	Demografía, movilidad obligada	Es de tipo muestral y se apoya en otras bases de datos.

Fuente Idescat – INE

2.4.2. Grafos viarios utilizados y sus elementos.

La red viaria utilizada en esta investigación es la desarrollada por Mcrit utilizando el software SIMCAT. El grafo utilizado corresponde al año 2008 cuando se actualizó el programa de transporte. La red contiene los nuevos proyectos propuestos en la planificación sectorial. La principal información que aporta esta red, es la clasificación funcional y tipológica, que se realizó sobre la base del mapa oficial de carreteras de Cataluña; la nomenclatura de las vías de acuerdo de acuerdo con las características y el trazado de cada tramo. Para este trabajo se tomó la porción de la red viaria que delimita la RMB, configurada por 1650 arcos y 1376 nodos viarios. La red utilizada comprende las carreteras de alta capacidad de tipo nacional, comarcal y algunos tramos de viario local que facilitan la conexión entre los asentamientos.

2.4.3 Encuesta de movilidad cotidiana EMQ 2006.

Este documento⁶ es una estadística oficial que describe la movilidad del conjunto de Cataluña, utiliza la población mayor de 4 años, contiene información sobre los desplazamientos en día laborable así como información en sábado y festivo. Considera dos tipos de población: la población de la movilidad (aquella que realiza más de 7 desplazamientos diarios) y la población general a la que clasifica en dos grupos: población móvil y no móvil. El ámbito territorial de análisis es el conjunto de Cataluña y se desagrega por ámbitos más pequeños como comarcas, capitales de comarcas y municipios mayores de 50.000 habitantes. La encuesta está enfocada a analizar el número de desplazamientos realizados por la población ocupada residente (POR) en determinado ámbito territorial y el tipo de relaciones territoriales que se generan en función de los orígenes y destinos de los desplazamientos.

La encuesta también contiene información general sobre los modos de transporte (no motorizado, público y privado); sobre los motivos de desplazamiento (ocupacional, personal y los desplazamientos por retorno de los dos anteriores). La EMQ de 2006, también ofrece información sobre la dimensión temporal de la movilidad total laboral, día laborable promedio y día festivo promedio y tiene en cuenta la distribución horaria. Finalmente, la encuesta analiza la dimensión subjetiva de la movilidad, particularmente, para la población mayor de 16 años con el fin de obtener información sobre la valoración de los diversos medios de transporte. De este documento se obtuvo la información necesaria para describir el comportamiento de los desplazamientos en la RMB y facilitar su comparación y caracterización respecto al resto de Cataluña, la información obtenida se consigna en el análisis dinámicas de la movilidad del capítulo 3.

2.5 Algunas aclaraciones sobre las fuentes de información

Por último, es importante aclarar cómo se utilizaron los datos del censo de 2011 en la presente investigación. La siguiente explicación no es una limitación de la metodología, pero si constituye una diferencia importante entre los datos aportados por los censos de años anteriores

Para el caso de los censos de población de los años 1991, 1996 y 2001, la información de los municipios se entrega desagregada por sexo y tipo de transporte. En cuanto a la movilidad obligada por razón de trabajo, la población ocupada se ofrece desagregada por profesión, sector de actividad y situación profesional, para todos los municipios, lo que arroja directamente los datos necesarios.

⁶http://territori.gencat.cat/es/01_departament/11_normativa_i_documentacio/03_documentacio/02_territori_i_mobilitat/transport_public/documentacio_tecnica/enquesta_de_mobilitat_quotidiana_de_catalunya_2006

El censo de 2011 utiliza una unidad de desagregación superior a los 20.000 habitantes. Para el caso de la RMB se obtienen 190 subunidades (correspondientes con las secciones censales mayores de 20 mil habitantes), 57 de ellas ubicadas en Barcelona. Los municipios de menos de 20 mil habitantes se agruparon utilizando la delimitación comarcal. Otra diferencia importante, es que el censo es de carácter muestral. La muestra representa cerca del 12% de la población total de estado Español, se realiza para un total de 5,7 millones de personas; 3 millones de viviendas, repartidos por todo el estado Español.

Esta información se cruza con datos provenientes del padrón y otros registros. Otro aspecto importante es que incorpora la georreferenciación (coordenadas GPS de cada edificio) lo cual permite independizar su identificación ante posibles cambios en la dirección postal. Finalmente, los resultados se presentan de forma diferente porque no se ciñen siempre a las divisiones administrativas.

Lo anteriormente expuesto es importante para comprender como se utilizó los datos de movilidad laboral de esta base (2011). En el caso del Censo de población 2011, como está hecho a partir de datos provenientes de una encuesta, se ofrece la explotación de la movilidad en dos apartados distintos.

Por un lado, como en los censos anteriores, se difunde la movilidad desagregada por sexo y tipo de transporte por provincias y ámbitos del plan territorial. En el caso de los municipios y comarcas, sólo se da información para municipios de más de 80.000 habitantes. También se cuenta con la información relativa al total de ocupados o estudiantes de todas las comarcas y para los municipios de más de 10.000 habitantes.

Los resultados del censo de 2011 se redondean a cero, razón por la cual algún total puede no coincidir con la suma de su desagregación. La movilidad obligada por razón de trabajo y estudio de los municipios de más de 200.000 habitantes se analizó utilizando información del código postal del lugar de residencia de la población ocupada y del centro de trabajo, de un lado; y el código postal del lugar de residencia de los alumnos y del lugar de estudio, de otro lado.

Para esta investigación se utiliza la información de movilidad obligada por trabajo. De acuerdo con lo anteriormente expuesto, los municipios de menos de 10.000 habitantes de la RMB no contienen información (exactamente 30 municipios). Para completar la información requerida se procede así: la información sobre la POR se tomó del Idescat, del apartado el municipio en cifras para cada uno de los municipios. La información laboral LTL se calculó utilizando la información de las afiliaciones al régimen de seguridad social del año 2015 del mismo apartado.

Los subcentros de empleo utilizados en esta investigación para la RMB corresponden a los definidos en la publicación “Anàlisi retrospectiu del sistema metropolità de Barcelona i la seva influència en l’estructura urbana” de (Masip y Roca 2011). En esa publicación los autores encuentran 24 subcentros considerando 184 municipios metropolitanos. En esta investigación, se consideran 164 municipios por ello, se eligen 22 subcentros, veinte de ellos son de la anterior

publicación y dos que aparecen en proyecto Evaluamet que confirmó los subcentros hallados anteriormente.

2.6 Definición de los corredores de transporte

En esta investigación los corredores de transporte metropolitanos se definen considerando los propuestos en el Pla Director d'Infraestructures del Transport Públic Col·lectiu de la Regió Metropolitana de Barcelona 2011-2020 (en adelante PDI) editado por (ATM y Autoritat de transport Metropolità 2013). La modificación que se realiza es producto de considerar el corredor definido por la B-40. Además, el corredor de la AP-7 se divide en tres sectores: El corredor de la AP-7 sector 1 (corredor de Vilafranca en adelante); corredor de la AP-7 sector 2 (corredor central o de Barcelona en adelante) y corredor de la AP-7 sector 3. La tabla 11 contiene un resumen de todas las fuentes de datos utilizadas en este trabajo.

Tabla 11. Relación de las fuentes de datos utilizadas en la investigación

No	Nombre	Año	Fuente	Cobertura	Unidad de desagregación	Datos
1	Censo	1981 1991 2001 2011	Idescat ¹ - INE ²	Metropolitana y municipal	Municipio	Información demográfica, económica, de vivienda y de movilidad obligada de residencia trabajo.
2	Red viaria SIMCAT	2008	Mcrit	Metropolitana y municipal	Municipio	La red utilizadas poseen información detallada de las principales infraestructuras viarias (tipología, clasificación)
3	Matriz de distancia mínima	2008	ArcGis Transcad	Metropolitana y municipal	Municipio	Se obtienen tres matrices de distancias mínimas: una de tipo geográfico entre los centroides y dos considerando la red viaria: <i>sin</i> y <i>con</i> trazado.
4	Encuesta de movilidad cotidiana	2006	ATM ³	Metropolitana y municipal	Municipio	Información sobre las características de los desplazamientos.
5	Factores de crecimiento	2008 2014 2020	CPSV Evaluamet	Metropolitana y municipal	Municipio	Factores de crecimiento para origen y para destino para los años 2014 y 2020.

¹ IDESCAT: Instituto de estadística de Cataluña.

² INE: Instituto nacional de estadística de España.

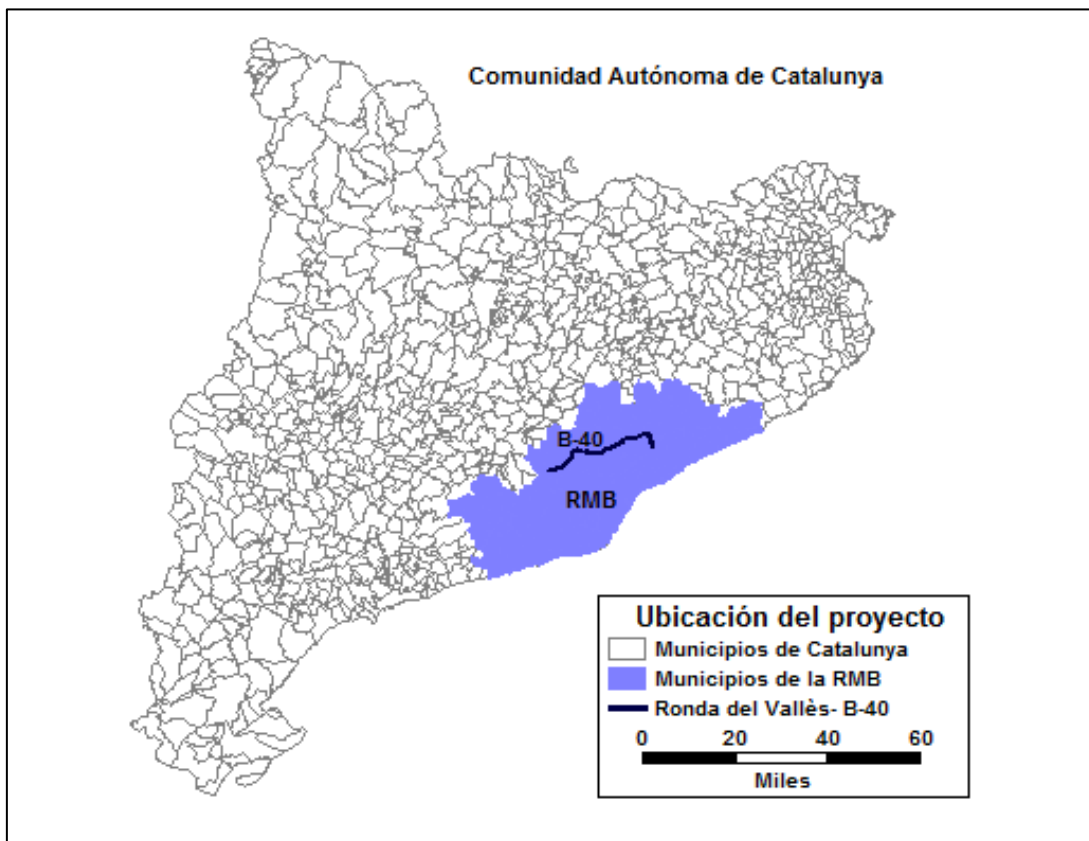
³ ATM: Autoritat de Transport Metropolità de Barcelona. Consorcio encargado de coordinar y planificar el transporte público de la región urbana de Barcelona.

Capítulo 3. PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Cataluña es una comunidad autónoma del estado Español configurada por 947 municipios, 164 de los cuales constituyen la RMB. Definida en 1987 a partir de las Lleis d'Ordenació Territorial, la RMB tiene una superficie de 3242 Km² y representa el 10.03% del territorio total de Cataluña agrupado en siete comarcas: Alt Penedès, Baix Llobregat, Barcelonès, Garraf, Maresme, Vallès Occidental y Vallès Oriental. La RMB incluye el municipio de Barcelona que a su vez es la capital de la comunidad, en ella se localiza el 66.8% de población, aproximadamente el 64.2% población ocupada de la región de acuerdo el IDESCAT a partir del censo de población y vivienda del INE¹.

En la RMB se encuentran veintidós de los principales subcentros económicos de Cataluña y posee un extenso borde costero de aproximadamente 120 Km. La Figura 10 muestra el ámbito de estudio dentro de la Comunidad Autónoma de Cataluña.

Figura 10. Ámbito de estudio. Ubicación del proyecto en la RMB.



Elaboración propia

¹ INE. Instituto nacional de estadística. España

3.1. Antecedentes de la organización territorial de Cataluña y su relación con el policentrismo

Los inicios del debate sobre la organización territorial en Cataluña se encuentran en el trabajo del humanista Francesc Calça (1590) en el que, Cataluña aparece dividida en 51 provincias, este trabajo se publicó en el “Libre primer de la Hsthòria Cathalana” considerado por la comunidad académica como el primer tratado de geografía de Cataluña publicado en 1600 por Pere Gil. Más adelante en el trabajo “Descripción y planta del Principado de Cataluña, 1708-1720” publicado por Josep Aparici, Cataluña aparece configurada por 21 provincias, pese a que oficialmente la veguería definía la división territorial de la época como se cita en (Burgueño 2003).

Posteriormente aparecen los corregimientos como unidades de demarcación territorial hasta 1812. A partir de allí y hasta 1833 las unidades territoriales de la época se denominan departamentos.

En 1833 se proponen las actuales provincias, pero sólo se oficializan en 1936 cuando, por primera vez, la división territorial de Cataluña se hace en Comarcas. El origen de la comarca como división territorial data de 1931 cuando por decreto se crea la *Ponencia de Estudio de la estructuración comarcal de Cataluña*². La ponencia define el ámbito comarcal en base a dos argumentos, de un lado el territorio delimitado debe facilitar ir y venir a su principal centro o capital en un día y además ser un territorio donde exista equilibrio entre el número de pobladores y la superficie delimitada.

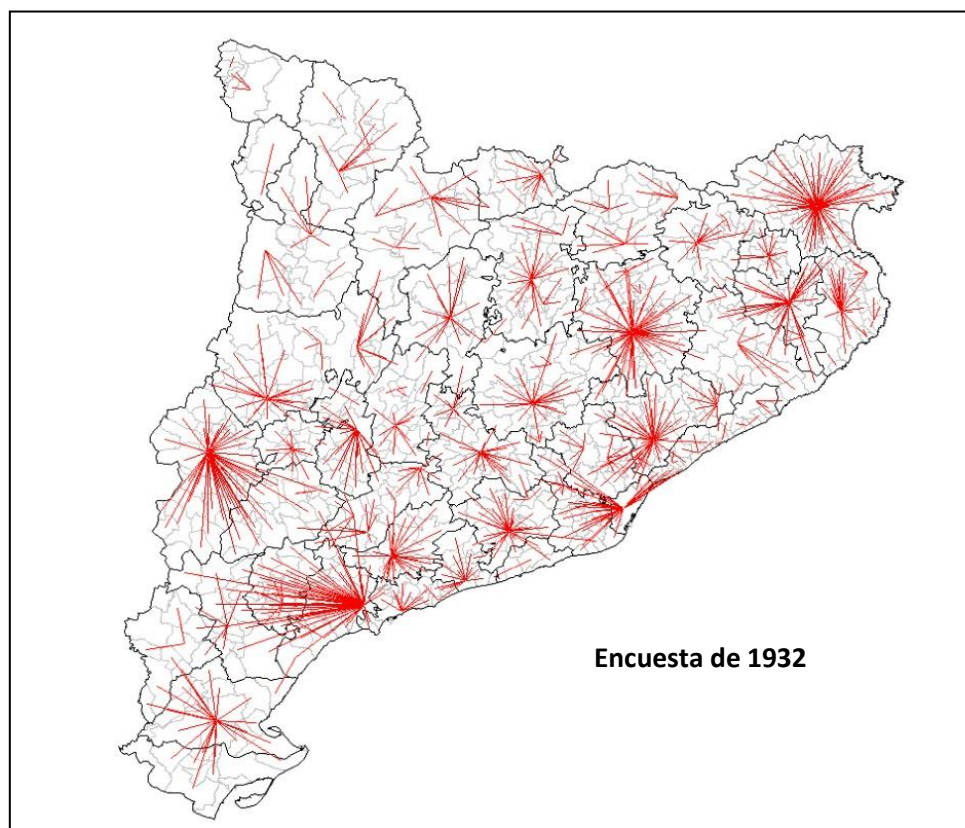
Para llegar a este objetivo se elabora en 1932 una encuesta que contiene tres preguntas enfocadas a conocer y definir los principales mercados, el nivel de relaciones entre ellos y el sentimiento de pertenencia territorial de los pobladores.

Los resultados obtenidos dibujan una Cataluña configurada por treinta y ocho (38) comarcas y nueve regiones numeradas del I al IX (en números romanos). La división territorial así definida, es efectiva entre 1936 y 1939. En la figura 11 elaborada por el CPSV en 2006, se observan los resultados obtenidos para la encuesta realizada en 1932.

Los resultados obtenidos muestran una pluralidad de mercados, delimitados por las condiciones anteriormente expuestas. Finalmente, se distribuyó el territorio en 38 comarcas que reflejan gran similitud con los sistemas urbanos actuales.

² La Ponencia de Estudio de la estructuración comarcal de Cataluña creada a iniciativa del consejero de cultura Ventura Gassol, presidida posteriormente por el consejero de gobernación, tuvo como vicepresidente al geógrafo Pau Vila. Las fuentes de este grupo están constituidas por investigaciones previas del ámbito académico, de una amplia consulta a los municipios catalanes y de la experiencia de la división en partidos judiciales. La importancia de este grupo radica en que elabora un primer proyecto de división comarcal de Cataluña.

Figura 11. Relaciones funcionales definidas para Catalunya por la Encuesta de 1932



Elaboró. Centro de Política de Suelo y Valoraciones

A partir de 1932 el planeamiento es el medio que se utiliza para definir la transformación del territorio. El desarrollo de los siguientes párrafos se apoya esencialmente en análisis de las figuras de planeamiento que han surgido en el último siglo, se acude especialmente a los trabajos de: (Roca, Díaz, y Clusa 1997); (Elinbaum 2011) y (Nel.lo 2013) que estudia las relaciones entre el discurso intelectual sobre las propuestas de ordenación policéntrica y la sucesión de hechos de diferente naturaleza que derivan de la evolución histórica de Cataluña.

El inicio de las políticas urbanísticas en Cataluña se ubica en los trabajos y proyectos del GATCPAC³ (Grup d'Arquitectes i Tècnics Catalans per al Progrés de l'Arquitectura Contemporània). Dentro de los trabajos de este grupo sobresale el Plan Macià, donde se propone una distribución funcional de Barcelona alrededor de los ejes viarios que en aquel momento la vertebraban: la gran vía, la meridiana, y el paralelo.

³ GATCPAC. Grup d'Arquitectes i Tècnics Catalans per al Progrés de l'Arquitectura Contemporània creado en 1930 para promover la arquitectura del momento, el denominado movimiento Racionalista.

Finalmente, en este mismo año se restaura la autonomía y se aprueba el estatuto; la provincia como unidad de organización administrativa es reemplazada por la comarca.

A partir de 1938 y hasta 1976 durante la etapa del gobierno franquista, el debate del policentrismo se limita al ámbito urbanístico. Aunque, los planes de 1953, 1959 y 1966 optaban de un modo u otro por el desarrollo policéntrico.

En este periodo sobresale el Plan General de Ordenación de Barcelona y su zona de influencia o *Plan comarcal de Barcelona* de 1953 (figura 13), el documento se desarrolló bajo la asesoría y la supervisión de la Comisión Provincial de Barcelona dependiente de los órganos centrales de la época e instaurados en Madrid. El ámbito territorial de este plan es la comarca de Barcelona, integrada por catorce municipios. El trabajo lo desarrolló el arquitecto José Soteras Mauri⁵ bajo la supervisión de Pedro Bigador⁶. El Plan Comarcal se aprueba con la Ley sobre Ordenación Urbana de Barcelona⁷ que crea además la comisión de urbanismo de Barcelona.

El plan estaba estructurado en tres documentos: una memoria, la normativa correspondiente y un plano de zonificación. El documento propone los límites del crecimiento urbano en forma nuclear para evitar que Barcelona por su peso y tamaño siga creciendo de manera ilimitada y absorba las ciudades satélites que ya en esa época tenía carácter propio, reforzando así la idea de concepto Bardetiano⁸ que claramente afianza la idea descentralizadora. De los documentos se extrae que el planeamiento expresa una idea más clara de policentrismo; la propuesta articula fuertemente el territorio a través de las denominadas áreas de análisis funcional⁹. Divide el territorio en cinco zonas de la misma forma que lo plantea la ley de 1946 en Madrid.

El plan además enumera los documentos que debe contener un plan parcial utilizando como antecedentes el Plan de Madrid y la Ley de Valencia al indicar de manera general el ordenamiento de las zonas de Levante (774 Ha), las zonas de Poniente (620 Ha) y las zonas de descanso de Viladecans, Gavà y Castelldefels. Todas estas actuaciones dotaron a la comarca de un gran número de planes parciales aprobados o en ejecución. A nivel de plan parcial en general resalta las ideas higienistas, las ideas comunitarias y la mejora de la habitabilidad de las viviendas.

⁵ José Soteras Mauri. Arquitecto jefe la oficina de estudios del ayuntamiento de Barcelona durante el mandato de José María Porcioles.

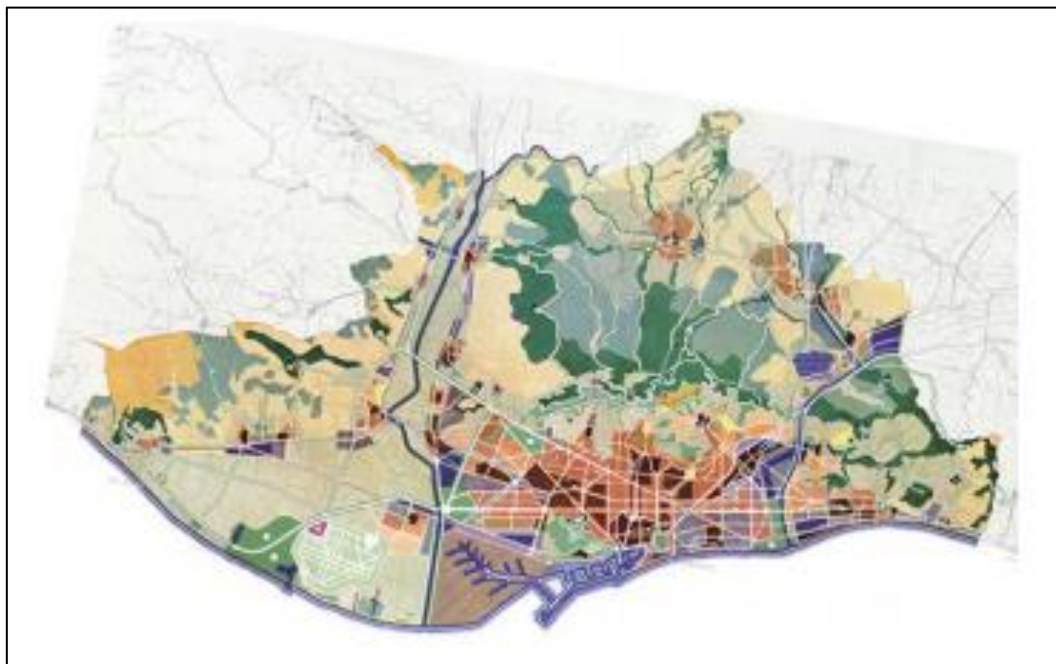
⁶ Pedro Bigador. Autor del Plan Bigador o Plan Urbanístico de Madrid de 1941. En la época de elaboración del Plan Comarcal de 1953 se desempeñaba como director técnico de la comisaría de Ordenación de Madrid y era asesor de la comisión provincial.

⁷ Ley de Ordenación Urbana de Barcelona se aprueba el 3 de diciembre de 1953.

⁸ En Terán (1977) el concepto Bardetiano está asociado al concepto de conglomerado o racimo, el autor cita literalmente (...“núcleos urbanos claramente diferenciados que tengan cada uno de ellos un programa social completo”..., “una gran ciudad, constituida, por una corona de núcleos, cada uno de ellos con su propia personalidad”).

⁹ Las áreas de análisis funcional se definieron a partir de treinta y nueve (39) clases diferentes de suelo en el plano de zonificación

Figura 13. Plan Comarcal de 1953.



Fuente: Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Vol I. Departament de Política Territorial i obres Públiques. 2010.

Posteriormente se desarrolla el *Plan Provincial de Barcelona*, que se aprueba en 1959 después de que la Ley de Suelo introduce la figura de Plan Provincial en el ordenamiento jurídico. Este documento “Es el resultado de aplicar el urbanismo a la escala regional” como cita (Terán 1977a, p. 78) haciendo referencia al texto que da inicio a la memoria del plan (figura 14).

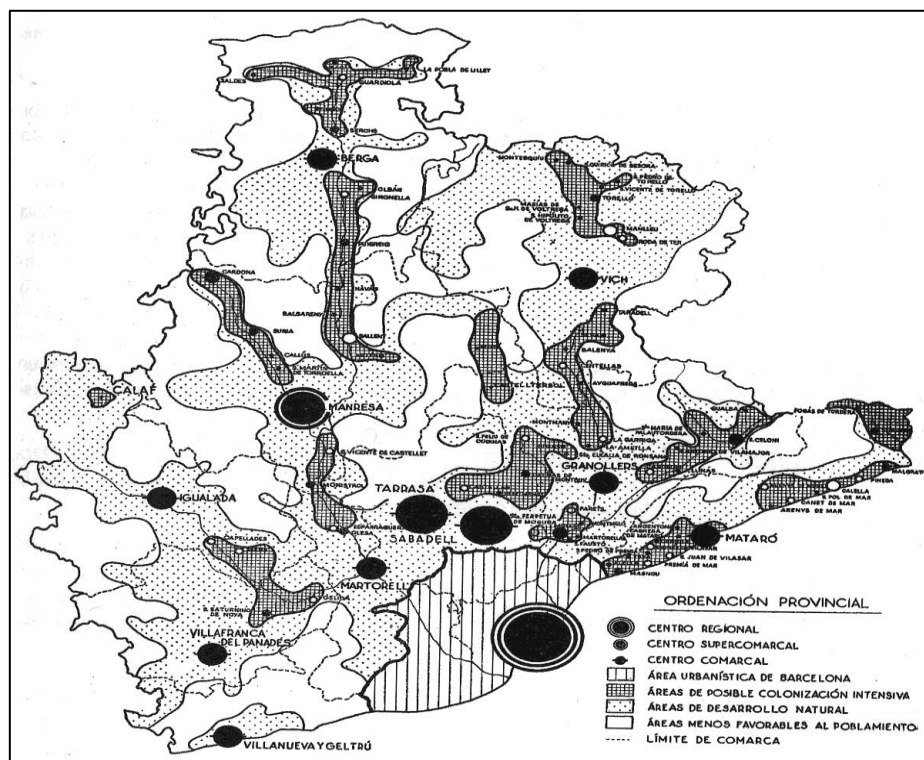
El plan tiene como propósito la definición de una estructura territorial a través de una serie de pasos como: redistribución de la población, caracterización funcional o zonificación y realización de normas que permitan el reordenamiento territorial. Para ello propone la limitación del crecimiento de Barcelona ciudad y su cintura, la deslocalización de la industria fuera de Barcelona por ser el mayor centro de atracción de empleo de la región, ubicación de la industria en zonas de desarrollo urbanístico para reorganizar la población, la protección del paisaje. El plan introduce la idea de “ciudad-comarca” de Baldrich¹⁰. El ámbito del plan cubre una superficie de 485 Km².

¹⁰ Manuel Baldrich i Tibau presenta en el congreso internacional de urbanismo y vivienda de Lisboa (1952) una ponencia que propone el desarrollo un sistema urbano de tipo policéntrico a partir del binomio ciudad – comarca apoyándose en la configuración de una unidad territorial constituida por varias comunidades de 5000 a 10000 habitantes, agrupadas alrededor de otra comunidad cabeza de comarca de 25000 a 50000 habitantes. Estos grupos forman regiones que configuran un centro con un volumen de población de 100000 a 200000 habitantes como máximo.

Baldrich propone además crear un anillo o cinturón de 50-100 Km que limite el crecimiento de los núcleos ya existentes. Finalmente, sugiere que la nueva industria se ubique en las afueras del anillo.

El plan se aplica sobre una estructura comarcal cuyos núcleos urbanos y áreas de desarrollo están en función de las posibilidades urbanísticas. Este plan no se aprobó, se quedó como una propuesta teórica.

Figura 14. Plan Provincial de 1963



Fuente: Notas para la historia del planeamiento de Barcelona. Ciudad y Territorio: revista de ciencia urbana. Nº 2. PP., 73-86.

Aún vigente el plazo de operación del plan comarcal de 1953¹¹, pero habiéndose superado las previsiones realizadas a nivel demográfico e industrial del plan, en 1966 se redacta *El Plan Director del Área metropolitana de Barcelona* (figura 15) que se publica en 1968. Este documento da origen en Cataluña al planeamiento moderno, porque utiliza un enfoque metodológico novedoso y propone un nuevo modelo territorial como cita (Terán 1977b, p. 80). El ámbito de planeamiento se extiende fuera de la comarca a un nuevo nivel denominado área metropolitana de Barcelona que se delimito usando criterios geográficos, demográficos, económicos y urbanísticos.

El plan comprende un área de 3297 Km², delimitada en función de la evolución demográfica, el cambio de los movimientos pendulares en el transporte público (desplazamientos) específicamente de 1.30 horas partiendo de Barcelona, frecuencia de los servicios de ferrocarril, análisis de áreas y sub-áreas comerciales, ámbito de las comarcas históricas, condiciones geográficas, estimación del espacio necesario para garantizar el funcionamiento de los

¹¹ La vigencia del Plan Comarcal era de quince años y había sido definida por la Ley del suelo.

asentamientos en (Benabent 2006). Por primera vez se utilizan métodos cuantitativos para justificar teóricamente el modelo adoptado, se utilizan los desplazamientos laborales diarios, que definen la movilidad.

El plan propone una estructura territorial descentralizada y policéntrica, basada en núcleos urbanos organizados en polaridades en función de su peso demográfico y su actividad, intensamente relacionados entre sí a nivel social y económico por medio de grandes ejes infraestructurales de comunicación y con un alto grado de continuidad urbana en términos de facilidad de acceso y de integración, más no un continuo edificado capaces de garantizar un equilibrio territorial homogéneo.

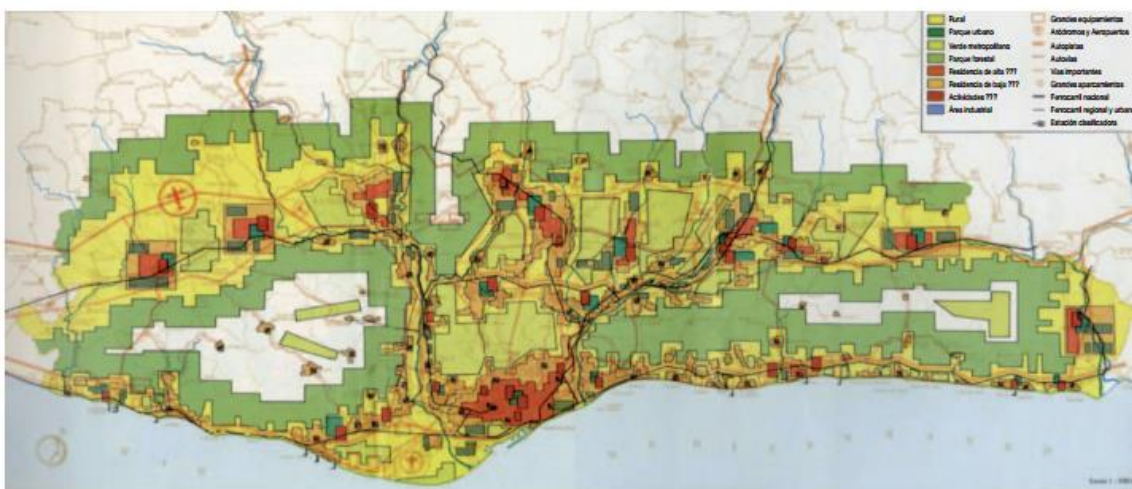
El plan favorece el modelo de ciudad-territorio que imperaba en ese momento en Italia, identifica para el modelo existente tres sectores, un primer sector constituido por el barcelonés y caracterizado por núcleos compactos y centrales; una prolongación de conurbaciones en forma de estrellas, anillos o lineales a lo largo de las vías primarias de comunicación configurando paquetes urbanos de poca urbanización y que pueden fusionarse entre sí y la unión de pequeños núcleos especialmente en los extremos del territorio. Este documento sólo fue aprobado a instancias administrativas y no se aplicó. Entre 1976 y 2010 el debate intelectual y urbanístico potencia el policentrismo como alternativa para estructurar el desarrollo urbano de Cataluña y hacer de todo su territorio una ciudad.

En este periodo la discusión se centra en tres consignas: modificación de la organización territorial de la administración pública, interpretación de las características del proceso de urbanización y elaboración de instrumentos de planificación territorial. Respecto al primer punto la actual organización territorial superpone diferentes niveles administrativos que se corresponden con el encaje de Cataluña en España o con proyectos de organización territorial del país.

En los últimos treinta años el estudio del policentrismo ha evolucionado condicionado por las dinámicas de urbanización y metropolitanización. Entre 1975 y 1996 se produce un importante proceso de descentralización y dispersión de la población y la actividad en el territorio, ocasionando una disminución del peso de Barcelona y de las principales ciudades en favor de nuevos núcleos. A partir de 1996 por el efecto de la inmigración, los núcleos antiguos vuelven a incrementar la población, lo que deriva en una interdependencia dentro del sistema urbano catalán y en un cambio en las jerarquías territoriales.

A nivel intelectual, las investigaciones realizadas justifican el avance del policentrismo, se evidencia la extensión de las dinámicas metropolitanas, la integración del espacio, la difusión de los servicios y el predominio pleno de las formas de vida urbana en el conjunto del país. “Empieza a observarse una infraestructura urbana cada vez más policéntrica, interdependiente y con una jerarquía compleja; similar a una ciudad integrada por diversas ciudades. También se aprecia un territorio cada vez más integrado, articulado sobre una red urbana capaz de garantizar un equilibrio en la renta y los servicios. Numerosos estudios demuestran que el policentrismo se convierte en una nueva realidad y la forma de afianzarlo y organizarlo se traslada a la planificación” (Nel.lo 2013b, p.327).

Figura 15. Plan Director del Área metropolitana de Barcelona de 1966.



Fuente: Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Vol I. Departament de Política Territorial i obres Públiques. 2010

Desde el urbanismo se desarrolla el *Plan General Metropolitano de Barcelona de 1976* en adelante PGM, este instrumento desarrolla una visión global e integral del territorio que afecta el área metropolitana de Barcelona. Su acción abarca veintisiete municipios (27) manteniendo ámbito del Plan Comarcal de 1953, sin incluir las principales centralidades metropolitanas como Mataró, Granollers, Sabadell, Terrassa, Martorell, Vilafranca del Penedès y Vilanova i la Geltrú. Su aprobación requirió un amplio consenso político.

El plan utiliza cartografía a escala 1:5000, la primera exposición pública del plan se realiza en 1974, se recogen aproximadamente 32000 alegaciones, posteriormente en 1976 se hace la presentación final del documento que al ser modificado pierde gran parte de su contenido documental y rigurosidad. A pesar de ello el plan resalta el papel dinámico de Barcelona capital y le califica como un sistema urbano de rango europeo.

También insiste en la importancia de las ventajas económicas de la urbanización generada por las facilidades del sistema metropolitano barcelonés que facilita la especialización productiva, la complementariedad entre actividades y los aumentos en la oferta de los factores productivos. Otro aspecto importante que resalta el plan es la necesidad de ampliar el uso de suelos para garantizar el crecimiento industrial y residencial. El modelo de “ciudad-territorio” planteado en el Plan Director de 1966 pasa a denominarse estructura metropolitana en el PGM y agrupa Barcelona, los principales centros direccionales (espacios de actividad) y equipamientos o nuevos polos de atracción, utilizando las dos siguientes directrices.

1. Clasificación del suelo en urbano, urbanizable y no urbanizable.
2. Creación de zonas y sistemas para diferenciar los suelos de uso público de los suelos de uso privado.

Los sistemas definidos anteriormente estructuran el territorio de manera ordenada y diferenciada (sistemas de comunicaciones; espacios verdes, equipamientos, servicios, etc.) y definen las necesidades de suelo. Por último, este plan propicia la disminución de la densidad urbana en las áreas centrales aumentando los espacios para usos colectivos tanto a nivel de ciudad como de barrio (figura 16).

En 1983 la Ley de Política Territorial¹² disuelve la Corporación Metropolitana de Barcelona y reparte sus competencias entre la Entidad Metropolitana del Transporte y la Entidad Metropolitana del Medio Ambiente. Los municipios que quedan fuera de las anteriores entidades se agrupan en la Mancomunidad de Municipios del Área Metropolitana y definen el ámbito territorial denominado Área Metropolitana configurada inicialmente por 32 municipios en (Nel.lo 2013b, p.328).

Esta ley decreta la elaboración de un *Plan Territorial General de Cataluña* (PTGC)¹³, este documento está estructurado por un conjunto de Planes Territoriales Parciales y de Planes Territoriales Sectoriales para cada una de las regiones del país. El PTGC se aprueba en 1995 y en el que se define los ámbitos funcionales y territoriales de toda Cataluña, en función del modelo territorial (figura 20). El PTGC establece las pautas necesarias para el encaje de los planes territoriales parciales y los planes territoriales sectoriales que se deben desarrollar aunque posee un escaso contenido normativo. De los planes propuestos sólo se desarrolló y publicó el plan de las Terres de l' Ebre en 2001. A partir de 2004 con la creación del programa de planeamiento territorial, se elaboró, tramitó y aprobó los siete planes territoriales pendientes.

¹² La Ley 23/1983, de 21 de noviembre, de política territorial y se publica en el diario Oficial de la Generalitat de Cataluña, 385, el 30 de noviembre 1983.

¹³ El Plan Territorial General de Cataluña (PTGC) se aprueba por la Ley 1/1995, de 16 de marzo.

Figura 16. Plan general metropolitano (PGM) 1976



Sistema viario básico. Fuente: Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Vol I. Departament de Política Territorial i obres Públiques. 2010

El 20 de abril de 2010 se aprueba el *Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (PTMB)*¹⁴. El ámbito del plan comprende las comarcas del Alt Penedès, Baix Llobregat, Barcelonès, Garraf, Maresme, Vallès Occidental y el Vallès Oriental, cubriendo una superficie de 3.236 km² repartidos entre 164 municipios que configura la denominada RMB. Este territorio representa sólo un 10% del total de Cataluña y alberga el 64% de la población cerca de 4.772.130 habitantes de acuerdo con el censo de 2011¹⁵.

El PTMB ordena el territorio a partir de tres aspectos fundamentales: la compacidad de los asentamientos, la complejidad funcional y la cohesión social. La vigencia del plan se extiende hasta 2026. El PTMB fundamenta sus objetivos en los siguientes tres aspectos:

- Los espacios abiertos,
- Los asentamientos
- Las infraestructuras de movilidad terrestre. Los siguientes tres apartados amplían los anteriores objetivos.

¹⁴ El Plan territorial metropolitano de Barcelona se formula bajo dos mandatos: La ley 7/1987 que regula las actuaciones públicas de Barcelona y las comarcas de su zona de influencia directa y la ley 1/1995 por la que se aprueba el Plan General Territorial de Cataluña.

¹⁵ Fuente Idescat a partir del censo de población y vivienda del INE

1. Espacios abiertos

Sectores caracterizados por favorecer la diversidad territorial y mantener la matriz biofísica que garantiza en el proceso de planificación territorial que el desarrollo económico y social no afecta la pérdida de biodiversidad, protege los espacios naturales y agrarios, defiende el paisaje como factor determinante de la calidad de vida de los ciudadanos y regula el consumo de suelo.

Respecto al consumo de suelo, la acción del plan se centra en un territorio altamente urbanizado, aun así el plan asigna cerca de 75% de suelo al sistema de espacios abiertos de los cuales el 63% se define como suelo de protección especial; en estos sectores queda excluida cualquier posibilidad de urbanización lo que les atribuye la condición de ser un apoyo básico para el desarrollo sostenible de Cataluña y particularmente de la RMB. Se clasifica el 4.5% de superficie como suelo de protección preventiva (suelo con expectativa de urbanización) en base al desarrollo histórico del territorio.

Respecto al suelo disponible para infraestructuras se asigna un 30% como máximo. En conclusión, la proporción de suelo para los sistemas de espacios abiertos alcanza un 70%.

2. Asentamientos urbanos

A partir del PTMB el planeamiento no sólo regula las posibilidades de extensión de los asentamientos urbanos sino, también, participa de los procesos de reforma y mejora urbana que hasta ese momento eran competencia del planeamiento urbanístico. Parte de considera que el ámbito de actuación está integrado por diferentes núcleos históricos, áreas urbanas, áreas especializadas de diversos tipos y grandes infraestructuras, configurando una ciudad plurimunicipal con diversos grados de estructuración territorial y urbana. El PTMB añade, un conjunto de estrategias específicas para la situación del territorio como:

- Centros urbanos y nuevas centralidades.
- Áreas de extensión y áreas de transformación urbana de interés metropolitano.
- Áreas especializadas industriales a transformar y áreas especializadas industriales a consolidar y equipar.
- Áreas especializadas residenciales a reestructurar.

Las anteriores propuestas permiten definir propuestas de mejora estructural de las partes ya conurbadas. En áreas donde la continuidad urbana no está suficientemente estructurada se propone reforzar la estructura nodal a través de las siguientes propuestas:

- Áreas urbanas de desarrollo nodal para aquellos lugares donde hay una referencia urbana importante como es el caso de Granollers, Martorell, Abrera, Vilanova i la Geltrú, el Plan considera que convienen básicamente operaciones de ensanche.

-Áreas urbanas de polarización corresponden a ámbitos con una implantación urbana más fragmentada y con pautas de crecimiento menos claras, en los cuales los procesos de crecimiento urbano tienen que comportar la creación de nuevas piezas de centralidad con funciones y equipamientos de referencia para las áreas urbanas del ámbito señalado. El entorno urbano de la riera de Caldas y las vertientes del valle del Tenes son las dos áreas urbanas de polarización señaladas por el Plan Territorial Metropolitano.

-Ejes urbanos de desarrollo nodal son estrategias que complementan las estrategias de núcleo asignadas a una sucesión de áreas urbanas localizadas a lo largo de dos ejes de especial significación territorial a las comarcas del Alt Penedès y del Vallès Oriental respectivamente.

La disposición de diversas áreas urbanas de cierta importancia a lo largo de un eje viario tiene un potencial estructurador de la nodalidad territorial que puede ir más allá de lo que resulta de la simple asignación de estrategias de núcleo a cada área urbana. El señalamiento adicional de la estrategia de ejes urbanos marca un camino para el aprovechamiento de esta circunstancia. Dado el alcance plurimunicipal que tienen las áreas sujetas a estrategias de reforzamiento nodal, el PTMB determina que cada uno tiene que ser objeto de un plan director urbanístico para el cual establece objetivos y condiciones específicas en función del contenido de la estrategia asignada y de la realidad del lugar.

Finalmente, el plan sugiere que los asentamientos se estructuren de forma tal que puedan consolidar una metrópolis policéntrica, cumpliendo los siguientes objetivos:

- Favorecer la cohesión social y evitar la segregación.
- Facilitar una política de vivienda eficaz y urbanísticamente integrada.
- Propiciar la convivencia de actividades y vivienda en las áreas urbanas.
- Aportar medidas para la regulación de la segunda residencia.
- Proteger y potenciar el patrimonio urbanístico existente.
- Nuevos crecimientos deberán tener continuidad con los espacios urbanizados existentes.
- Reforzamiento de la estructura para consolidar una región urbana policéntrica.

3. Las infraestructuras de la movilidad.

En materia de infraestructuras de movilidad, el PTMB no anula las competencias del planeamiento sectorial, por el contrario las complementa. Dentro de esta lógica, el PTMB adoptó, en relación con la red viaria, unas categorías que dejan al ámbito sectorial lo relativo a las características técnicas de las vías, y asume la valoración estructural desde el punto de vista de la topología de la red y de la importancia de los nodos territoriales.

Por ello sugiere una metodología en función del uso de los flujos para definir las secciones de las vías desde el proyecto. Propone el desarrollo de vías estructurantes primarias, estructurantes secundarias, suburbanas, integradas, a partir de la tipología viaria adoptada por el Programa de Planeamiento Territorial. Potencia las denominadas vías suburbanas, capaces de vertebrar los sistemas urbanos pluri-municipales a través del gran número de relaciones que facilitan con la red local.

La adopción de esta tipología viaria para el caso particular de estudio de esta investigación la *Ronda del Vallès o B-40* le atribuye la categoría de *vía estructurante primaria* y permite separar del Plan la discusión sobre las características de esta vía.

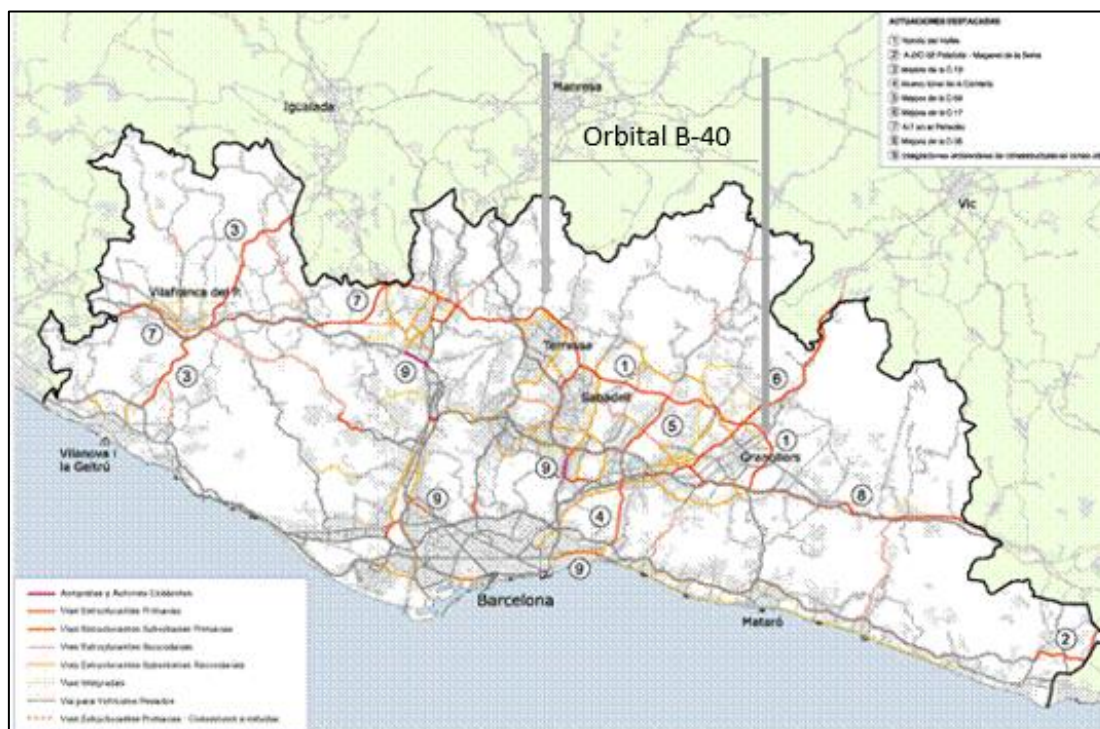
Finalmente, el Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña (PITC) delegó en el PTMB la concreción de las determinaciones en materia viaria y ferroviaria que tenía que haber hecho este plan sectorial. Es decir, en el ámbito metropolitano de Barcelona, el PTMB tiene además de su propio papel, el que correspondía al PITC.

Dado el tema de esta tesis se exponen los objetivos que se persiguen a través de las actuaciones previstas en materia de infraestructura:

- Hacer de la movilidad un derecho ciudadano
- Fomentar el transporte público de forma que pueda producirse un progresivo desplazamiento de la movilidad desde los modos de transporte individual (automóvil, motocicleta) hacia los colectivos (ferrocarril, metro, tranvía, autobús).
- Mejorar la vialidad, potenciando, por una parte, los trazados que estructuran los desarrollos urbanos y vertebran el conjunto de la región metropolitana, y, por otra, los que aumentan la capilaridad de la red viaria.
- Integrar Cataluña en el sistema de redes de la movilidad y el transporte de escala peninsular y europea, prestando particular atención a los puntos de intercambio modal entre las redes suprametropolitanas y el transporte interno de la región metropolitana.

Entre las intervenciones propuestas aparece la Ronda del Vallès o B-40, la compleción del Eje Diagonal (Vilanova-Igualda-Manresa), el nuevo túnel de la Conreria para el paso entre el Maresme y el Vallès, la mejora de la autovía C-17, el nuevo trazado de A-7 en el Penedès. La figura 17 contiene la red viaria propuesta en el Plan.

Figura 17. Red viaria propuesta en el PTMB (2010)



Fuente. Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Vol I. Departament de Política Territorial i obres Públiques. 2010

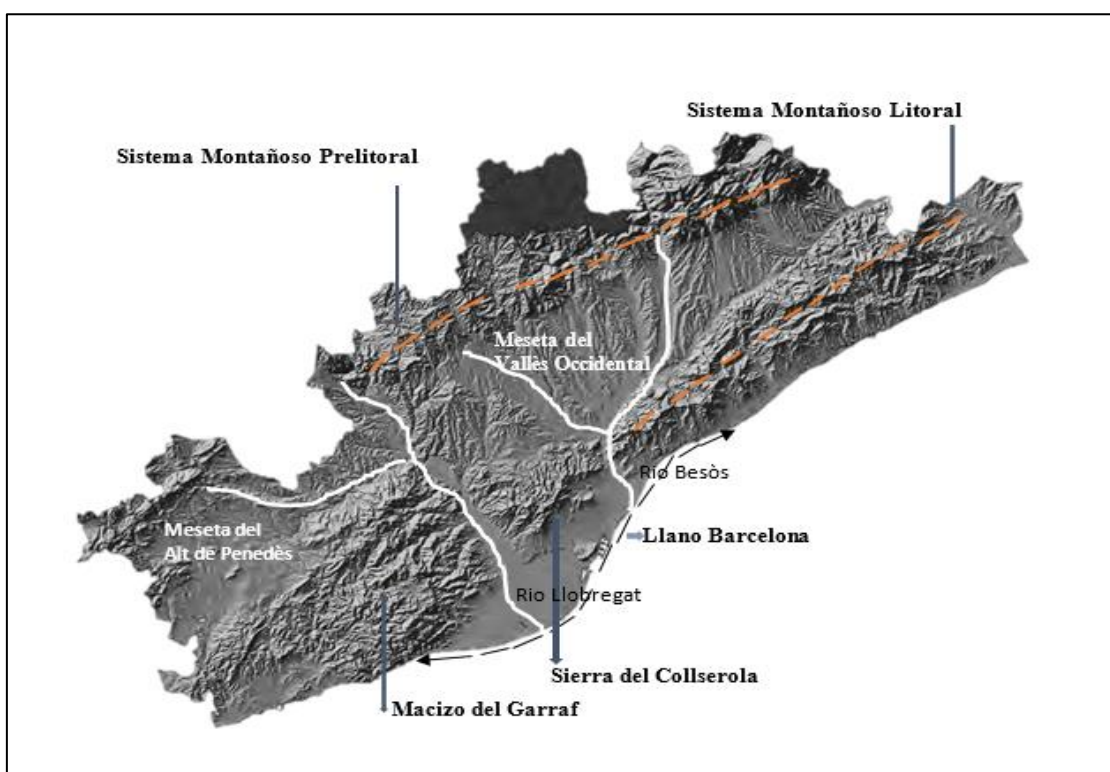
3.2 Ámbito geográfico del caso de estudio

La configuración geomorfológica del territorio de la RMB definen la ocupación y la localización de las actividades, asimismo define la ubicación de las redes de infraestructura como se aprecia en la figura 18. Geomorfológicamente la RMB está configurada por dos cordones montañosos, la cordillera prelitoral y la depresión litoral. La Cordillera prelitoral forma parte de las cordilleras de la costa se sitúa paralela al Mediterráneo, a una distancia entre 30 y 60 km; se extiende desde la desembocadura del Ter hasta el Montsiá. En ella se encuentran las mayores alturas del sistema. El Montseny (1.712 m) es el pico más alto. La cordillera litoral es la más cercana a la costa inicia en el Ampurdán y se extienden hasta el Campo de Tarragona, la montaña de más altura es el Montnegre (763 m).

Entre estas dos cordilleras se encuentra la depresión prelitoral en la que se ubican las comarcas del Vallès (Occidental – Oriental), del Penedès y parte de la del Baix de Llobregat.

En este territorio también se encuentran el río Besòs y el Llobregat que definen cuatro cordones montañosos el Garraf, Collserola, Marina y Montenegro ubicados en la sierra litoral. Las desembocaduras de estos dos ríos configuran un plano en el que se ubica la ciudad de Barcelona. La amplitud del delta del Llobregat extiende la zona de ocupación hacia el sur – oeste hasta encontrar el Garraf y sobre el delta del Besòs en la cordillera litoral se ubica el Maresme con una longitud de aproximadamente cincuenta kilómetros.

Figura 18. Configuración Geomorfológica de la RMB.



Elaboración propia

La localización de la urbanización de la RMB depende de la orografía. Barcelona es el sector de mayor urbanización, situada en una zona plana de pendientes suaves, que facilitan el desarrollo de las actividades económicas. A lo largo de la costa se ubican dos importantes sectores de urbanización, sobre el lecho del Llobregat se extiende hacia el macizo del Garraf un sector caracterizado por núcleos de urbanización compacta y sectores de gran dispersión. Más hacia el noroeste se encuentra la meseta del Alt del Penedès que acoge varios asentamientos de poca compacidad. Del río Besòs hacia el noreste y sobre la sierra del litoral se ubica el Maresme, zona de un alto grado de urbanización. Finalmente en la meseta configurada por el Vallès Occidental y Oriental se ubican ciudades muy urbanizadas, con un mercado económico altamente consolidado, como es el caso de Terrassa y Sabadell.

3.3 Formación de la red viaria de Barcelona

El análisis del desarrollo histórico busca revisar la conformación del territorio desde la formación de la red viaria. Este apartado se basa en el estudio teórico de (Navas i Ferrer 2012), en el cual se hace una revisión exhaustiva de las principales aproximaciones teóricas que desde la perspectiva de la geografía física se han realizado respecto a la configuración histórica del sistema viario de Barcelona que ha moldeado la red viaria de Cataluña. Este trabajo distingue cuatro periodos en la formación de la red viaria, definidos en función de la relación territorio-infraestructura y de los cambios derivados de la planificación de las mismas.

La primera etapa se extiende desde 1761 a 1860, a nivel estatal se redacta el primer Plan de Carreteras de España donde se definen los principales ejes radiales desde Madrid. En este periodo se definen las bases del sistema de comunicaciones moderno. Para Cataluña, se definen los ejes principales que conectan Barcelona con el sistema urbano situado a partir de los 40 y 60 km de distancia. La financiación de las actuaciones desarrolladas en esta etapa depende de los impuestos al comercio y al consumo.

El segundo periodo va de 1860 hasta 1905, el Plan estatal de carreteras fija la red básica y prevé para Barcelona cerca de 1000 Km de los cuales, aproximadamente, el cincuenta por ciento se clasifican como vías de tercer orden para mejorar las conexiones a nivel local. Se definen las bases técnicas para diseñar una red complementaria a las carreteras estatales y la red ferroviaria. Inicia la planificación de la red provincial gestionada desde la Diputación de Barcelona, que actúan exclusivamente dentro de los límites de la provincia con el propósito de servir doblemente a un tráfico de proximidad y a la creación de un conjunto de vías que incrementen la accesibilidad en un radio de 40 Km respecto a Barcelona.

El Plan de caminos Vecinales del siglo XX da inicio a la tercera etapa, el periodo de tiempo que abarca esta etapa sólo es de 25 años, de 1905 hasta 1929. Es un periodo de múltiples actuaciones, desarrolladas en función de la capilaridad y el equilibrio territorial. En periodo la red local de carreteras provinciales y caminos sobrepasa la red básica.

A partir de los años 50, los avances tecnológicos y el incremento del uso del automóvil afectan la construcción de las vías, la planificación de infraestructuras tiene en cuenta la escala metropolitana y el papel del nuevo eje dentro de la red de transporte al que se integra. El estado planifica una red de autopistas de larga distancia, modernas asociadas al territorio funcional que rodea Barcelona. Este nuevo tipo de planificación se concreta con la aprobación del Plan Comarcal de 1953 que reconoce un ámbito geográfico de carácter supramunicipal que supera la división tradicional provincial. A partir de 1976 se diseñan los ejes metropolitanos de alta capacidad configurados, por una parte, por redes arteriales y los cinturones y, de otro lado, por las autopistas de peaje de largo recorrido. La tabla 12 presenta las principales características de los periodos que configuran las anteriores etapas y las principales actuaciones realizadas en las mismas.

Tabla 12. Evolución histórica de la red viaria y del planeamiento de carreteras en Cataluña.

<i>Evolución histórica de la red viaria y del planeamiento de carreteras en Cataluña</i>	
<i>Anterior a 1761</i>	<p>La red viaria trazada por Roma sirvió para comunicar núcleos urbanos que, en su mayor parte, han permanecido desde la Edad Media hasta nuestros días, potenciando la relación entre el proceso de urbanización y trazado de los caminos.</p> <p><i>Actuaciones desarrolladas en este periodo</i></p> <p>Principales ejes: La vía Augusta en dirección NE-SW y paralela a la costa unía los actuales territorios de Figueras-Girona-Martorell-Tarragona y Tortosa y que contaba con un trazado complementario que a su vez unía Blanes-Mataró-Badalona y Barcelona.</p> <p>El segundo eje de importancia sale de Tarragona en dirección Lleida para continuar hasta Huesca. Se caracteriza por ser un trazado perpendicular a la costa.</p>
<i>1761</i>	<p>Monarquía Ilustrada. Se redacta el primer plan de carreteras de España, el cual utiliza un criterio territorial relacionado con la estrategia militar. Se configura una serie de ejes que parten de Madrid de forma radial paralelos a los canales de riego y navegación. El viario a nivel local no se integra con los principales recorridos y depende de las poblaciones que cruza.</p> <p><i>Ámbito: Estatal</i></p> <p><i>Actuaciones propuestas:</i> Seis ejes de Madrid a: Coruña, a Badajoz, a Cádiz, a Alicante, y a la Raya de Francia, así por la parte de Bayona como por la parte de Perpiñán.</p>
<i>1779</i>	<p><i>Primer plan de comunicaciones para el principado.</i> Relación individual de caminos Generales</p> <p>Los propósitos de este documento son dos, la mejora y rehabilitación física de los tres ejes principales que partían de Barcelona hacia Valencia, Aragón y Francia y la construcción de una malla primaria de caminos subsidiarios que dan apoyo a los anteriores ejes en las zonas de mayor actividad productiva, con el fin de dar un carácter estructurante a la vialidad existente. Técnicamente se propone trasladar los trazados a zonas más altas para evitar las zonas de inundación.</p> <p><i>Ámbito: Cataluña</i></p> <p><i>Actuaciones propuestas:</i> Mejora del puente sobre el río Besòs, la finalización del puente del Lladoner, sobre la N-340.</p>
<i>1799</i>	<p><i>Desarrollo de un sistema de comunicaciones mixto ligado a la actividad económica</i></p> <p>En él se propone articular el interior de la provincia de Barcelona con los principales puertos de la época como: Barcelona, Reus-Salou-Tarragona y Girona-Figueras. Las vías propuestas debían ser complementarias con la actividad portuaria e integrar las diferentes clases de circulación: terrestre, fluvial y marítima. Además, marcar una morfología radial respecto a Barcelona considerada el centro de gran parte del tráfico de la Provincia.</p> <p><i>Ámbito: Estatal</i></p> <p><i>Actuaciones desde Barcelona</i></p> <p>Vallès-França, Barcelona-Vic-Ripoll, Barcelona-Manresa; Granollers-Mataró, Vilafranca del Penedès-Sitges, Girona Sant Feliu de Guíxols, Olot-Banyoles-l'Escala, Figueres-Roses, Salou-Reus-Guissona, Valls-Tarragona Móra d'Ebre-Cambrils i Salou, Amposta-Sant Carles de la Ràpita.</p>
<i>1805</i>	<p><i>Carreteras y sistema urbano de ciudades</i></p> <p>Es el único plan a nivel provincial de la época y el primer Plan Viario de Cataluña, la carretera tiene prioridad ante la navegación. Las actuaciones se estructura a partir de dos vías principales, Tarragona a Lleida y la Barcelona a Manresa que conectan Barcelona con el interior norte a través de unos ejes que dan accesibilidad a dos coronas territoriales superpuestas y distantes 60 km. Se proyecta un eje</p>

transversal en la primera corona que une buena parte de los núcleos de población. El Plan esboza una propuesta vial integrada. En esta etapa se desarrolla El Plan de Aranza, que dibuja las carreteras que formarán parte de la red básica de Cataluña, más concretamente, de la red provincial de Barcelona, con un alcance que excede el que a partir de 1833 serán los límites administrativos impuestos por la división provincial.

Ámbito: Provincial

Actuaciones propuestas:

Caminos principales: Barcelona-Manresa, Tarragona-Lleida.

Caminos secundarios: Manresa Cervera, Manresa- Cervera, Cardona-Berga, Cardona-Seu d'Urgell, Manresa-Figueres, Vic-Girona, Tarragona-Reus, Reus-Escala Dei, Reus-Móra d'Ebre.

Otros caminos: Igualada-Vilanova i la Geltrú, Tortosa-Saragossa, Barcelona-Figueres, Barcelona-Puigcerdà.

1816

Los planes propuestos en este periodo dependen del Plan radial de 1761. Los documentos desarrollados en este periodo tienen como objetivo crear una red de conexión entre Madrid, Barcelona, las poblaciones que tienen gran peso económico y los diferentes puertos que facilitaban el intercambio comercial. Este proceso genera nuevas centralidades en Cataluña como Granollers, Manresa, Vic, Igualada y Olot, que además de convertirse en nudos viarios se constituyen en capitales de partidos judiciales en 1820 (la división judicial es equivalente a una división administrativa). Esta nueva red, además, renueva la jerarquía territorial porque define nuevos límites y nuevas funciones debido a la nueva accesibilidad. Finalmente, el viario dibujado por este plan no tiene una disposición radial estricta respecto a Barcelona. La escala geográfica del Plan de la Junta queda determinada por el mercado interior catalán de influencia directa de Barcelona. Además le confiere un carácter más técnico a la carreta preparándola para el vehículo de ruedas.

Ámbito: Cataluña

Principales actuaciones:

Caminos principales: Figueres-Olot, Olot-Girona, Olot-Vic-Manresa-Calaf, Vilanova-Igualada, Igualada-Valls, Tarragona-Lleida por Valls, Reus-Valls, Valls-Vilafranca del Penedès, Barcelona-Vic, Antiguo camino a Francia por St. Celoni i Hostalric, Berga-Manresa, Cardona-Manresa, Manresa-el Bruc, Comunicació del Vallès amb la costa de Llevant: via Serra de Papers, via Collsacreu.

Caminos secundarios: Olot-Barcelona, Girona-Vic, Granollers-Esparreguera por Terrassa, Berga-Vic, Vic-Ripoll, Ripoll-Puigcerdà, Manresa-Igualada, Calaf-Ponts, Reus-Móra.

1821-1823

Periodo conocido como trienio liberal. En este periodo se inicia la industrialización de la economía, por ello se plantea una política impulsora de las obras públicas. Se crea la comisión de caminos y canales de 1820 en donde, se propone un sistema de caminos secundarios o interiores para dar apoyo a los principales itinerarios y así hacer más fluida la actividad económica.

También, se propone una ley sobre caminos y canales del reino con el fin de ampliar el plan radial de 1761 a través de un sistema mixto de vías de agua y vías terrestre. El principal aporte del Trienio es la integración del sistema mixto de vías. En este periodo las carreteras eran las encargadas de la modernización de la red de transportes, el desarrollo del ferrocarril era incipiente.

En este periodo sobresale la obra de Vicente de Frigola en 1824 titulada "la Relación de los pueblos" el aporte de la misma pasa por proponer la construcción de tres carreteras principales: Vic hasta Puigcerdà, Manresa vía Bruc hasta la Seo de Urgel y el eje transversal a partir de la Nacional II hasta Figueras.

1834-1847

<p>Durante este periodo Barcelona se consolida como el núcleo central más importante de Cataluña, las ciudades que la rodean presentan un acusado crecimiento producto del fortalecimiento de los principales ejes viarios debido al incremento de las denominadas vías complementarias. Se inicia la construcción de la carretera Barcelona- Vic (N152), se proyectan otras vías de gran importancia como: Barcelona-Terrassa (N150), Manresa- Girona (N141), Manresa-Berga (C1411).</p> <p>En 1836 se crean las Diputaciones (institución que gobierna y administra una provincia en el estado Español hasta la fecha) con ello se adquiere una nueva estructura organizativa de menor tamaño que facilita los programas de actuación. Se prioriza a partir de ese momento la obras públicas a nivel de provincia como se constata en 1845 cuando las actuaciones en la red provincial son mayores que las realizadas para la red estatal.</p> <p>Finalmente, en 1847, se redacta el plan provincial de carreteras de Barcelona, se aprueba en 1848 pero sus propuestas no se desarrollan.</p>
<p>1848 Se redacta el Plan de la Junta de Carreteras de Cataluña. Las principales actuaciones contemplan el incremento de la red provincial y la prolongación de los ejes verticales y transversales desde Barcelona, incrementándose así su capacidad centralizadora.</p>
<p>1857 Se aprueba la ley de carretas del estado que regulariza el sistema viario estatal que incorpora el ferrocarril como un factor primordial en la determinación de la categoría de una carretera. Promulgación de la ley de obras públicas. Finaliza la primera etapa de la construcción de la red de carreteras de Cataluña, en conclusión esta etapa se caracteriza porque no hay grandes actuaciones y se termina con sólo 800Km de vías construidas.</p>
<p>1860 – 1864. Elaboración de Planes Estatales. En 1860 se redacta el primer Plan de Carreteras del Estado, en él se prevé para Barcelona un desarrollo de 1000 Km de vías aproximadamente, de los cuales, el cincuenta por ciento se proyecta como vías clasificadas de tercer orden lo que supone una buena dotación a nivel local.</p> <p>Más adelante en 1864 se plantea el Segundo Plan de Carreteras del estado en el que se integra una línea de cinturón respecto a la capital Barcelona, la vía entre Molins de Rei y Caldes del Montbui.</p>
<p>1865 Se desarrolla el Plan Provincial de la diputación en él cual se consolidan las coronas sucesivas de vías en torno a Barcelona.</p>
<p>1877 Tercer plan de carreteras del estado que se deroga hasta 1911.</p>
<p>1878 Plan provincial de las diputaciones conocido como el Plan Palau.</p>
<p>1914. Cuarto plan de carreteras del estado: Plan de la mancomunidad de Barcelona. Al finalizar la segunda etapa se ha desarrollado una reorientación de la política viaria. La red de carreteras queda sometida al ferrocarril y muchas actuaciones dependen del caciquismo. El sistema de financiamiento, definido, por la planificación utiliza mecanismos de expropiación y sistemas modernos de financiamiento de obras públicas. Se cuenta con aproximadamente 4000 Km de vías al inicio de siglo.</p>
<p>1924. Plan de la Mancomunidad</p>
<p>1926. Circuito nacional de firmes especiales</p>
<p>1930. Plan de caminos vecinales</p>

1935. Plan de obras públicas de la Generalitat. Este último plan coincide con la aparición del automóvil, la carretera se revaloriza como una infraestructura de transporte frente al ferrocarril. Al finalizar esta etapa se cuenta con cerca de 8500 Km de vías, se acaba de estructurar la red viaria y se da paso al uso de nuevas tipologías de construcción.
1941. Quinto plan de carreteras del estado
1950. Plan de modernización
1961. Sexto plan de carreteras de Cataluña
1967. Plan nacional de autopistas. Programa Redia: Basa el modelo de movilidad en el transporte privado a través de una red de autopistas de diferentes tipologías. El objetivo de este plan, era, mejorar los 12 itinerarios con mayor intensidad de tráfico que sumaban unos 5.000 kilómetros y reforzar los firmes con capas de aglomerado asfáltico, definir un ancho de calzada de 12 metros, que incluya los arcenes; construir carriles de circulación lenta para vehículos pesados, y completar la señalización vertical y horizontal.
<i>Etapa de Inicio de la construcción de vías de alta capacidad.</i>
1969. Construcción de la A-19 hasta Mataró. Primera autopista de la RMB
1970. Tramos de la A-17 Barcelona-Montmeló y de la A-7 Montmeló-Maçanet
1971. Plan de accesos de la costa brava
1972. La A-2, entre Barcelona y Molins de Rei (construida en 1970 y prolongada hasta Vilafranca
1974. Plan arterial del área metropolitana
1977. Construcción de la A-18 Barcelona-Terrassa y el tramo de la A-7 (B-30) entre Montmeló y el Papiol
1978. Desdoblamiento de la autovía (C-246) o de Castelldefels entre Bellvitge y el aeropuerto.
<i>Cuarta etapa: Durante el periodo comprendido entre 1978 y 1986 hay un periodo de poca actividad constructiva, a partir de este periodo se inicia la construcción de una nueva tipología denominada “vías urbanas rápidas”.</i>
1984. Plan general de carreteras y autovías
1989. Prolongación de la A-18 entre Terrasa y Manresa
1991. Construcción del túnel de Vallvidrera, como salida directa al Vallès Occidental, y su prolongación hasta Terrassa la denominada E-9.
1992. Construcción del sistema de Rondas de Barcelona (Ronda de Dalt y Ronda Litoral)
1993. Construcción de la A-16 a través del Garraf
1994. Variante de Mataró y prolongación de la autopista A-19 hasta Palafolls. <i>Inicio de la construcción del Cuarto Cinturón, entre Mataró y Granollers (1994).</i>

Fuente: Tesis doctoral (Navas i Ferrer 2012).

3.4 Caso de estudio: Autopista Orbital B-40

Inicialmente denominada por los planificadores de carreteras como Cuarto Cinturón de Ronda de Barcelona, más adelante renombrada como autovía orbital B-40 y Ronda del Vallès por los planificadores territoriales. Esta infraestructura aparece en diferentes documentos de planificación para Barcelona desde hace aproximadamente cincuenta años.

Su objetivo inicial era servir de infraestructura de paso al tráfico originado desde el interior de la península hacia Francia y viceversa, distribuyéndolo al resto de corredores como Zaragoza – Madrid y el corredor del Mediterráneo. Más adelante se planteó como alternativa a la actual autopista AP-7. En el Plan director de infraestructuras 1993-2007 el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA), la definió como vía orbital B-40.

Finalmente, en el PTMB recibe la denominación de Ronda del Vallès debido a que adquiere una función territorial: unir los diferentes sistemas urbanos de las comarcas del Vallès Oriental, Occidental y del Baix de Llobregat para configurar un corredor metropolitano en el sector denominado segunda corona de Barcelona.

3.4.1 Antecedentes de la B-40 desde la planificación

La orbital B-40 aparece por primera vez en la propuesta del Plan Director Territorial del Área de Barcelona en 1966, posteriormente se incorpora al plan de mejora de itinerarios asfálticos o Plan Redia de 1967. En el periodo comprendido entre 1969 y 1975 se intensifica el debate sobre el Cuarto Cinturón, desde el estado se construye la autopista AP-7 que asume los flujos peninsulares con Europa, y además articula la movilidad interna de RMB especialmente con el Vallès.

En 1975 el Ministerio de obras públicas y urbanismo (MOPU) propone nuevamente la construcción del Cuarto Cinturón para completar la red arterial metropolitana. En 1985, el Parlamento de Cataluña aprueba la redacción del Pla de Carreteres de Catalunya, donde el proyecto del Cuarto Cinturón, es, concebido como una nueva autopista entre Mataró y Vilafranca del Penedés pasando por Granollers, Caldes de Montbui, Sabadell, Terrassa y Martorell y pasa a ser un proyecto de competencia estatal.

En 1993, el Ministerio De Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA) incorpora en el Plan Director de Infraestructuras (PDI, 1993-2007) el Cuarto Cinturón como parte del nuevo eje mediterráneo que va desde la frontera francesa hasta Alicante, paralelo a la autopista A-7. Este ministerio además incluye en el Programa de Actuaciones Prioritarias en Carreteras de 1993-1995 la construcción de la Autovía Orbital Abrera-Sant Celoni, la cual es un tramo del citado eje y parte principal del Cuarto Cinturón.

En 1994, la Generalitat de Catalunya presenta a consulta institucional el Proyecto de Adaptación del Plan de Carreteras de Catalunya (DOG 1956, 5 de octubre de 1994) en el que se incluye el Cuarto Cinturón definido por el MOPTMA. En marzo de 1995 el Parlament, aprueba el Pla Territorial General de Catalunya, este documento, propone, el Cuarto Cinturón como una vía que hace parte de un conjunto de rondas necesarias para mejorar la comunicación entre las ciudades del Vallès Occidental y Oriental. El territorio servido por esta vía concentra áreas industriales, caracterizadas por altas tasas de movilidad. Para hacer efectivas las anteriores medidas, el documento sugiere elaborar un buen plan de transporte público para personas y mercancías, y la construcción de una serie de infraestructuras de transporte de apoyo para facilitar la relación entre las áreas industriales y reducir el tráfico de vehículos pesados por el interior de las poblaciones.

En febrero de 2002, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento aprueba el Estudio Informativo «Cierre de la Autovía Orbital de Barcelona», que incluye el tramo entre Terrassa y Granollers. En julio de 2004 se redacta la memoria resumen para la Consulta Ambiental. La fase A del estudio informativo se completa en octubre de 2004 y en abril de 2005 se recibe, de la Dirección General de Carreteras, el informe de respuesta a las consultas ambientales previas. Estas consultas se consideran en la fase B del Estudio Informativo, que empieza a redactarse en el año 2009.

Finalmente, desde la planificación territorial, el PTMB propone un trazado indicativo de la Ronda del Vallés, definido dentro de un conjunto de trazados alternativos que han sido evaluados en el proceso de consulta pública. El trazado se caracteriza porque cumple los objetivos propuestos por el PTMB y expuestos en el numeral 3.1.

En resumen, es coherente con las propuestas de asentamientos y espacios abiertos, se ajusta a los continuos urbanos, respeta la traza histórica, reduce la fragmentación de los espacios libres presentes en el recorrido. Asimismo, no pasa por el interior de las poblaciones, reduciendo las externalidades ambientales relacionadas con el ruido y contaminación, finalmente, no divide los tejidos urbanos que cruza.

3.4.2 Antecedentes desde los actores sociales

La construcción de cualquier infraestructura de transporte genera debate, la propuesta de la actual B-40 no ha escapado a esta polémica. Las diferentes propuestas del trazado y la tipología de vía han tenido que afrontar la acción de diferentes actores sociales (grupos de individuos que asumen la representación de determinados intereses incidiendo en diversos procesos de tipo económico, cultural, político de la comunidad en la que intervienen). Este párrafo destaca las principales actuaciones y propuestas que desde los grupos de actores sociales se han presentado.

Las principales entidades sociales que se oponen a la construcción de la autovía Orbital B-40 se han agrupado en la asociación llamada “*Campanya contra el Quart Cinturó*” (Sabadell 1992). Esta plataforma está integrada por partidos políticos como ERC (*Esquerra Republicana de Catalunya*), ICV (*Iniciativa per Catalunya Verds*), la confederación sindical de comisiones obreras (CCOO), asociaciones de vecinos como ADENC (Entidad adherida a la federació d’entitats ecologistes de Catalunya), la Comissió Ecològica de la Federació d’Associacions de Veïns (FAVS), la Unió Excursionista de Sabadell (UES) y la Unió de Pagesos (sindicato mayoritario de agricultores de Catalunya) cuyos argumentos están dirigidos a la conservación de los espacios naturales, de patrimonio cultural y paisajístico de las comarcas del Vallès, el Baix Llobregat y el Penedès. En la web del mismo nombre se encuentra diferente información sobre el proyecto¹⁶.

De otro lado, se encuentran entidades afines a su construcción, como la *Fundación Bosch i Cardellach*¹⁷ que aunque a favor del trazado, expone la necesidad de un trazado más sinuoso que adapte sus límites a lo urbano y a lo no urbano. El cambio planteado, pasa por modificar la geometría de estos límites, propone que el trayecto tenga más obras anexas de tipología tipo túnel para proteger la matriz biótica que atraviesa, con el objetivo de mantener el tamaño de las grandes bolsas de espacios agroforestales presentes en el territorio como Can Borrell, Río Ripoll, Ermita de Togores, el Río Tort y el camino de la Salud y además, evitar su fracturación.

La *Cámara de Comercio de Barcelona* a través de varias publicaciones analiza la importancia de la B-40 con el objetivo de estimular a futuro el desarrollo económico, social y empresarial de Catalunya. La Cámara de comercio de Sabadell particularmente, publica en las “fixes infraestructures” las características del proyecto entre Abrera y la Roca del Vallès, describe detalladamente cada tramo del estudio y el posicionamiento de diferentes instituciones de los municipios afectados. Además hace una revisión del planeamiento vigente en el sector y su coherencia con el PTMB.

El RACC (Real Automòbil Club de Catalunya) realizó un estudio en 2005 titulado “la B-40, una ronda para el Vallès”, en él que resalta, la importancia de la infraestructura definiéndola como una vía integrada en el territorio, motor de su desarrollo económico, que completa la red viaria metropolitana, permitiendo nuevas pautas de movilidad tanto en transporte público como en privado. En efecto, el estudio de la Fundació RACC apuesta por una B-40 diseñada para servir al territorio, respetuosa con el medio ambiente, y que aprovecha en la medida de lo posible las Rondas norte de Sabadell, Terrassa y Granollers en su trazado.

Le definen como una Ronda intercomarcal que facilita los desplazamientos entre las ciudades metropolitanas de forma más segura y rápida, valoran positivamente la descongestión del tráfico transversal y la consiguiente reducción de tiempos de viaje, mayor seguridad, conexión de las rondas urbanas y posibilidad de ofrecer transporte público en superficie. Además recomiendan potenciar la línea de ferrocarril Papiol-Granollers y poner en servicio líneas de autobuses directos entre las poblaciones de la segunda corona.

¹⁶ <http://ccqc.pangea.org/cinturo.htm#index>

¹⁷ <http://www.fbc.cat/ca/presentacio/>

Los actores políticos y gubernamentales han supeditado la construcción de la B-40 o cuarto cinturón de Barcelona al punto de vista del partido que gobierne. Por ejemplo: iniciativa per Cataluña y Esquerra republicana defienden la construcción de un corredor que haría las funciones de Ronda del Vallès (autovía de circunvalación) sobre el trazado de la C-155. El gobierno liderado por CIU que duró cerca de veinte años, se posicionó a favor de su construcción y logró llegar a un acuerdo con el Ministerio de Fomento sobre el trazado y la financiación de la obra.

En la primera fase del gobierno del tripartito (PSC, CpC, ERC e ICV) se paralizó la construcción del tramo Terrassa-Granollers, para buscar consenso sobre el trazado que históricamente se había propuesto. En ese periodo se empezó la redacción del Plan Territorial Metropolitano de Barcelona en adelante PTMB que logró ese propósito.

Las entidades territoriales que tienen mayor injerencia en la construcción de la B-40 son las siguientes: el *Ministerio de Fomento* por parte del Estado a través de la dirección general de carreteras es quien tiene las competencias de las vías interregionales, concibe la B-40 como un corredor de paso hacia Francia y financian la totalidad de su construcción.

La Generalitat que representa la Comunidad Autónoma aprueba y define la planificación territorial y sectorial de las carreteras a través del Plan de Infraestructuras de Cataluña define y aprueba las actuaciones que tienen su inicio y fin dentro de Cataluña.

La Diputación de Barcelona limita su actuación a la zona de influencia de la carretera, especialmente brinda apoyo técnico y económico a algunos ayuntamientos de la segunda corona en lo referente a los accesos viales propuestos en esta obra.

La asociación arco mediterráneo de Barcelona, fundada en 1992 y formalmente instaurada en 2002. Liderado por Terrassa¹⁸ e integrado por Granollers, Martorell, Mataró, Sabadell, Vilafranca del Penedès y Vilanova i la Geltrú, desde sus inicios se ha preocupado por analizar la implementación de las infraestructuras y servicios. Las líneas de acción de esta entidad están orientadas a lograr una movilidad equilibrada, fundamentada en la intermodalidad, por lo que, prioriza las infraestructuras de transporte en especial las carreteras que unen las ciudades de la segunda corona y las de los sistemas urbanos más próximos. En esta misma línea, propone el acompañamiento de la B-40 con el desarrollo de políticas de transporte público que potencien el aprovechamiento de la infraestructura.

Finalmente *los ayuntamientos directamente afectados* han hecho algunas alegaciones en consonancia con el PTMB, es el caso de Sabadell, Castellar del Vallès, Sentmenat, que proponen un trazado más al sur para proteger los bosques de Can Deu y Togores, así como el paso soterrado de Can Canyameres. Les Franqueses del Vallés con importantes espacios agrícolas que producen la judía de ganchillo en el entorno del Pla de Llerona o Marata y la Lliça d'Amunt, se han mostrado contrarios a la propuesta tanto de Fomento, como de la Generalidad. Finalmente, para el caso de la Lliça d'Amunt todos los grupos municipales se han posicionado en contra de

¹⁸ <http://www.terrassa.cat/es/arc-metropolita-de-barcelona>

este trazado por el impacto sobre los espacios naturales del pueblo, especialmente en el sector de San Esteban de Palaudàries.

3.4.3 Investigaciones precedentes del caso

La siguiente introducción se desarrolla en base al trabajo de (Sánchez 2004), los primeros estudios realizados sobre la relación de infraestructura y red viaria en Cataluña son anteriores a 1975, estos estudios hacen una aproximación a la red viaria catalana y otros describen más puntual infraestructuras concretas. En este periodo sobresalen los trabajos académicos realizados por el Servicio de Estudios del Banco Urquijo en Barcelona (1964), el informe de Solé Sabarís sobre la Geografía de Cataluña (1958-1982), el trabajo de Vilà Valentí (1958), Vidal Bendo (1973).

Los trabajos sobre infraestructuras puntuales como el desarrollado por Promociones Pirenaicas sobre el túnel del Cadí, los de la Promotora del Vallès y Estudios Santiga (1973) sobre la zona del Vallés, los de Servicios de Economía y Sociología (1971) para la carretera N-150, la autopista Barcelona Sabadell-Terrassa, y Túneles y Autopistas de Barcelona (1975) que recoge diferentes artículos y noticias sobre los túneles del Tibidabo.

A partir de esta época se encuentran diferentes trabajos que reflexionan sobre la relación territorio, transporte y población, desde la perspectiva geografía se explican las relaciones entre el transporte y el territorio y su relación con las variables demográficas.

A mediados de los años ochenta, se investiga a demás sobre el impacto de la red viaria, para ello se profundiza de un lado, en el estudio de la relación entre planificación y red viaria, más específicamente la planificación regional y las políticas que se crean desde la administración. De otro lado, se da inicio a los estudios sobre el impacto de la construcción de las carreteras en el territorio, considerando diferentes escalas.

A continuación, se presentan tres estudios concretos que se han desarrollado para el caso de estudio, con el objetivo de analizar elementos económicos y de tránsito.

El primer trabajo desarrollado por (Asensio y Roca 1997) evalúa los efectos económicos y sociales de la nueva infraestructura de transporte utilizando un análisis de coste beneficio (ACB) en el que además, se cuantifican los efectos económicos a corto y largo plazo. También, consideran el efecto de la infraestructura sobre el crecimiento, la inversión y el empleo en el resto de la economía, todo lo cual debería permitir una evaluación más general del conjunto de sus efectos económicos. Los beneficios considerados para el proyecto son los derivados del funcionamiento de los vehículos, la disminución de la siniestralidad y los ahorros en tiempos de viaje.

Los resultados obtenidos señalan un valor negativo en términos de valor actual neto de los beneficios sociales esperados. Sin embargo, el análisis de sensibilidad efectuado señala que el resultado puede variar en función del valor empleado en la conversión de los ahorros de tiempo en flujos monetarios.

La cuantificación de los efectos económicos a corto y largo plazo que se derivan de la construcción y puesta en funcionamiento de la infraestructura tienen efectos positivos en el crecimiento del PIB y de la ocupación, además, se observa que la inversión pública no produce un efecto de expulsión de la inversión privada, finalmente, se detecta que los sectores económicos más favorecidos son la construcción y los servicios.

El segundo estudio analizado en este apartado, es, el desarrollado en 2007 por la (Cambra de Comerç de Barcelona y Mcrit 2007) *“L'autovia orbital B40 un quart cinturó, una variant de la N-II o un eix perimetral”*, el objetivo de esta trabajo, es realizar un estudio socioeconómico capaz de explicar los efectos para Cataluña de la no construcción de la infraestructura en el año 1996 y evaluar los efectos actuales si se construye la B-40 considerando un periodo de amortización de 30 años.

Se aplica una metodología mixta que tiene en cuenta el coste de construcción y de mantenimiento de la infraestructura y calculan los beneficios directos en términos de ahorro de tiempo, coste de operación, seguridad, consumo energético, polución atmosférica. Además, se evalúa la accesibilidad y la conectividad proporcionada por el proyecto, en base, a las políticas territoriales vigentes. Los análisis se realizan para los periodos temporales 1996-2003-2026 y 2033. Las proyecciones se realizan utilizando datos de movilidad para el año 2001.

El estudio para considerar toda la extensión del trazado, lo divide en tres sectores diferentes denominados: B-40a (cuarto cinturón), B-40b (variante de la NII) y B-40c (eje perimetral). Se describe a continuación brevemente cada sector.

Primer sector: la B-40a (----) sector entre Abrera y la Roca del Vallès caracterizado por ser una vía de circunvalación urbana o cinturón de ronda, su principal función es canalizar gran parte de los flujos de tránsito intermunicipal de su entorno, además de ser una opción de paso.

Segundo sector: la B-40b (----) o variante de la NII (actual A-2) es la prolongación desde Abrera hasta Sils, a su paso por el Maresme tiene carácter urbano.

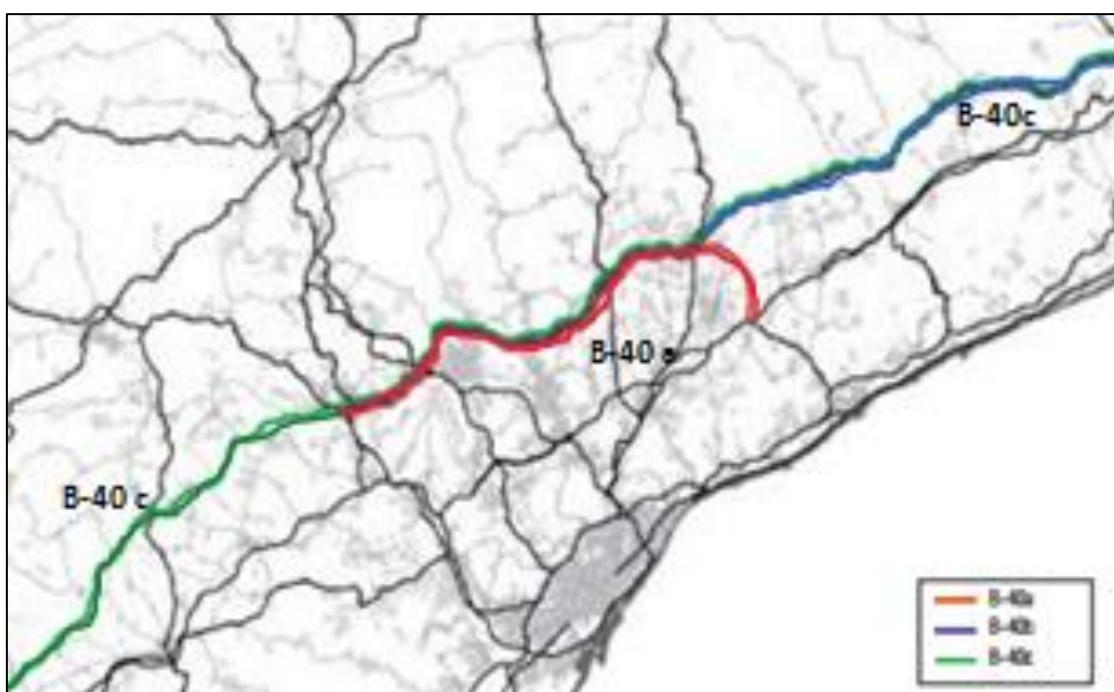
Tercer sector: la B-40 c (----) o eje perimetral, corredor viario desde Bisbal del Penedès hasta el norte de Sils, se considera un itinerario alternativo para el tránsito de largo recorrido a través de toda la RMB y además canaliza un importante volumen de tránsito de corto recorrido metropolitano en la parte central. En la figura 19 se observan los sectores anteriormente definidos.

Las conclusiones del estudio, indican que la previsión de tráfico considerando la influencia de los peajes presenta un incremento de hasta el 70% de la movilidad interurbana en 30 años, que puede alcanzar el 130% si se acompaña de políticas de transporte público. Respecto al descongestionamiento de la red viaria y a la seguridad vial las diferentes opciones de la B-40 muestran una reducción de cerca del 5% y de 2 a 3% respectivamente. En cuanto a la accesibilidad y la conectividad la B-40 reduce el tiempo de acceso a la red de autopistas y vías preferentes a una población comprendida entre 330000 a 400.000 habitantes y genera un promedio de 83.000 hasta 100.000 puestos de trabajo.

Por otra parte, las previsiones para 2003 muestran un incremento de las relaciones intermunicipales de aproximadamente el 34.6% en función del tiempo de viaje; se estima que la disminución de tiempo está entre 20-22 minutos

Finalmente, existen diferentes publicaciones relativas al caso de estudio, que han sido examinadas en esta investigación, cabe mencionar en este párrafo, las publicaciones de tipo periodístico que durante muchos años han tenido vigente el tema de la B-40 o cuarto cinturón de Barcelona.

Figura 19. Sectores que configuran la B-40 de acuerdo con el estudio “L’autovia orbital B40 un quart cinturó, una variant de la N-II o un eix perimetral”



Fuente: Cambra de comerç de Barcelona

El tercer estudio es el realizado por (Cerdà et al. 2012) y que evalúa la eficiencia energética y ambiental del proyecto B-40 utilizando el modelo Evaluamet. En esta investigación se analiza el tramo entre Abrera y Granollers (aproximadamente 46 Km) del trazado definitivo del PTMB utilizando una clasificación de autovía¹⁹ y las matrices de tiempo y velocidad creadas por Mcrit para un escenario de servicio a partir de 2019 y 2024.

¹⁹ En España la tipología autovía se caracterizan porque poseen calzadas independientes para cada sentido de circulación, limitan el acceso a y desde las propiedades colindantes, no pueden ser cruzadas al mismo nivel por otras vías, líneas de ferrocarril o tranvía ni por servidumbre de paso alguna.

Se evaluó el cambio producido en cinco indicadores de estado. Básicamente se midió el impacto demográfico, económico, residencial, en diferentes indicadores relacionados con la actividad y en un grupo de indicadores relacionados con el transporte. Los resultados obtenidos muestran que el mayor efecto de la B-40 está en el grupo de indicadores relacionados con el transporte. El análisis específico de la variación de los flujos, el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes señala que Sabadell es el municipio más afectado en el tramo de estudio.

Respecto a las velocidades medias los municipios de Barcelona, Hospitalet del Llobregat, Sabadell, Terrassa, Granollers, Rubí y Sant Cugat del Vallès que experimentan un ligero aumento. Las redes municipales de la RMB en general disminuyen el grado de congestión, particularmente, los municipios de la zona de Granollers y Martorell experimenta el mayor descenso en los niveles de congestión. El único aumento significativo se produce en el municipio de Santa Eulàlia, en donde la red municipal soporta el incremento del tráfico por efecto de las salidas de las autovías. La emisión de partículas totales o PTS en la red se incrementa considerablemente en los municipios servidos directamente por la B-40 (figura 22), contrariamente a lo que sucede en los municipios más dispersos de la RMB.

En relación al suelo artificializado, las principales disminuciones se producen en los municipios que cruza el proyecto, caso contrario ocurre con los municipios del Alt Penedès, parte del Garraf, y del Vallès Oriental, que incrementan la presión sobre la superficie de suelo artificializado. En general el efecto de la B-40 en las externalidades asociadas a la localización de actividades presenta disminuciones mínimas.

En conclusión, los resultados señalan que la orbital B-40 facilita la extensión de las actividades de los municipios más centrales hacia los municipios más exteriores de la RMB, basados en la modificación de los tiempos de viaje que origina y en la reasignación de los flujos que se produce

3.4.4 Características del trazado analizado de la B-40

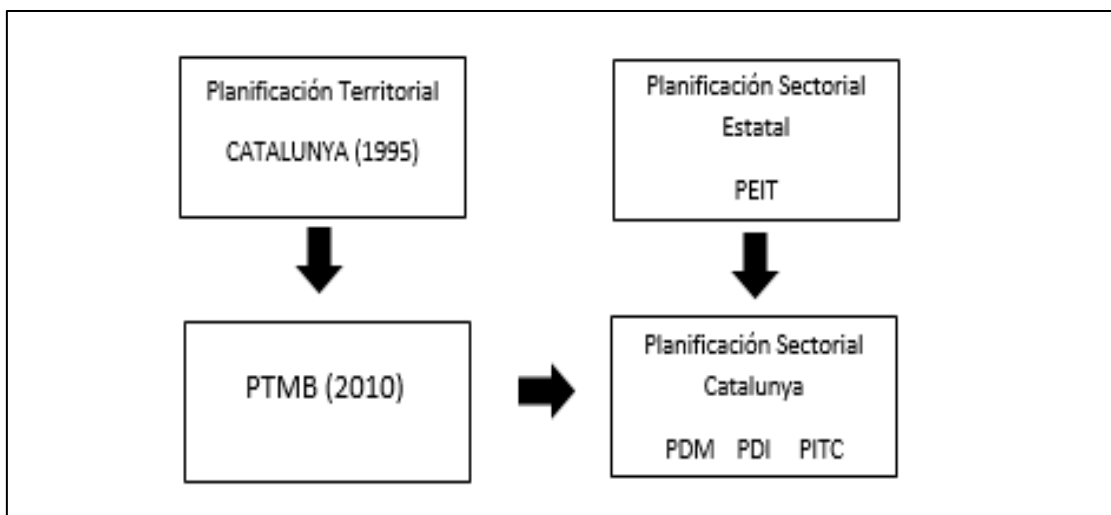
El trazado analizado por el PTMB se caracteriza porque tiene en cuenta los principales aportes realizados de la planificación sectorial, específicamente, del PEIT²⁰ (Plan Estratégico de Infraestructuras del Estado), el PITC²¹ (Plan de Infraestructuras de Transporte de Cataluña), el

²⁰ **PEIT:** El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte del Ministerio de Fomento: define la red de grandes infraestructuras viarias y ferroviarias que han de vertebrar el territorio español. Para la RMB este plan afectan las autovías del estado y la red ferroviaria de altas prestaciones.

²¹ **PITC** El Plan de Infraestructuras de Transporte de Cataluña de la Secretaria de Movilidad del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas que define la red de infraestructuras viarias y ferroviarias que estructuran Cataluña. Este plan recoge en un solo documento las grandes propuestas de infraestructuras, tanto las que son de competencia de la Generalitat como las del Estado. En el ámbito viario las propuestas de este plan incluyen la red transeuropea, la básica y la comarcal.

PDI²² (plan director de infraestructuras), el PDM²³ (Plan Director de Movilidad) de la RMB elaborado por la ATM. La figura 20 muestra la relación entre las diferentes figuras de planeamiento.

Figura 20. Relación de las figuras de Planificación en la definición del trazado



Fuente: Departamento de territorio y sostenibilidad. Generalitat de Catalunya

Los anteriores documentos aportan al PTMB, particularmente, para el caso de la B-40, los estudios de demanda, la optimización del suelo y la minimización de los impactos negativos definidos desde la planificación territorial.

Además, el trazado está en correspondencia con los lineamientos que establece el plan nacional de infraestructuras para la RMB, y, cumple con los lineamientos propuestos por el PTMB para las infraestructuras de movilidad los cuales se resumen a continuación.

- Estructurar espacialmente los sistemas de asentamientos urbanos
- Asegurar los niveles de conectividad adecuados a las previsiones de desarrollo de los asentamientos urbanos, con especial atención a los ámbitos de reforzamiento nodal metropolitano.

²² **PDI** El Pla Director de Infraestructuras 2001-2010 de la Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM) define las actuaciones en infraestructura de transporte colectivo mayormente ferroviario que se deben desarrollar en ese periodo en la RMB.

²³ **PDM** El plan director de movilidad de la RMB, elaborado por la ATM, analiza la movilidad de la región considerando todos los modos de transporte de pasajeros y mercancías este plan plantea medidas para optimizar el uso y rentabilizar las medidas ambientales y sociales de las propuestas del PITC o del PDI. Así se ajustan a las estrategias planteadas por las directrices nacionales de movilidad elaboradas por el departamento de políticas territorial y de obras públicas de la Generalitat de Catalunya y las directrices que se derivan del pacto nacional para las infraestructuras.

- Vincular la accesibilidad a los usos de suelo que se definen para la actividad económica especialmente.
- Completar las redes básicas establecidas en los planes sectoriales.
- Propiciar un ajuste de los trazados a las condiciones de la matriz biofísica del territorio y minimizar el efecto barrera de las infraestructuras lineales moderando el consumo de suelo para infraestructuras de movilidad.
- Establecer prioridad de actuación en infraestructuras en el ámbito del plan, las cuales han de ser concretadas con un mayor nivel de detalle a partir de los planes y programas elaborados por los organismos responsables de la gestión.
- Potenciar el cambio modal a favor de los modos de transporte más sostenibles.

El proyecto B-40 o Ronda del Vallès es una actuación que se encuentra en la categoría que el PTMB denominó sistema de vías estructurantes primarias de mallado, cuya finalidad es unir las grandes ciudades nodales de dentro y fuera de la RMB. Se ajusta al límite de los continuos urbanos para minimizar la fragmentación de los espacios libres. El trazado se completa con la extensión de los laterales de la autopista AP-7 en varios tramos entre Sabadell y Granollers, con el objetivo de dar una mayor accesibilidad a los territorios adyacentes y reducir los efectos de las entradas y salidas sobre la fluidez del tráfico de paso.

El trazado propuesto por el plan, obtenido después de haber analizado diferentes corredores, es coherente con las propuestas de asentamientos y espacios abiertos del mismo plano. Esta solución se ajusta más a los continuos urbanos que el trazado histórico y por lo tanto reduce la fragmentación de los espacios libres. Asimismo la traza propuesta no pasa por el interior de las poblaciones, esto reduce las molestias de ruido y contaminación sobre la población y no divide tejidos urbanos. Esta opción también es coherente con la apuesta del PTMB para que el corredor de la C 155 aglutine a su entorno las zonas de nueva centralidad urbana apoyadas sobre la nueva línea de tren-tranvía entre Sabadell y Granollers.

3.4.5 Descripción del trazado analizado

El trazado cruza tres comarcas, un total de quince municipios y abarca una superficie de cerca del 11.85% del territorio de la RMB. La mayoría de municipios se encuentran ubicados en la zona comprendida entre los 20-40Km de distancia de Barcelona. Cruza directamente los municipios de Terrassa y Sabadell. La población afectada directamente es del 12.72% de acuerdo con el censo de 2011. Además, da un servicio indirecto a los municipios de Granollers y Mataró importantes subcentros de empleo y población de la RMB.

El contenido de este numeral se realizó en su totalidad con base en las fichas desarrolladas en AMTU (Associació de municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà)²⁴ que hace un seguimiento a las principales infraestructuras propuestas para la segunda corona metropolitana. El trazado propuesto por el PTMB sigue el recorrido propuesto en la tabla 13.

Tabla 13. Municipios que configuran el corredor de servicio directo de la B-40

Comarcas	Municipios
Baix del Llobregat	Abrera (1), Olesa de Montserrat(2)
Vallès Occidental	Viladecavalls (3), Terrassa (4), Sabadell (5), Sentmenat (6) y Palau Solità i Plegamas (7),
Vallès Oriental	Caldes de Montbui (8), Lliça d'Amunt (9), Santa Eulàlia (10), Ametlla del Vallès (11), Canovelles (12), Franqueses del Vallès (13), Granollers (14) y la Roca del Vallès (15).

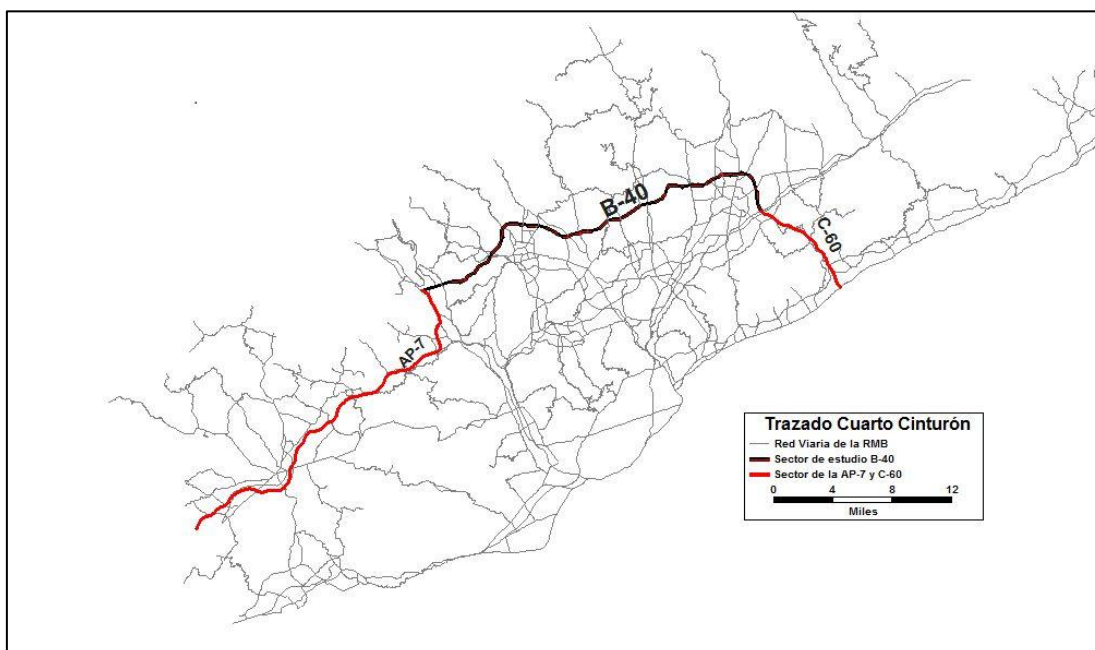
Elaboración propia

La figura 21 muestra cómo se conecta el sector denominado orbital B-40, ronda del Vallès o cuarto cinturón con la autopista AP-7 y la C-60 formando un corredor a lo largo de la RMB que finaliza en Mataró.

La traza de la ronda del Vallès une diferentes sistemas urbanos del Vallès y del Baix del Llobregat. La vía inicia en Abrera, luego se dirige a Olesa de Montserrat en el Baix del Llobregat, pasa a Viladecavalls, Terrassa, Sabadell, Sentmenat y Palau Solità y Plegamas todos municipios del Vallès Occidental. Después se dirige hacia Caldes del Montbui, Lliça d'Amunt, Santa Eulàlia de Ronçana, Ametlla del Vallès, Canovelles, Les franqueses del Vallès, Granollers para finalizar en la Roca del Vallès en el Vallès Oriental.

²⁴ Amtu. Associació de municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà. Asociación que tiene por objeto potenciar y promover el transporte público es miembro de la ATM (Autoridad del Transporte Metropolitano). El AMTU tiene asociados 82 entidades: 80 municipios y 2 consejos comarcales, que representan cerca de 2 millones de habitantes y un volumen de viajeros transportados de cerca de 40 millones en 2014. AMTU desarrollo un catálogo de infraestructuras, que incluye 17 grandes proyectos, con el fin de colaborar en la elaboración de Planes Territoriales, Sectoriales, y de infraestructuras que se inician desde el Estado, la Generalitat o la ATM.

Figura 21. Corredor que configura la B-40 con la AP-7 y la C-60 en la RMB



Elaboración Propia

El trazado analizado tiene tipología de Ronda²⁵, con números enlaces con las autopistas o travesías de cada sistema urbano. En la mayor parte del trazado, estará configurada por tres carriles de circulación por sentido. A continuación se detalla el trazado para cada municipio de acuerdo con el estudio informativo del ministerio de fomento denominado Cierre de la Autovía Orbital de Barcelona, sacado a información pública el 30 de julio de 2010.

Tramo Abrera – Olesa de Montserrat – Viladecavalls y Terrassa: En el año 2010 se inauguran dos tramos entre Abrera y Terrassa de 7 Km de longitud con tres carriles de circulación por sentido. El primer tramo es de 2.2 Km y va desde la autovía A-2 a la altura de Abrera hasta la carretera BV-1201. Este tramo permite conectar el núcleo urbano de Abrera con los polígonos industriales y las urbanizaciones situadas al otro lado del río Llobregat. El segundo tramo se extiende desde la autovía C-16 a su paso por Viladecavalls hasta la carretera de Matadepera BV-1221. Tiene una longitud de 4.6 Km y actúa como una ronda norte de la ciudad de Terrassa.

El tramo de Olesa de Montserrat y Viladecavalls aún no se ha finalizado, pero deberá unir los dos tramos anteriores, enlazando Abrera con Terrassa y conectando las carreteras A-2, C-55 y C-16.

²⁵ Ronda o carretera de circunvalación, es una vía de alta capacidad que rodea una ciudad o área metropolitana parcialmente o totalmente. El diseño garantiza que se pueda realizar un largo trayecto sin cruzar travesías y operar a velocidades de autopista, ello reduce el tiempo de viaje.

Tramo que cruza Terrassa: Inicia en la Riera de Can Bogunyà. Bordea la zona urbana hasta llegar al arroyo de las Arenas en donde se realizará un viaducto, allí enlaza con la trama urbana dirigiéndose a Terrassa Este, hasta, encontrar la C-1415a a la altura de Castellar del Vallès utilizando un paso a distinto nivel. Después transcurre durante 3 Km por una zona boscosa.

Tramo que cruza Sabadell: En este sector, se opta por el trazado más próximo a la parte sur de Sabadell y a su núcleo urbano, inicia cruzando la vía BV-1248 en Matadepera, a través de un enlace se conectará con la ronda oeste. Para cruzar la trama urbana de Sabadell se desarrollará un túnel falso de 950 metros de longitud y 14 metros de profundidad respecto a la avenida Can Déu. Después, conecta con un viaducto sobre el río Ripoll para cruzar la carretera de Sabadell a Caldes B-124 en este punto enlaza con Sabadell este.

Tramo que cruza Sentmenat: Cruza las urbanizaciones de Can Canyameres y Can Puigxoriguer conectadas por un túnel de 200 metros. Atraviesa el río Tort y Can Quer a través de dos viaductos. Llega a la C-1413a, se desplaza hasta alcanzar la B-142 a la altura de Sentmenat para salir finalmente a la riera de Sentmenat y el torrent d'en Baell y Can Trull.

Caldes de Montbui y Palau-Solità i Plegamans: Pasa por la parte norte de Caldes de Montbui cerca de las urbanizaciones de Can Falguera y Can Masvell. Conecta con la C-59 hacia Palau Solità i Plegamas.

Lliçà d'Amunt y Santa Eulàlia de Ronçana: Bordea la urbanización de Can Artigas en el norte, se realizan importantes obras anexas como desmoches y viaductos, al sur pasa por la urbanización de la Pineda y cruza la riera del Merdanc a través de un viaducto. Conecta con la carretera BV-1602 y enlaza con Santa Eulàlia de Ronçana. Finalmente, atraviesa el torrent de Tenes y avanza hacia la C-17.

Canovelles y Ametlla del Vallès: En este sector busca el cruce con la C-17 y enlaza con l' Ametlla del Vallès

Franqueses del Vallès y Granollers: En este sector cruza el río Congost a través de un viaducto conecta con los Franqueses del Vallès a través de la carretera Vía Europa y con las carreteras BV-1433 y la N-152a. Utilizando tres falsos túneles y dos túneles atraviesa el núcleo urbano de Llerona, el torrent de Santa Margarida pasando finalmente por la urbanización Milpins. Aquí se construirá un viaducto para cruzar el río Carbonell. Finalmente, atraviesa el bosque de Can Pagès d'Avall.

La Roca del Vallès: En la Roca del Vallès enlaza con la C-251, luego finaliza cuando llega a la AP-7 y la C-60 rumbo a Mataró. Lo más importante en este punto es que desplaza el peaje de la AP-7, las obras anexas más importantes realizadas son: un viaducto sobre la autopista y la ampliación del puente sobre el río Tordera.

Estado actual del proyecto

El 18 de febrero de 2015, se anuncia que se retoman las obras del cuarto cinturón en el tramo entre Olesa de Montserrat y Viladecavalls, suspendidas desde 2011. Se propone una inversión de 77.4 M€ (millones de euros) que se repartirán hasta el 2018 con las siguientes dotaciones: 25.4 M€ para el 2016, 21.4 M€ para el 2017 y 30.6 M€ para el 2018.

Durante este periodo también se finalizará el estudio informativo del tramo Sabadell – Terrassa, dejando pendiente el tramo Sabadell – Granollers. Además, se propone, una dotación por parte de Fomento de 100 M€ para tramitar el proyecto de prolongación del cuarto cinturón entre Terrassa y Granollers, concretamente hasta conectar con la AP-7 a la altura de la Roca del Vallès (ver figuras 26 y 27).

Tramos en servicio

- Abrera - Olesa de Montserrat. Inaugurado el 29 de junio de 2010.
- Viladecavalls - Can Trias - Tarrasa. Inaugurado el 29 de junio de 2010.
- Granollers - Mataró. Inaugurado el 26 de julio de 1995 (renombrada como C-60).

Los dos tramos inaugurados en 2010 suman un total de 7 kilómetros y se han diseñado con una configuración de tres carriles de circulación por sentido. El primer tramo, de 2,2 kilómetros, va desde la autovía A-2 a la altura de Abrera hasta la carretera BV-1201. Este tramo permitirá conectar el núcleo urbano de Abrera con los polígonos industriales y urbanizaciones situados al otro lado del río Llobregat.

El segundo tramo inaugurado, va desde la autovía C-16 a su paso por Viladecavalls hasta la carretera de Matadepera, la BV-1221a. Tiene una longitud de 4,6 kilómetros y su función principal será actuar como ronda norte de la ciudad de Terrassa. El corredor de la B-40 se observa en la figura 23 y la figura 22 muestra el tramo de Viladecavalls –Terrassa.

Tramos previstos

- Olesa de Montserrat - Viladecavalls-Can Trias, este tramo permitirá enlazar Abrera con Terrassa conectando las carreteras A-2, C-55 y C-16. Se prevé que este tramo se pueda inaugurar durante el año Prevista su inauguración para 2019
- Tarrasa - Granollers. Pendiente de aprobación
- Granollers - C-60. Pendiente de aprobación.

Figura 22. Corredor de la B-40.

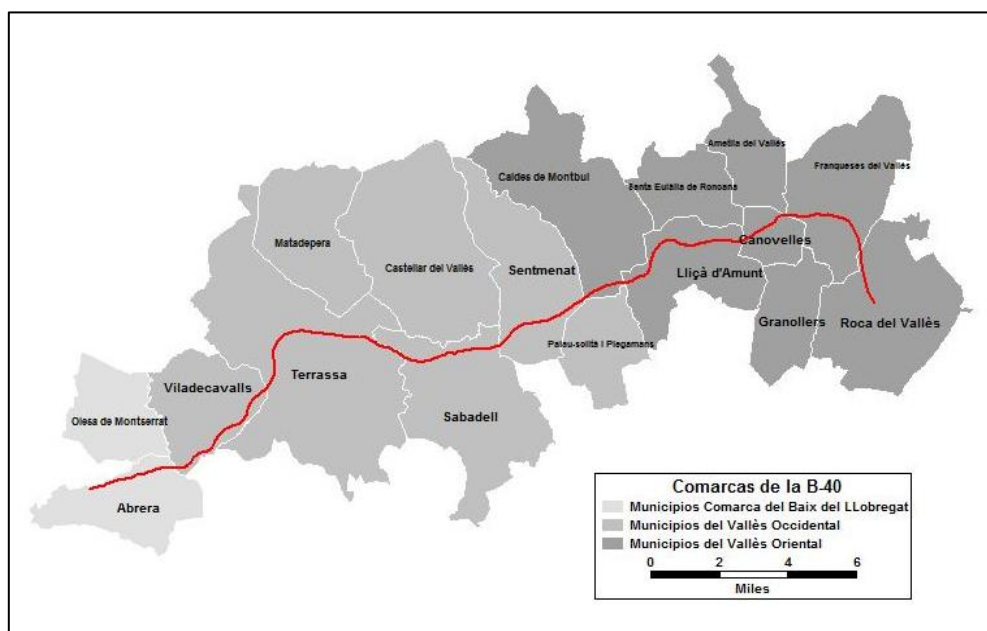


Figura 23. Tramo en servicio de la B-40. Viladecavalls - Terrassa. Finalizó junio 2010.



Fuente: Copsisa²⁶

²⁶ http://www.copsisa.com/esp/fichas_obras/1446.html

3.4.6 Características de la infraestructura viaria del ámbito de estudio

La red viaria de la RMB es el resultado de la ubicación y la localización de Barcelona, respecto a esta ciudad, se define la accesibilidad interior y exterior del país y se proyectan las infraestructuras de transporte. Barcelona está situada en el centro de una alineación de macizos diferenciados entre sí por la cordillera litoral y prelitoral. Los ríos han sido los ejes de comunicación básicos encargados de facilitar el tránsito entre los diferentes planos y paralelo a ellos se han formado los principales ejes viarios.

Además, el efecto de la altitud y la pendiente ha sido determinante en la configuración de la red viaria que se ha visto fortalecida por obras de alta tecnología civil como los túneles de Vallvidrera (conjunto de túneles que unen Barcelona con el Vallès Occidental) y el de Parsers (en Maresme) que potencian la accesibilidad entre los espacios costeros y de interior, posibilitando, de este modo una mayor transferencia de desplazamientos entre los dos escenarios. Estas características han acelerado los procesos de evolución de los sistemas urbanos, como la metropolitanización de Barcelona propiciada por la progresiva extensión de las redes (Nel-lo 2001). Consecuencia de ello se produce un ensanchamiento de las áreas territoriales que se convierten en más interdependientes e integradas funcionalmente.

Existen dos corredores horizontales de alta capacidad y paralelos entre sí. El primero, configura un eje costero litoral que transcurre desde Vilanova i la Geltrú, Sitges, Castelldefels, Barcelona, Badalona, Mataró y finaliza en Malgrat de Mar. En el tramo entre Barcelona y Malgrat de Mar, existe una carretera paralela, cuyo trazado va por la misma depresión litoral, con un perfil de vía expresa²⁷ de pago, la autopista del Maresme.

El segundo corredor, es paralelo al corredor litoral, une el Penedès con el Vallès, inicia en Vilafranca del Penedès y transcurre por Martorell, Terrassa, Sabadell, Granollers, hasta Sant Celoni en dirección hacia Francia. Este corredor es de perfil de autopista con algunos tramos de pago, los mismos recorridos se pueden realizar utilizando vías nacionales.

Los corredores transversales tienen la función de unir la depresión litoral con la prelitoral. Los principales corredores transversales se emplazan a lo largo de los valles que conforman los ríos Llobregat y Besòs. Estos corredores tienen perfil de vía expresa, los principales corredores son el que forma Vilanova i la Geltrú con Vilafranca del Penedès, Barcelona con Rubí-Sant Cugat (a través del túnel de Vallvidrera), el corredor que une Mataró con Granollers. Por último, el corredor constituido por la Ronda Litoral y la Ronda de Dalt, que circunvalan Barcelona. La red viaria, además está en consonancia con la red de transporte público. La red de ferrocarriles utiliza los mismos corredores viales expresos, la red de metro y tranvía se concentra en el plano de Barcelona, con una densa red integrada también a la red de autobuses, que otorgan a dicha área una gran oferta de transporte público, con altas frecuencias y recorridos.

²⁷ Vía expresa: Tipo de autopista dividida para el tráfico de alta velocidad con al menos un control parcial de acceso.

Tabla 14. Longitud y titularidad de la Red Viaria por Provincias de Cataluña para el año 2013

Tipo de vía	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Total
Estado	308	413	514	568	1803
C Autónoma	1981	1272	1563	1116	5932
Diputación	1585	683	825	1087	4180
Total	3875	2367	2901	2771	11915

Fuente: Ministerio de Fomento. Unidades: Kilómetros

Si se tiene en cuenta la tipología, el viario de la RMB está configurado en un 87% por carreteras de una calzada, 1.07% carreteras de doble calzada, las autovías y autopistas son el 6.83% y las autopistas de peaje el 5.3%. Respecto al Estado Español, Cataluña posee el 7.21% del total de viario, del cual, el 7% son carreteras de una calzada, 7.92% carreteras de dos calzadas, 6.81% autovías y autopistas y 20.86% autopistas de peaje. Los anteriores datos para la RMB se encuentran en la tabla 15.

Tabla 15. Longitud de la Red Viaria de la RMB por tipología y titularidad datos del año 2008

Tipología	Autopistas		Vías preferentes		Carreteras Red Básica		Carreteras Red Comarcal y Local		Total	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Fomento	166.6	43	55.9	45.1	89.8	34.9	30.2	2.2	342.4	16.1
Generalitat	195.4	50.4	68.0	54.9	167.6	65.1	433.7	31.9	864.7	40.6
Diputación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	894.8	65.9	894.8	42.1
Rondas	25.8	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	1.2
Total	387.7	100	129.9	100	257.4	257.4	1358.7	100	2127.7	100

Fuente: Plan director de movilidad de la RMB. Datos de Mcrit. Unidades: Kilómetros

3.5 Características territoriales del ámbito de estudio.

La unidad básica de análisis utilizada en este trabajo es el municipio, el estudio utiliza además, una escala espacial configurada por coronas, que se explican a continuación para facilitar la comprensión de los análisis realizados. Las coronas agrupan municipios ubicados en franjas definidas en función de su distancia al centro de Barcelona, cada franja tiene una longitud de 10 Km, definiéndose cinco sectores diferenciados, más Barcelona como se observa en la figura 25.

El sector de Barcelona y la primera corona configurado por 10 municipios acogen aproximadamente el 50.3% de población total de Cataluña, en un área que representa el 6.6% del total del territorio. Las anteriores poblaciones presentan un alto nivel de urbanización y una tasa de densidad residencial de aproximadamente 16110 hab/Km².

La segunda corona alberga el 12.26% de la población total de la RMB, algunas poblaciones del sector albergan importantes polígonos empresariales como Sant Cugat del Vallès. En la tercera corona se encuentran ubicados seis subcentros de empleo de la RMB, Terrassa, Sabadell, Mataró, Martorell, Sant Andreu de la Barça y Rubí. Estos municipios se caracterizan porque poseen un mercado de trabajo propio, pero, además tienen gran relación con Barcelona.

Los municipios de la segunda y tercera corona, poseen un gran dinamismo y un importante mercado de trabajo y son los principales ejes de expansión metropolitana. La cuarta corona alberga cuatro subcentros de empleo de la RMB, Granollers, Sant Sadurní d'Anoia, la Garriga. Debido a la extensa área del sector se encuentran bajos niveles de densidad. Granollers es la capital de la comarca, se caracteriza por tener un mercado de trabajo enfocado al sector servicios en gran parte y a la industria en menor cuantía.

En la quinta corona se encuentran dos sectores ampliamente diferenciados. El primer sector está constituido por municipios que pertenecen a la comarca del Garraf y del Alt del Penedès, pertenecen a este ámbito subcentros como Vila Franca del Penedès y Vilanova i la Geltrú. En segundo sector configurado por municipios del Vallès Oriental y del Maresme. Los subcentros de empleo de este sector son Sant Celoni, Malgrat de Mar y Pineda de Mar. Estos subcentros se caracterizan porque su actividad más importante es de tipo servicios, básicamente turismo. La cuarta y quinta corona con noventa y seis (96) municipios, son sectores de nuevo crecimiento, especialmente, aquellos municipios ubicados cerca de los principales ejes viarios del sector.

La tabla 16 contiene un resumen de las principales características territoriales de la RMB, considerando la distribución por coronas. La superficie total de análisis corresponde al 10.03% del territorio de Cataluña, alberga el 66.8% del total de población y es la quinta mayor aglomeración metropolitana de Europa.

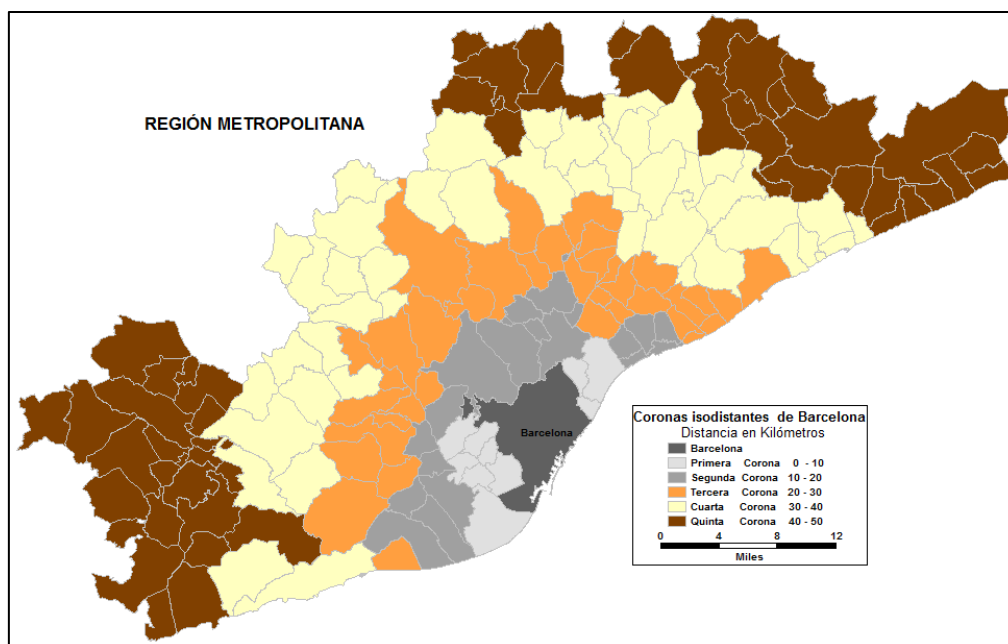
Tabla 16. Principales características territoriales de la RMB

Ámbito	Superficie(Km ²)	Población 2011	Densidad (Pob/Km ²)	Municipios
Barcelona	100	1611013	16110	1
1ª Corona	113	916974	8114.8	10
2ª Corona	287	616017	2146.4	20
3ª Corona	597	1082623	1813.4	37
4ª Corona	1020	485622	476	45
5ª Corona	1125	310913	276.4	51
Total	3242	5023162	28937	164

Fuente: Idescat. Censo de población INE. 2011. Cifras en miles. Elaboración propia

Finalmente, es importante recalcar que esta investigación parte de considerar que la RMB es de tipo policéntrico, esta aclaración es importante para entender el enfoque de los análisis. Considerando lo anteriormente expuesto, en los siguientes apartados, se analiza las principales dinámicas de la RMB respecto al policentrismo.

Figura 25. Coronas a igual distancia de Barcelona



Elaboración propia

3.5.1 Dinámicas Demográficas

El análisis demográfico realizado, en primera instancia analiza el crecimiento de los diferentes ámbitos, después revisa la evolución de la densidad poblacional y finalmente evalúa el comportamiento de la concentración de la población. En términos de población (ver Tabla 17), con 4.243.844 habitantes en 1981, la RMB incrementó su población en un 18.36% hasta los 5.023.162 habitantes en 2011. El mayor crecimiento se produjo en el periodo 2001 – 2011 en 632738 habitantes (14.41 %). En los periodos intermedios el crecimiento es del orden de 0.6 y 2.95% respectivamente. Como se observa, Barcelona que es el CBD de la RMB ha disminuido su población en 141.614 (8.1%) habitantes en el periodo de análisis, aunque, la reducción más acusada se produce entre 1991 y 2001 en 247.302 habitantes (14.11%).

La primera corona durante el periodo de análisis disminuye su población en un 5.88%, en el periodo 2001-2011 presenta un crecimiento de 5.15%, en los periodos 1981-1991 y 1991-2001 disminuye en 4.52% y 6.25% respectivamente. Los municipios que tienen mayor disminución de población son los de mayor tamaño (> de 100000 habitantes), como Santa Coloma de Gramenet, Hospitalet del Llobregat y Badalona. Los municipios de tamaño medio (10000-100000) presentan un crecimiento positivo como Sant Just Desvern, Sant Joan Despí y Sant Felui del Llobregat.

Tabla 17. Población de la RMB por coronas para el periodo comprendido entre 1981 y 2011.

Ámbito	1981 ²⁸	1991 ²⁹	2001 ³⁰	2011
Barcelona	1752627	1643542	1505325	1611013
1ª Corona	974258	930209	872023	916974
2ª Corona	412222	455075	521365	616017
3ª Corona	694981	770012	893413	1082623
4ª Corona	238580	282564	370262	485622
5ª Corona	171176	183020	228036	310913
Total	4.243.844	4.264.422	4.390.424	5.023.162

Fuente Idescat-Ine. Cifras en miles. Elaboración propia.

²⁸ El censo de 1981 considera 161 municipios de la actual RMB.

²⁹ El censo de 1991 considera 162 municipios de la actual RMB, en 1983 se creó el municipio de Vilanova del Vallès.

³⁰ A partir del censo de 2001 se considera que la RMB está constituida por 164 municipios. El 14 de abril de 1994 se creó el municipio de Badia del Vallès. El 21 de julio de 1998 a través del decreto 185/1998 se aprobó la creación del municipio de la Palma de Cervelló

Esta pérdida de población refleja un proceso de suburbanización considerando que Barcelona y su continuo urbano están reduciendo su capacidad demográfica, se observa, que las ciudades de menor tamaño (< de 10.000 habitantes) ubicadas fuera del denominado continuo urbano³¹, son mayormente las receptoras de la población que se traslada. La segunda corona muestra un crecimiento de 49% para todo el periodo de análisis, la población crece en 203.795 habitantes. En el periodo entre 1991 y 2001 la población se incrementó en 66.290 habitantes, este valor se repite casi constante en los periodos analizados. Las ciudades de mayor crecimiento son Gavà, Cerdanyola del Vallès, Viladecans, Sant Boi de Llobregat y Sant Cugat del Vallès (177%), este caso en particular llama la atención, esta población pasa 30633 a 84934 habitantes en 2011.

La tercera corona crece entre 1981 y 2011 un 55.77%, el periodo de mayor crecimiento es el comprendido entre 2001 y 2011 con 21.8%. En el periodo 1981 y 1991 se experimenta un crecimiento de 10.79%. Los datos en particular, de este sector, muestran que todos los municipios de este ámbito crecen. Llama la atención, que los municipios de menor densidad en 1981, en cuarenta años, han incrementado su población de manera espectacular como es caso de Cabrils, Castellbisbal, Cervelló, Corbera del Llobregat, Lliça d'Amunt, Lliça de Valls, Polinya y otros. En este sector se ubican siete subcentros de empleo de la RMB, todos ellos experimentan un crecimiento demográfico positivo, para todo el periodo de análisis. Sant Andreu de la Barça 106.48%, Martorell 73.49%, Rubí 69.53%, Mollet del Vallès 46.83%, Terrassa 37.78%, Mataró 27.17% y Sabadell el 11.19%. Por último, es importante resaltar el crecimiento de los municipios costeros, como, Cabrera de Mar 165.41%, Castelldefels 150.47%, Vilassar de Mar 108.86% y Premià de Mar 39.38%

La cuarta corona experimenta un crecimiento para todo el periodo analizado del 103.54%, el periodo de menor crecimiento es el comprendido entre 1981 y 1991 que alcanza el 18.43%, los otros dos periodos experimentan un crecimiento de 31% cada uno. Los mayores incrementos se presentan en las poblaciones de menor densidad. Respecto a los subcentros presentes en este sector, la Garriga, Arenys de Mar, Sant Sadurní y Granollers crecen respectivamente 88.57%, 47.62%, 45.27% y 31.26%. Respecto a las poblaciones costeras, Sant Vicenç de Montalt, Sant Andreu de Llavaneres, Sitges, Caldes de'Estrac y Canet de Mar, duplican su población en la mayoría de casos.

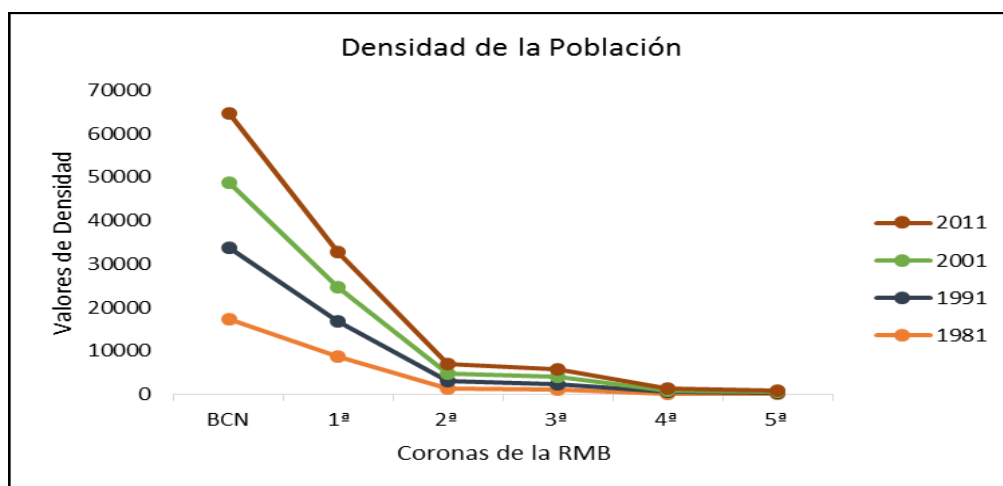
La quinta corona, crece en todo el periodo de análisis un 80.63%, el periodo de mayor crecimiento es el comprendido entre 2001 y 2011 y se aproxima al 36.34%. Todas las poblaciones presentan un crecimiento positivo, los subcentros Mediona, Vila Franca del Penedès, Sant Celoni, Vilanova i la Geltrú y Aiguafreda crecen 143, 55, 42, 35.31 y 21.39% respectivamente.

El comportamiento de la densidad de la población (figura 26), se observa que la población se reparte con poca uniformidad, las zonas más densamente pobladas se localizan en Barcelona y la primera corona o su continuo urbano, a partir de allí, la segunda y tercera corona tienen una distribución de densidad uniforme, para finalizar, las zonas más exteriores de la RMB, la cuarta y quinta corona tienen densidades muy bajas respecto a la zona central. Finalmente, para

³¹ Sector formado por Barcelona y los municipios de la primera corona.

conocer cómo ha evolucionado la concentración de la población en la RMB, se calculan los índices de concentración RM y Theil. La tabla 18 muestra los valores obtenidos para el total de la RMB en cada periodo analizado.

Figura 26. Comportamiento de la densidad de población



Fuente Idescat-Ine. Cifras en miles.

Tabla Nº 18. Evolución de los índices de concentración RM y THEIL.

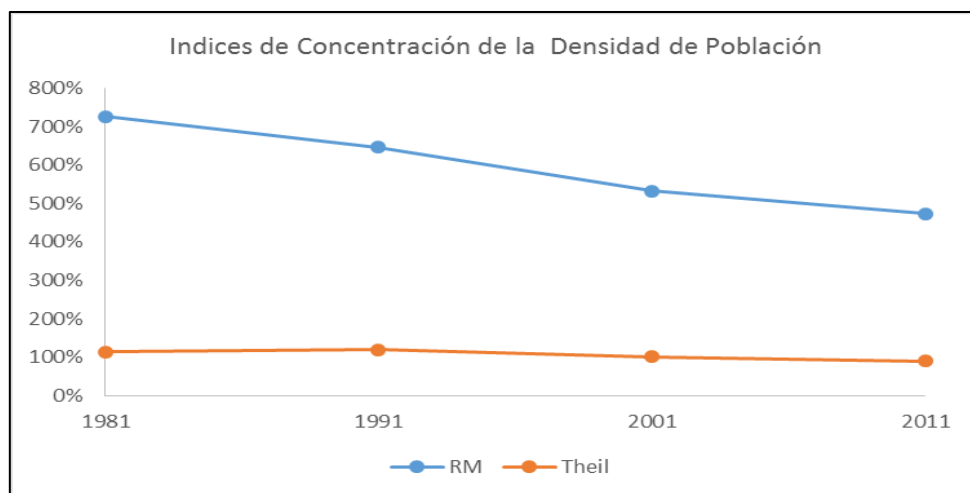
Año / Indicador	RM (%)	THEIL (%)
1981	727	114
1991	647	119
2001	533	101
2011	473	90

Elaboración propia

La figura 27 muestra el comportamiento de los anteriores índices para el total de la RMB. Como se aprecia el índice de concentración RM disminuye progresivamente, esto indica que existe un proceso de dispersión de la población durante el periodo analizado. El periodo de mayor dispersión se presenta entre 1991 y 2001. El análisis de los datos para estos periodos muestra que Barcelona, la primera y segunda corona absorben más población de la que les correspondería, aunque durante todo el periodo de análisis disminuyen progresivamente. También se observa que paulatinamente los tres sectores más exteriores de la RMB van incrementando su absorción de población.

En síntesis, el análisis de los datos demográficos señala, que aunque Barcelona crece y las grandes ciudades de la RMB lo hacen, son los municipios de menor tamaño ubicados fuera del sector denominado continuo urbano los que crecen a una mayor tasa, este fenómeno demuestra un incremento de la movilidad residencial.

Figura 27. Comportamiento de los índices de concentración de la población



3.5.2 Dinámicas de la oferta de Vivienda.

La tabla 19 muestra la oferta de vivienda en la RMB para el periodo 1981-2011. Respecto a la vivienda, en el periodo de análisis, la RMB crece en 736000 viviendas (45.63%). En este periodo la tercera corona incrementa su parque de vivienda en 208000 unidades (74.55%), pero el mayor crecimiento se presenta en la cuarta y quinta corona y es de aproximadamente el 100% en cada una. Barcelona y la primera corona crecen en menor proporción, 20 y 26% respectivamente.

Todos los municipios de la primera corona crecen en el periodo de análisis, pero destaca el incremento de vivienda que experimenta Badalona y el Prat de Llobregat, seguido por municipios como Sant Just Desvern, Sant Feliu de Llobregat y Cornellà del Llobregat. En la segunda corona Sant Cugat del Vallès es el municipio en el que más crece el parque de vivienda, seguido por, Viladecans, Sant Boi del Llobregat, Ripollet y Gavà. Todos los municipios de la tercera corona incrementan el parque de vivienda, sobresale Castelldefels, y los subcentros de empleo como Sabadell, Mataró y Terrassa.

En la cuarta corona el incremento de vivienda para el periodo de estudio es de 101%, los municipios que más incrementan su parque de viviendas son Sitges y Sant Pere de Ribas, y los subcentros Arenys de Mar y Cardedeu. En este sector los municipios de menor tamaño poblacional presentan un gran incremento de vivienda, pero se evidencia que hay una reconversión del uso de vivienda, es decir vivienda secundaria pasa a ser vivienda principal.

En la quinta corona se aprecia un crecimiento del 84% en los cuarenta años de análisis, municipios como Calella, Cubelles y Tordera construyen entre 4500 y 7500 viviendas nuevas, los subcentros del sector Malgrat de Mar, Pineda de Mar, Vilafranca del Penedès y Vilanova i la Geltrú incrementan su parque de viviendas en 5300 y 13300 cada uno.

Tabla Nº 19. Oferta de vivienda periodo 1981-2011³².

Ámbito	1981	1991	2001	2011	1991-1981	2001-1991	2011-2001	2011-1981
Barcelona	674	669	758	811	-5	89	53	137
1ª Corona	310	312	359	391	2	47	32	81
2ª Corona	151	166	224	260	15	58	36	109
3ª Corona	272	303	404	487	31	101	83	215
4ª Corona	115	139	187	232	24	48	45	117
5ª Corona	84	108	132	168	24	24	36	84
Total	1606	1697	2064	2349	91	367	285	743

Fuente: Idescat. Cifras en miles de vivienda. Elaboración propia

Por otro lado el análisis del comportamiento de la vivienda secundaria (como se le define en los censos) o de segunda residencia, indica que disminuye el 5.78% en todo el periodo analizado. A partir de la segunda corona, se presenta un fenómeno de reconversión de la segunda residencia en primera residencia del orden de 15, 13, 21 y 18% respectivamente.

Barcelona y su continuo urbano (1ª corona), en el periodo 2001 presentan un incremento de la segunda residencia de 7.71 y 4.42% respectivamente, en los otros periodos de análisis disminuye la segunda residencia, en todo el periodo de análisis se obtiene un valor positivo de 1.75% lo que muestra que Barcelona continua teniendo un mínimo desarrollo inmobiliario. En la mayoría de los periodos intermedios todas las coronas disminuyeron el parque de vivienda de segunda residencia.

La segunda corona tiene altos valores de reconversión, sobresalen municipios como Sant Cugat del Vallès, Mongat y Gavà. En la tercera corona los subcentros presentan bajas tasas de reconversión, no obstante la mayoría de municipios presenta altas tasas de reconversión. En la cuarta corona, la mayoría de los municipios tienen una tasa de reconversión alta, lo que contrasta con los subcentros Arenys de mar, Cardedeu y Sant Sadurní, cuya tasa de reconversión es de cerca del 11% . Los municipios de la quinta corona que experimentan una mayor reconversión, son aquellos de menor tamaño (< 10000habitantes), los subcentros presentes en el sector como Sant Celoni, y Vilafranca del Penedès experimentan una disminución de la segunda residencia del orden del 4%, mientras que, Aiguafreda y Vilanova i la Geltrú tienen una reducción del 15 y 17% respectivamente (tabla 20).

³² La información que se utiliza es del censo de población y vivienda para los años 1981, 1991, 2001 y 2011. El total de viviendas se obtiene sumando los datos del censo correspondientes a vivienda principal, secundaria, vacantes y otras (viviendas que existen pero no se posee información de las mismas).

Tabla 20. Cambio en la vivienda secundaria y vacante de la RMB (no principal)

Ámbito	1991-1981	2001-1991	2011-2001	2011-1981
Barcelona	-0.05	7.71	-5.91	1.75
1ª Corona	-2.34	4.42	-5.35	-3.27
2ª Corona	-7.24	0.09	-8.46	-15.61
3ª Corona	-4.74	-1.59	-6.81	-13.14
4ª Corona	-2.69	-9.03	-10.27	-21.99
5ª Corona	2.18	-10.72	-10.16	-18.7
Total	-1.29	2.3	-6.79	-5.78

Fuente Censo de población y vivienda. Idescat-Ine. Cifras en miles de viviendas.

Los anteriores resultados, muestran que el comportamiento de la oferta de vivienda principal nueva o de reconversión dibuja un patrón de descentralización.

3.5.3 Dinámicas del empleo

Para analizar el comportamiento del empleo, se utiliza información del censo de los años 1991 a 2011³³. El análisis de los LTL, aporta claridad en el proceso de descentralización. La tabla 21 muestra la evolución de los LTL en el periodo 1991-2011. Para el periodo analizado el empleo se incrementa en torno a 20%, en el primer periodo (1991-2001) el incremento es de 15.75% y en el segundo periodo (2011-2011) es de 3.75% que es coherente con la crisis económica.

La información desagregada por coronas, señala que Barcelona en tres décadas sostiene el mercado de trabajo, incluso lo incrementa en un 6.62%, a pesar de en los periodos intermedios experimenta pocos cambios, y se evidencia un traslado de la mano de obra a otros sectores de la RMB.

En la primera corona se encuentran municipios que disminuyen considerablemente su capacidad de generar trabajo, es el caso de Sant Adrià de Besòs (< 23%), Sant Just Desvern y Esplugues de Llobregat. Los restantes municipios experimentan un cambio considerable como sobresale, el Prat de Llobregat y Cornellà. El crecimiento total de la primera corona para los veinte años de análisis es de 20%.

³³ El censo 2011, carecía de información de LTL y POR para 26 municipios todos de tamaño menor a 20000 habitantes. La información de LTL para esos municipios se calculó utilizando las afiliaciones a la seguridad social, la información de la POR se obtiene directamente en el IDESCAT en el apartado el municipio en cifras.

Tabla 21. Evolución de los lugares de trabajo por coronas de la RMB

Ámbito	1991	2001	2011	2001-1991	2011-2001	2011-1991
Barcelona	761	766	812	0.62	5.96	6.62
1ª Corona	233	261	280	12.17	7.33	20.39
2ª Corona	142	195	217	37.66	11.23	53.13
3ª Corona	287	378	353	31.96	-6.67	23.16
4ª Corona	100	150	154	49.48	2.76	53.6
5ª Corona	65	87	90	34.49	3.8	39.61
Total	1588	1838	1907	15.75	3.75	20.1

Fuente Idescat. Cifras en miles de personas y en porcentajes. Elaboración propia

En la segunda corona, Sant Boi de Llobregat que es el subcentro de empleo ubicado en el sector crece alrededor del 33%. En este sector sobresale el municipio de Sant Cugat de Llobregat con un crecimiento de 214% este dato está en consonancia con los obtenidos en el análisis demográfico. Los municipios de menor tamaño son los que presentan un descenso en sus cifras de empleo. Los municipios costeros como Gavà, Viladecans, el Masnou experimentan un crecimiento positivo de cerca del 35%, el menor crecimiento lo experimenta Mongat.

En la tercera corona, los municipios costeros crecen considerablemente, Castelldefels alcanza un 120% en esta zona se ubican cinco de los principales subcentros de empleo de la RMB, tres de ellos experimentan crecimientos importantes como Rubí, Terrassa y Mollet del Vallès para para todo el periodo analizado crecen de manera constante, no es el caso de Mataró y Sabadell cuyas cifras muestran un estancamiento en el proceso de creación de empleo, que se explica porque en el periodo intermedio presentan un considerable descenso, por el contrario municipios periféricos y del interior presentan tasas de crecimiento importantes en las que sobresalen los municipios de menor tamaño.

La cuarta corona aloja seis subcentros de empleo, todos presentan un crecimiento sobre el 20%, destaca Granollers los municipios de menor tamaño presentan los mayores descensos en la tasa de empleo, el sector en general presenta crecimientos positivos constantes que oscilan entre 25-30%, no se tienen en cuenta los resultados atípicos porque se dan en los municipios de menor tamaño.

En la quinta corona, se observa que todos los subcentros de empleo tiene un crecimiento positivo, llama la atención, los subcentros más periféricos a la RMB como Vilafranca del Penedès, Vilanova i la Geltrú y Mediona ubicados en la comarca del Alt del Penedès que crecen 42, 39 y 88% (este valor es un tanto atípico considerando el menor tamaño del municipio), porque, presentan crecimientos positivos en todo el periodo de análisis y siempre en ascenso. Los subcentros costeros de la comarca del Maresme como Pineda de Mar y Malgrat de mar crecen del orden de 15-25% cada uno, pero están muy por debajo de los anteriores. El análisis anterior

evidencia que las coronas más exteriores de la RMB están creciendo de manera constante y sostenida, especialmente los núcleos urbanos de mayor tamaño.

3.5.4 Cambio en la localización de empleo

El análisis de la población ocupada residente (POR) refleja los cambios en la localización de la actividad económica. Para la RMB en el periodo de análisis 1991-2011 se observa el siguiente comportamiento (tabla 22).

Tabla 22. Cambio en la localización de la población ocupada residente

Ámbito	1991	2001	2011	2001-1991	2011-2001	2011-1991
Barcelona	624	645	681	3.44	5.57	9.21
1ª Corona	332	375	353	13.13	-5.86	6.5
2ª Corona	166	242	257	45.72	6.46	55.13
3ª Corona	283	413	435	45.68	5.48	53.66
4ª Corona	108	175	201	61.52	15.2	86.07
5ª Corona	67	102	115	52.32	12.88	71.94
Total	1580	1952	2044	23.54	4.71	29.35

Fuente Idescat. Cifras en miles de personas y porcentajes.

Las cifras muestran que durante los treinta años de análisis el crecimiento de la actividad económica de los municipios a partir de 10 Km de Barcelona aumenta considerablemente. Para el caso particular de Barcelona, la tasa de ocupación se mantiene en ascenso, y se acerca en el último periodo de análisis al 9.21%.

La primera corona o continuo urbano, es la que mayores reducciones presenta. En el periodo intermedio de análisis muestra para esta corona un valor negativo de 5.86%. En este sector los datos desagregados señalan un descenso fuerte de poblaciones como Hospitalet y Santa Coloma de Gramenet, por el contrario, San Feliu, Sant Joan y Sant Just incrementan su ocupación hasta el 40%.

Los municipios ubicados en la franja comprendida entre 10-30 Km la tasa de ocupación se incrementa en 53 a 55% aproximadamente. Particularmente, para la segunda corona el municipio que más refuerza la tasa de ocupación es Sant Cugat, Sant Boi y Montcada i Reixac. En la tercera corona todos los subcentros acentúan su ocupación. Los municipios costeros tienen un importante incremento de su población ocupada.

La cuarta y quinta corona donde se ubican los municipios más exteriores o periféricos experimentan el mayor incremento de la ocupación. Todos los subcentros ubicados en el sector crecen.

3.5.5 Desagregación de la actividad económica por sectores.

Este apartado presenta los cambios que se han dado en los principales sectores económicos durante el periodo temporal comprendido entre 1981 y 2011.

La evolución de la población ocupada residente POR de los diferentes sectores refleja que en Barcelona el sector servicios representa un 84.13% a 2011, durante los cuatro ciclos de análisis este sector ha crecido de manera constante un 5%, mientras que la industria actualmente representa un 11% del 30% que representaba en 1991, esto es coherente con los procesos de deslocalización industrial que se han dado en los últimas décadas. El sector de la construcción presentó su mayor crecimiento en el periodo 1996-2001 alcanzando un 6%, actualmente llega al 4%, respecto de la agricultura es casi inexistente en Barcelona.

La primera corona está migrando del sector industrial al de servicios que alcanza en 2011 un 73%, la segunda corona también presenta un alto crecimiento del sector servicios, una disminución del sector industria pero aparece el sector construcción con un 6.5%, el sector agricultura no alcanza el 1%. La tercera corona, la cuarta y el resto de la RMB presentan un crecimiento del sector servicios de 70%, la industria está entre el 15-20%, la construcción llega al 9% y la agricultura no alcanza el 1%. En la tabla 23 se aprecia la evolución de la actividad de los sectores industria y servicios en el periodo de 1991-2011. Como se observa, el sector servicios crece en todas las coronas, en detrimento de la industria que además de disminuir en cada sector de análisis, disminuye en volumen en toda la RMB.

Tabla 23. Evolución porcentual de la actividad Industrial y de servicios en el periodo de 1991-2011

Industria	1991	2001	2011	Servicios	1991	2001	2011
Barcelona	30	18	11	Barcelona	66	76	84
1ª Corona	41	26	16	1ª Corona	50	63	76
2ª Corona	42	29	19	2ª Corona	47	60	74
3ª Corona	46	32	21	3ª Corona	45	57	71
4ª Corona	43	32	23	4ª Corona	44	56	70
5ª Corona	39	27	19	5ª Corona	45	58	73

Fuente Idescat. Elaboración propia

3.5.6 Comportamiento de la movilidad

En este análisis se utilizan dos tipos de fuentes. De un lado los datos de los censos de 1981 a 2001 aportan información sobre el reparto modal, que ayuda a comprender el efecto que tienen los medios motorizados en la distancia media de los viajes, variable que define la localización de las actividades y tiene un efecto directo en la estructura urbana.

De otro lado para conocer información general sobre los desplazamientos que se producen en la RMB se utiliza la encuesta de movilidad cotidiana EMQ (de sus siglas en Catalán) elaborada

por la Autoritat del Transport Metropolità (ATM) y el Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de la Generalitat de Catalunya con la participación del Instituto de Estadística de Catalunya, el Instituto de Estudios Regionales y Metropolitanos de Barcelona en el año 2006.

De la información obtenida del censo, se obtiene el reparto modal de los viajes por trabajo para la RMB (tabla 24 y la figura 28). El uso del vehículo privado se ha incrementado en los veinte años de análisis en torno al 112.58%; se pasa de 691510 viajes en 1981 a 1470005 viajes en 2001, el transporte público tiene un aumento de 28.82%. Mientras que, el transporte no motorizado disminuye 28.32%. El análisis para los periodos intermedios certifica que el uso de los medios motorizados cae paulatinamente, además, los datos señalan que no se potencia el uso del transporte público.

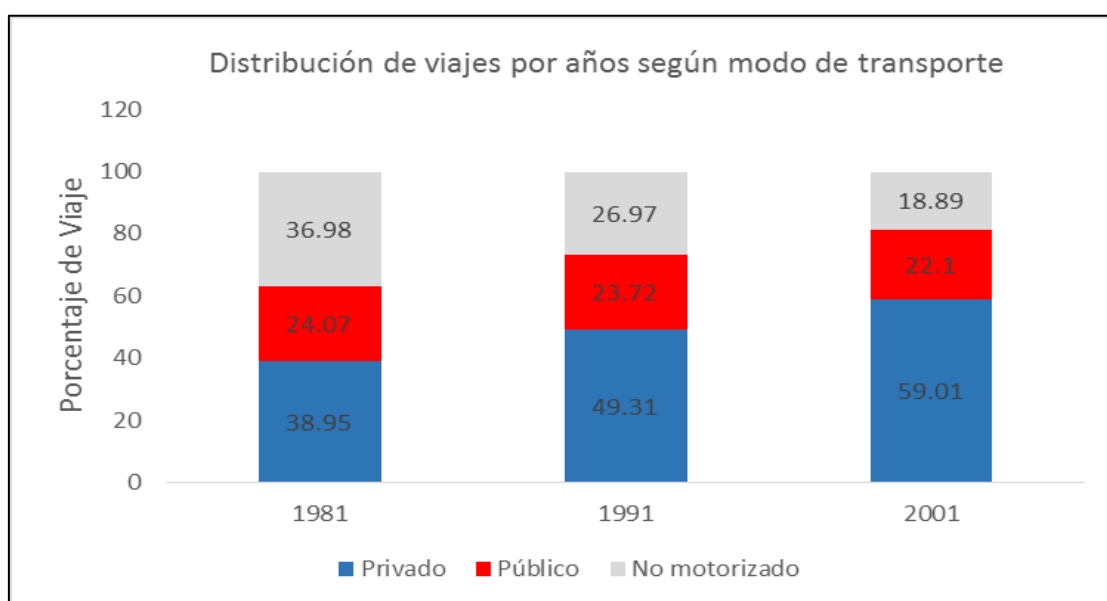
Tabla 24. Incremento por periodos del uso de los modos de transporte en la RMB

Modo	1991-1981	2001-1991	2001-1981
Privado	60.83	32.18	112.58
Público	25.24	2.86	28.82
No motorizado	-7.36	-22.63	-28.32

Fuente: Idescat. INE. Elaboración propia

La distribución de los viajes por año, demuestran el crecimiento del uso del vehículo privado, en detrimento de los otros modos.

Figura 28. Distribución de los viajes por años según el modo de transporte.



Fuente: Idescat

El análisis de los desplazamientos de la encuesta de movilidad cotidiana de 2006 señala que en la RMB se realizaron durante la semana 101,2 millones de desplazamientos. De acuerdo con los datos de población para ese año (tabla 25), cada persona realizó 21,83 desplazamientos a la semana (tabla 26). Al desagregar la información por día laborable y día festivo se obtiene una media de desplazamientos de 3.41 y 2.39% respectivamente.

En cada día laborable se desarrollaron 15.8 millones de desplazamientos, de acuerdo con el modo de transporte elegido para realizarlos el 45.5% utilizó un modo no motorizado, el 35.8% transporte privado y un 18.6% transporte público. Para el día festivo (sábado y festivo) el transporte privado se incrementa hasta un 44.7%, el transporte público disminuye a 11.1%.

Respecto al motivo de los desplazamientos en día laborable el 17% son por motivo trabajo y 7.8% por estudios. Los desplazamientos en fin de semana y festivo el 50% son motivos personales y el 3.7% por motivos ocupacionales. Los desplazamientos de regreso a casa representan un 45.5% y son un indicador de movilidad residencia - trabajo.

El mayor número de desplazamientos en día laborable se realiza entre las 8 y 9 horas durante la mañana; en la tarde el intervalo de tiempo va desde las 17 – 20 horas en el cual el mayor pico es de 17-18 horas. En fin de semana la hora de mayor actividad se registra el sábado entre las 11-14 horas.

Los datos evidencian que en la RMB se desarrolla el 68.44% de los desplazamientos totales por día para el ámbito de Cataluña, el número de desplazamientos personales por día en la RMB son mayores que el conjunto de Cataluña.

Tabla 25. Información general sobre los desplazamientos por semana de la RMB

Ámbito	Población	Porcentaje	*Desplazamientos/semana	Porcentaje
RMB	4635422	67.86	154.5	95.73
Cataluña	6830755	100	101.2	100

Tabla 26. Desplazamientos personales realizados en la RMB

Ámbito	Desplazamientos Laborales		Desplazamientos Fin de S y F		Total Desplazamientos	
	Día	DP/D	Día	DP/D	Total S*	Total DP**/S
RMB	15801351	3.41	11095768	2.39	101198291	21.83
Cataluña	23084291	3.38	16214568	2.37	147850591	21.64

* Semana **Desplazamientos. Elaboración propia. Fuente EMQ 2006.

Considerando el lugar de residencia los desplazamientos se dividen en inter (entre diferentes municipios) e intra (origen y destino el mismo municipio) municipales (tabla 27).

Tabla 27. Desplazamientos intra e intermunicipales.

Ámbito	Desplazamientos Laborales		Desplazamientos Fin de S y F	
	Intramunicipales	Intermunicipales	Intramunicipales	Intermunicipales
RMB	11309768	4472509	7271274	3781942
Cataluña	16430083	6628867	10359090	5784683

Cuando se analiza además el modo de transporte desde el aspecto municipal, en los desplazamientos intramunicipales domina los medios no motorizados y los intermunicipales se realizan mayormente en transporte privado. La autocontención municipal muestra que los desplazamientos no motorizados se aproxima al 100%, el transporte público es de 50% y el transporte privado es de 48 y 38% según sea laboral o fin de semana.

El motivo de los desplazamientos muestra una significativa variación de la autocontención, el mayor valor se encuentra en la movilidad personal (compras, ocio, otras) y es de 85.9%; la movilidad ocupacional (trabajo-estudio) es de 52.8%.

La autocontención municipal del conjunto de Cataluña según el ámbito de residencia en día laboral es de 71.25, la de la RMB es de 71.7%. Para día festivo o fin de semana es de 64.2 y 65.8% respectivamente. Los datos de movilidad reflejan el fortalecimiento de las relaciones tanto a nivel intramunicipal como intermunicipal de la RMB.

3.5.7 Evolución de la autocontención y la autosuficiencia respecto de la actividad

La autocontención³⁴ de la RMB ha disminuido durante el periodo de estudio, lo que demuestra que han aumentado las relaciones a nivel horizontal entre los diferentes ámbitos. Del análisis se desprende que Barcelona sigue siendo el municipio más auto contenido aunque ha disminuido en seis puntos porcentuales.

Los municipios de la primera corona para ninguno de los periodos de análisis muestran un valor de autocontención superior al 50%, el mayor incremento de la autocontención lo experimenta el Prat de Llobregat, sector favorecido por el incremento de las actividades relacionadas con el aeropuerto. En la segunda corona los municipios más autocontenidos son, el Masnou, Sant Boi

³⁴ La autocontención laboral es relación entre la población ocupada residente que tiene su domicilio y centro de trabajo en el mismo municipio.

de Llobregat, Tiana y Viladecans con valores de 55, 53, 61 y 55% cada uno. Aunque, para todo el periodo de análisis Sant Boi de Llobregat y Viladecans disminuyen en 2 y 3% respectivamente, siguiendo la tendencia general del territorio.

La tercera corona es el sector que contiene los municipios más autocontenidos de la RMB, es el caso de Begues, Castelldefels, Corbera de Llobregat, *Mataró*, Premià de Mar, *Sabadell*, Torrelles de Llobregat, Vallirana y Vallromanes. Como se observa hay dos de los principales subcentros de empleo de la RMB.

La cuarta corona es la que presenta los mejores datos de autocontención, ello es muy importante porque es el sector donde se espera el mayor impacto de la B-40. Municipios como Abrera, Caldes del Montbui, la Garriga, Granollers, Sant Llorenç Savall y Sant Sadurní de Noya presentan altos valores de autocontención.

Los valores de autosuficiencia indican que Barcelona necesita aproximadamente un 34% de población foránea para cubrir la tasa de empleo que genera, en la primera corona todos los municipios son auto-sostenidos, el mayor porcentaje de autosuficiencia es para Badalona y Santa Coloma de Gramenet, aunque necesitan población para cubrir la demanda de trabajo de sus territorios. La segunda corona es la que más población necesita para cubrir sus puestos de trabajo, de acuerdo con los estudios realizados, es donde se encuentran importantes empresas de conocimiento y requiere personal altamente cualificado.

La tercera corona presenta los mayores valores de autosuficiencia de la RMB, el 7% de los municipios tiene valores iguales o superiores al 80%, un 35.6% de municipios con valores entre 60-80% y el restante 57% valores tienen valores que oscilan entre el 16 y el 60%.

La disminución progresiva de estos indicadores nos dice que se han modificado la movilidad y las relaciones entre los municipios de la RMB, dándole un carácter más metropolitano, además indican el progresivo aumento de las relaciones horizontales dentro del territorio.

3.5.8 Evolución en la movilidad residencial

(Marmolejo 2010) señala que los cambios residenciales para los periodos 1997-2001 y 2002-2007 a nivel de los municipios de la provincia de Barcelona, evidencian que la movilidad residencial intrametropolitana se incrementa un 53% en el periodo 2002-2007, este incremento, es acorde con el dinamismo del mercado inmobiliario en el mismo periodo. El análisis de los saldos migratorios por coronas refleja, como, el continuo urbano o primera corona pierde población a favor de las siguientes coronas metropolitanas, en especial, aquellas que se encuentran cerca de su periferia y de los principales subcentros, este comportamiento refuerza la idea de que existe un proceso de descentralización que se aleja cada vez más de Barcelona.

Por otra parte, el comportamiento de la autocontención residencial evidencia que los cambios residenciales no sólo se incrementan en número, sino también, lo hacen respecto al alcance

espacial, es decir no cuenta el efecto de la distancia al anterior municipio de residencia. Hecho que confirma el fortalecimiento de las relaciones funcionales.

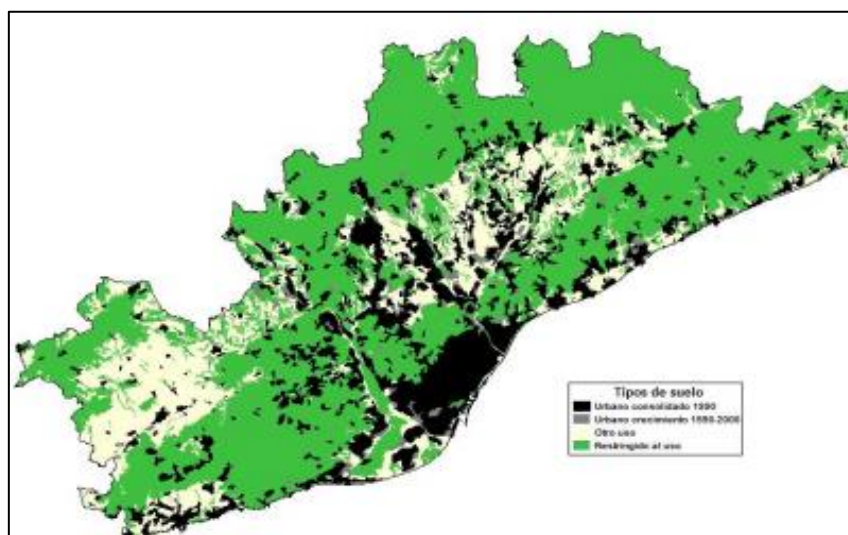
Finalmente el análisis de los saldos interprovinciales por pares de coronas señala que en el periodo 1997-2001 Barcelona pierde población a favor de la segunda corona principalmente y de manera menos importante hacia la primera corona; en el segundo periodo 2002-2007 se invierte el anterior comportamiento, debido al efecto de la inmigración extranjera, que accede más fácilmente a la vivienda en el continuo urbano o primera corona. El análisis se desarrolló utilizando información del padrón de habitantes.

3.5.9 Evolución del consumo de suelo en la RMB

En estudios desarrollados por el Centro de Política de Suelo y Valoraciones, utilizando información del proyecto Corine Land Cover e imágenes del Land-Sat para el periodo de análisis 1991 al 2001, se incrementaron en 7.447 las hectáreas (ha) urbanizadas para la RMB. Se pasó de 63484 mil Ha en el año 1991 a 70931 mil Ha en el año 2000. Los mayores consumos corresponden a la segunda y tercera corona con 2050 y 2306 Ha respectivamente, coherentes con los desarrollos inmobiliarios desarrollados en el sector.

El análisis de los tipos de suelo para el año 2000 señala que de los 3.243 Km² de superficie de la RMB, un 20,8% correspondía a superficie urbana consolidada, un 58,3% correspondía a superficie de uso restringido, ya sea por normativa (áreas de reserva natural, parques, humedales, etc.), o por condiciones de edificabilidad (pendiente del terreno superior al 10%) y que un 20,9% de superficie tiene otra ocupación. En la figura 29 muestra la distribución espacial de dichas categorías de usos del suelo.

Figura 29. Tipos de suelo de la RMB.



Fuente CPSV

En conclusión, que para el periodo de análisis entre 1981 y 2011, se observa un proceso de descentralización de la población, existe una tendencia a alejarse de Barcelona hacia otras coronas facilitado por el uso intensivo del transporte privado. Observando el comportamiento de la actividad económica, se evidencia, además, que todos los territorios han perdido capacidad de retener a la POR, especialmente, los municipios externos de la RMB. En relación con la movilidad los datos del censo y de la encuesta de movilidad cotidiana EMQ de 2006 señalan que la comarca del Barcelonès es el mayor de generador y atractor de viajes de la RMB.

Capítulo 4. ANÁLISIS DE LA MODIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA URBANA POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA B-40

Este apartado muestra los resultados de los análisis realizados para conocer los cambios producidos en la estructura urbana policéntrica de la RMB por la construcción de la B-40. El análisis realizado tiene un enfoque de tipo funcional ya que la variable utilizada es la movilidad obligada o laboral. Exactamente se analizan viajes residencia-trabajo obtenidos de una estructura de modelación. Adicionalmente, se aplica una serie de indicadores de tipo territorial para analizar la variación de los lugares de trabajo localizados (LTL) y de la población ocupada residente (POR) obtenidos y su efecto en el territorio.

Los análisis desarrollados en este capítulo, se estructuran así: en la primera parte del capítulo se presentan los procesos aplicados para la obtención de la movilidad modelada y su correspondiente análisis. En la segunda parte del capítulo se estudia la estructura urbana policéntrica de la RMB a través del uso de diferentes indicadores elegidos de acuerdo con el numeral 2.2.2.

4.1 Estimación de la movilidad modelada

La obtención de la movilidad modelada se realiza en tres etapas. La primera etapa analiza y explica los resultados de las matrices de distancias mínimas. Para ello, como primer paso se dimensiona la red viaria que contiene las tipologías de mayor capacidad para la RMB. Este ejercicio se realiza para dos situaciones: la red actual y la red que contiene el trazado de la B-40 propuesto por el PTMB. En un segundo paso, se realiza el proceso de conexión entre la red viaria y los centroides que representan los 164 municipios de la RMB. Por último, en esta etapa se calculan las matrices de distancias mínimas esto, se realiza para tres situaciones diferentes, matriz de distancias geográficas entre centroides sin tener en cuenta la red viaria; matriz de distancias mínimas considerando la red viaria y matriz de distancias mínimas considerando la red viaria con el trazado de la B-40. Los resultados de esta etapa están dirigidos a explicar el si se produce o no cambio en la centralidad de la RMB por efecto de la modificación de la distancia.

En la segunda etapa, se calibra un modelo gravitatorio acotado en origen, para predecir las proporciones de viajes en destino y obtener la movilidad considerando la construcción de la B-40. En esta etapa se consideran dos procesos: el primer proceso consiste en estimar la movilidad base o de diseño; el segundo proceso consiste en calibrar el modelo con información de movilidad y distancia para dos situaciones claramente diferenciadas *sin* y *con* proyecto.

En la tercera etapa, se presentan los resultados de la movilidad obtenida para la RMB con la construcción de la B-40. Los análisis de este sector se enfocan a conocer como las nuevas distribuciones de flujos potencian la estructura policéntrica de la RMB. Para el análisis de los

datos obtenidos en esta etapa se utilizan los indicadores territoriales de autocontención, autosuficiencia y el Job ratio para los tres periodos temporales analizados.

Los resultados de esta primera parte intentan responder las preguntas de investigación:

- ¿Qué efecto tiene la construcción de la B-40 en la centralidad de la RMB?
- ¿Cuáles son los principales atributos de los patrones de movilidad que se generan por la construcción de la B-40 y como afectan la estructura policéntrica de la RMB?

4.1.1 Efecto de la modificación de las distancias mínimas en la centralidad y el territorio de la RMB

La distancia, representa, en esta investigación el factor de fricción incorporado al modelo de interacción espacial de tipo gravitatorio acotado a origen que se calibra para obtener la movilidad generada por el trazado de la B-40. Los análisis realizados en este apartado están enfocados a revisar el efecto de la de la distancia en la centralidad y el territorio de la RMB. Los análisis buscan encontrar diferencias entre la centralidad originada por la ubicación geográfica de la RMB y la centralidad producida por la red viaria, además explicar cómo evoluciona la articulación de los diferentes ejes viarios al incorporar la B-40 y mirar cómo afecta los diferentes municipios de la RMB. Las figuras 30 y 31 muestran el comportamiento de las matrices de distancias mínimas para estas dos situaciones. La matriz de distancias euclidianas se calcula entre los 164 centroides que representan los municipios de la RMB y la matriz de distancias mínimas *sin trazado* se calcula considerando la red viaria actual y los 164 centroides.

La matriz de distancias euclidianas o geográficas, señala que la parte más central de la RMB está configurada por 20 municipios (ver tabla 28), de los cuales cuatro son importantes subcentros de empleo: Rubí, Sabadell, Mollet del Vallès y Palau Solità i Plegamans. Los municipios de este sector acogen cerca de 731885 habitantes, es decir, el 14.57% de la población total de la RMB. La superficie que abarca este sector central es de 303 Km². Los subcentros del sector son los que tienen mayor población, seguidos de municipios como Sant Cugat del Vallès y Cerdanyola del Vallés. Cinco municipios con menos de 10000 habitantes, cinco municipios con casi 20000 habitantes y cuatro municipios entre 20000 y 35000 habitantes.

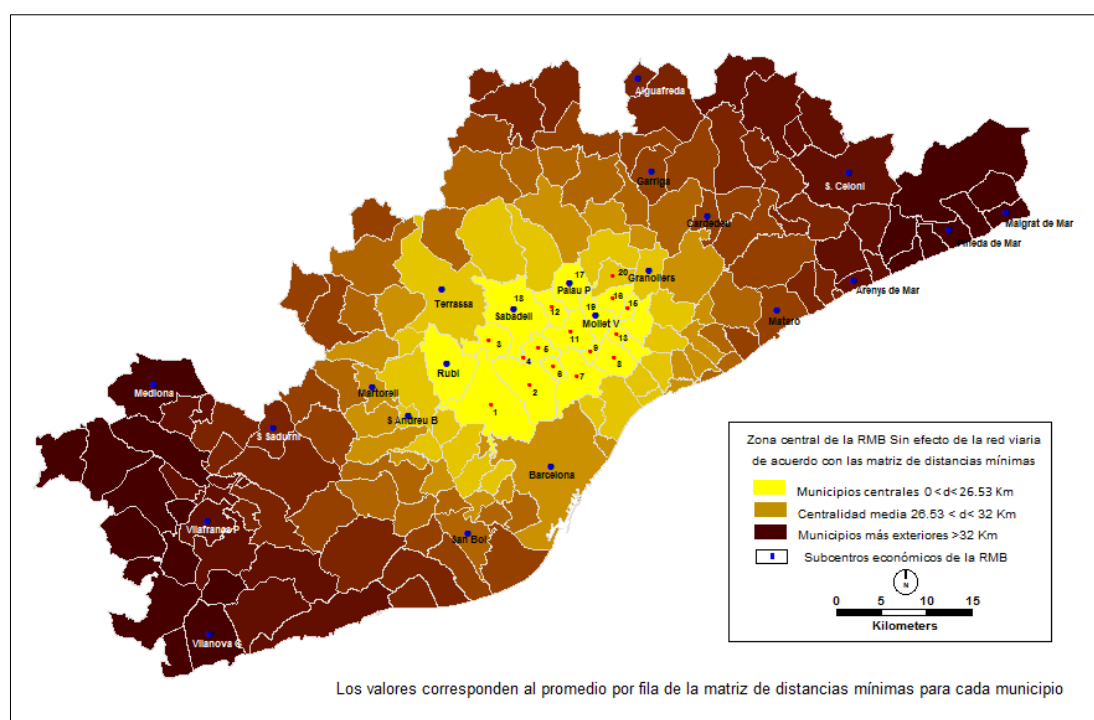
La matriz de distancias mínimas considerando la red viaria (figura 36), muestra que el sector central mantiene la misma tendencia del efecto geográfico, la variación más importante que se aprecia es que los municipios de Montornès del Vallès, Santa María de Martorelles y Rubí salen del sector central y son reemplazados por los municipios de Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet y Lliça de Valls. Esta evolución territorial se traduce en que la población del sector central se incrementa en un 2% y su superficie en un 3.6%. Para comprobar que esta comparación realizada a priori es correcta se realizó un análisis de concordancia espacial usando una correlación de Pearson entre las dos escalas de distancia *sin* y *euclidiana* o *geográfica* el resultado obtenido es de 0.930, es decir existe una correlación significativa del 0.01 bilateral que confirman las anteriores observaciones.

Tabla 28. Municipios más centrales de la RMB considerando la distancia geográfica euclidiana

Municipios del sector central de la RMB	
1. Sant Cugat del Vallès	11. Santa Perpètua de Mogoda
2. Cerdanyola del Vallès	12. Ripollet
3. Sant Quirze del Vallès	13. Martorelles
4. Badia del Vallès	14. Rubí
5. Ripollet	15. Montmeló
6. Barberà del Vallès	16. Parets del Vallès
7. Montcada i Reixac	17. Palau Solità i Plegamans
8. Sant Fost de Campsentelles	18. Sabadell
9. La Llagosta	19. Mollet del Vallès
10. Santa María de Martorelles	20. Montornès del Vallès

Elaboración propia

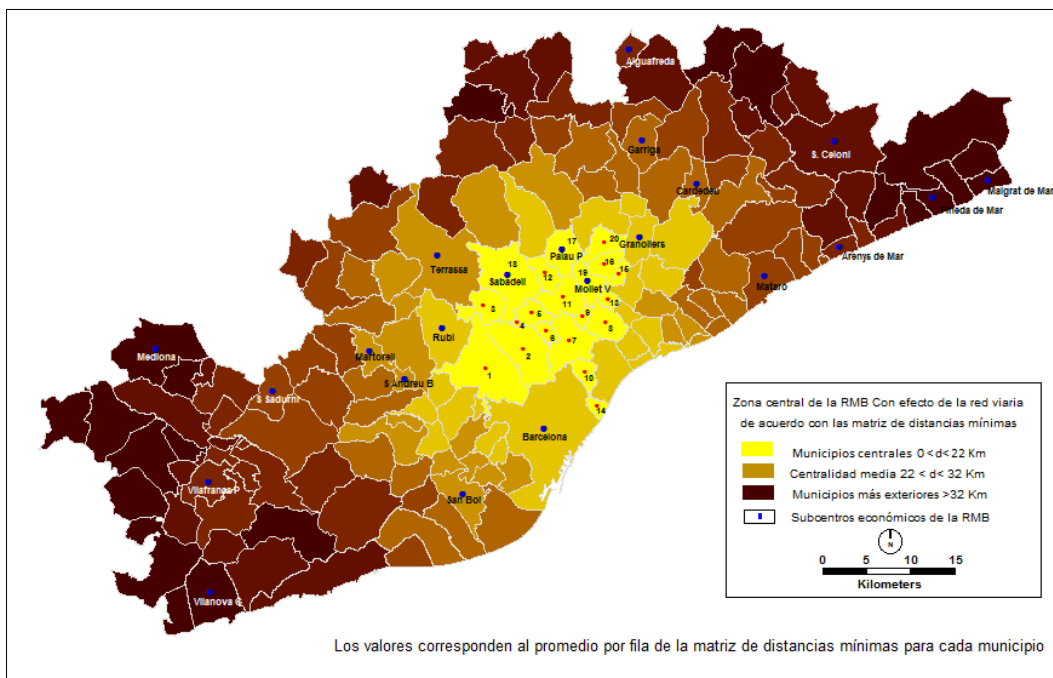
Figura 30. Centralidad de la RMB según la matriz de distancia euclidiana



Elaboración propia

Cuando se considera la red viaria y el trazado de la B-40, el sector central no presenta ninguna variación. En cuanto a Barcelona, a pesar, de no encontrarse en el sector de mayor centralidad es el centro económico y la principal ciudad de la RMB, pues en ella se articulan todas las redes de transporte público y se ubica la mayor tasa de empleo y ocupación de Cataluña. Además, es el punto de referencia de los actuales corredores metropolitanos de transporte que siguen los ejes radiales.

Figura 31. Sector central de la RMB considerando la red viaria de acuerdo con la matriz de distancias mínimas.



Elaboración propia

En conclusión, el trazado de la B-40 no modifica el efecto de la actual red viaria en la centralidad de la RMB. Ello, es coherente con las directrices utilizadas para su propuesta en el PTMB.

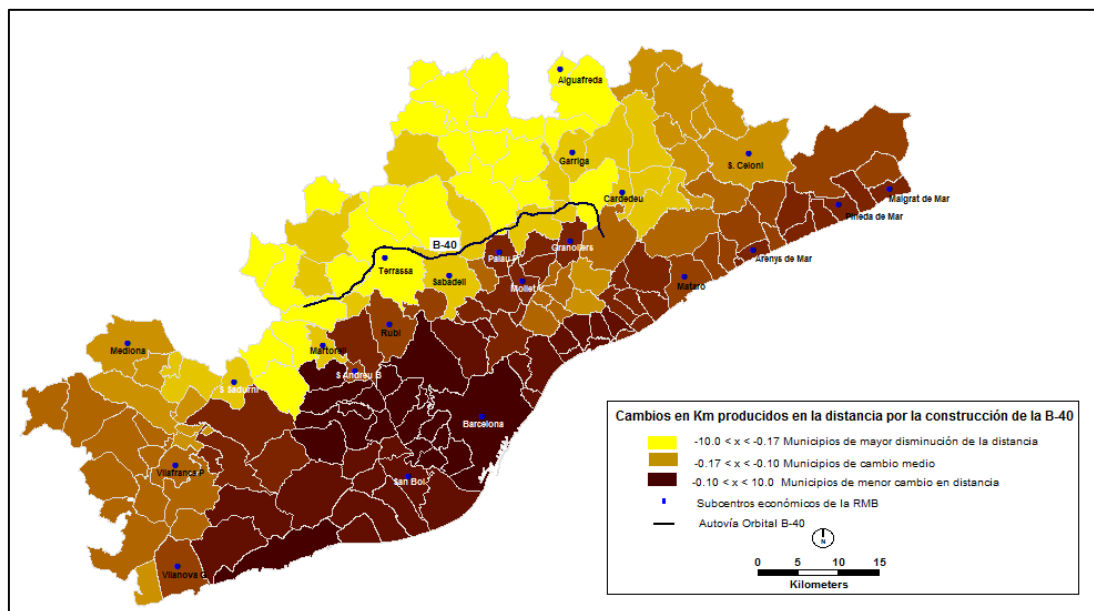
4.1.2 Cambio de distancia por la construcción de la B-40 y la nueva articulación viaria

Como se advierte en el anterior numeral el efecto de la B-40 en la centralidad de la RMB no modifica la tendencia de la centralidad producida por la red viaria actual. En la figura 32 se observa el cambio en distancia producido por la inclusión de la B-40 en el territorio. Los mayores cambios se localizan en la zona de servicio directo de la B-40 (en adelante este sector se denominará *corredor de la B-40*) y en el mapa está representado por el color amarillo claro. Estos cambios se pueden considerar de tipo residual (es decir aquellos producidos por la proximidad al trazado), este sector abarca cuatro subcentros de empleo: la Garriga, Terrassa, Aiguafreda y Martorell. Los demás municipios que se encuentran en este sector hacen parte de la comarca del Vallès Oriental y Occidental y son los más exteriores del sector noroeste de la RMB.

En el sector de cambio medio, se encuentran subcentros como Sabadell, Cardedeu y Sant Celoni. Los colores marrones claro, indican menores disminuciones en la distancia y se ubican en los sectores periféricos al noreste y suroeste de la RMB en su mayoría. Los colores oscuros en el mapa indican, los sectores de menor cambio en distancia, para este caso, se ubican a lo largo de

la costa mediterránea y abarca la comarca del Maresme, del barcelonés, gran parte de la comarca del Baix del Llobregat y de la comarca del Garraf.

Figura 32. Cambios producidos en la distancia (en km) por la construcción de la B-40



Elaboración propia

Los municipios situados en la comarca del Alt del Penedès experimentan pequeños cambios en la distancia. En este sector subcentros como: Sant Sadurní de Noya experimentan un mayor incremento, le sigue Mediona y finalmente esta Vilafranca del Penedès que es el subcentro más importante de ese ámbito, y presenta los mayores incrementos de población y actividad de acuerdo con la diagnosis elaborada en la segunda parte del capítulo 3. La comarca del Garraf distante de Barcelona entre 40 y 50 km evidencia modificaciones, es el caso de Cubelles, que siendo el municipio más periférico del sector señala un descenso en promedio de distancia mínima de hasta 9 km, en contraposición de Vilanova i la Geltrú que es el subcentro de empleo más importante y que no modifica su promedio de distancias mínimas.

Lo anteriormente expuesto sugiere que la B-40 por sí sola no produce grandes modificaciones en el territorio, los efectos territoriales derivados de su construcción son producto de la nueva articulación que configura un corredor formado por la B-40 con la AP-7, la C-60 y la C-15 que alcanza aproximadamente 140 Km y se articulan a través de dos enlaces.

El primer enlace se produce a la altura de Abrera, donde la B-40 enlaza con la A-2 en un tramo de aproximadamente siete 7 Km hasta Martorell, allí la A-2 enlaza con la AP-7 para dar servicio a los municipios del Alt del Penedès ubicados en la cuarta y quinta corona (municipios que distan de Barcelona 40 Km) y comunicar la RMB con el resto de España hacia el sur. A la altura de Vilafranca del Penedès la AP-7 enlaza con la C-15 y da paso al tráfico que viene de Vilanova i la Geltrú en esa dirección.

El segundo enlace se ubica a la altura de la Roca del Vallès, en ese punto la B-40 conecta con la AP-7 y la C-60. La conexión con la AP-7 facilita las comunicaciones entre las comarcas del Vallès Oriental hasta la parte más externa de Sant Celoni. El enlace con la C-60 conduce directamente a Mataró, conectando así municipios del interior de Catalunya con el borde costero de la comarca del Maresme. Finalmente, la B-40 facilita los enlaces con los ejes transversales como la C-58, C-59, C-17 y la N-152a, eliminando las travesías que se realizan por los diferentes núcleos urbanos.

En conclusión, el mayor impacto en distancia producido por la B-40 se observa en los municipios ubicados en los sectores periféricos de las comarcas del Vallès Occidental y del Vallès Oriental. También produce modificaciones importantes en el sector más exterior de la comarca del Alt del Penedès en cuanto a modificación del promedio de distancias mínimas. Si se tiene en cuenta la articulación con los diferentes ejes viarios presentes en el sector que se ubica, el efecto de la B-40 es más importante aún porque conecta diferentes tramos del territorio de manera directa.

4.2 Estimación de la movilidad producida por la construcción de la Autovía B-40

Los commuting o flujos de movilidad laboral dan una excelente aproximación de las relaciones y de los procesos de interacción que se producen al interior de determinado ámbito territorial y que están relacionados con la estructura urbana policéntrica, es decir, permiten verificar la organización espacial. Por ello en esta investigación es necesario obtener los patrones de movilidad para visualizar si hay cambio o no en la organización territorial de la RMB. Para obtener la movilidad final, se calibra un modelo de interacción de tipo gravitatorio acotado a origen. El proceso de calibración requiere contar con los datos de producción y atracción por municipio, es decir, datos de movilidad de diseño o base y contar con una matriz de impedancia que, en esta investigación es la distancia mínima obtenida en el numeral anterior.

4.2.1 Características de la movilidad base

La movilidad base o de diseño, se calcula utilizando los factores de crecimiento explicados en el apartado 2.3.1.3. Los datos de partida corresponden a la movilidad por motivo de trabajo de 2001 obtenida del censo del mismo año. Las proyecciones se realizan para tres periodos diferentes: 2008, 2014 y 2020. La tabla 29 muestra los datos totales de la movilidad modelada o de diseño para los diferentes periodos de análisis y su variación.

Tabla 29. Total de viajes producidos en la RMB para los periodos de análisis

Periodo	2008	2014	2020
Total de Viajes obtenidos*	1914020	1925612	2003299
Cambio en Movilidad 2014-2008	0.61%		-
Cambio en Movilidad 2020-2014	-	4.03%	
Cambio en Movilidad 2020-2008	4.66%		

Elaboración propia. *Cifras en miles

El incremento de los viajes totales para el periodo 2014 con respecto a la movilidad base 2008 es de 0.61%; en el periodo 2014 y 2020 el incremento es de 4.03% y en todo el periodo estudio 2008 - 2020 la movilidad se incrementa en 4.66%. Los anteriores valores son coherentes con las proyecciones utilizadas para el cálculo de los factores de crecimiento.

- Características de los LTL

Al observar el comportamiento de los LTL obtenidos para la movilidad base desagregada por coronas a igual distancia de Barcelona se evidencia para el *periodo de análisis 2008 - 2014* Barcelona y la primera corona, por efecto del cambio de distancia por la construcción de la B-40 presentan una reducción del 4.21% y del 1.55% respectivamente en LTL. Las coronas a partir de los 20 Km experimentan un crecimiento positivo, que oscila entre el 4.5 y el 6%. Los municipios entre 20-30Km o la denominada tercera corona presentan el mayor crecimiento. Los subcentros de este sector incrementan sus LTL entre el 5 y el 7%. Particularmente, Mollet del Vallès es el de mayor crecimiento, seguido de Rubí, Palau Solità i Plegamans, Terrassa, Sant Andreu de la Barça, Martorell, Sabadell, Mataró.

La cuarta corona tiene un crecimiento del 5.62%, este sector cuenta con cinco subcentros dentro de los que destaca Granollers como el de más crecimiento. En este sector los municipios de menor tamaño demográfico crecen considerablemente. Finalmente, para este periodo se observa que la quinta corona que es la más alejada de Barcelona, presenta un crecimiento del 4.5% que lo asumen en su mayoría los subcentros del sector como Vilafranca del Penedès y Vilanova i la Geltrú, seguidos de Sant Celoni y Aiguafreda, sólo Mediona experimenta un descenso en su capacidad de crear empleo. Los demás subcentros del sector crecen entre 4 y 6%.

En el periodo 2014-2020, Barcelona recupera su mercado laboral y crece en un 0.11%, igualmente la segunda corona alcanza un crecimiento de 1.69%. Las demás coronas crecen positivamente, en especial la tercera y quinta corona alcanzan un crecimiento de casi el 9%. Los mayores incrementos se presentan en los municipios de menor tamaño. También, se observa que los subcentros en su totalidad experimentan un crecimiento positivo.

Para el periodo total de análisis comprendido entre *2008-2020* se constata la disminución de los flujos por trabajo en la ciudad central de Barcelona, la primera corona permanece constante con un crecimiento del 0.11%. A partir de los 20 Km la RMB experimenta un incremento de su mercado laboral que alcanza el 15% y que refleja, que las principales ciudades crecen, pero también lo hacen los diferentes municipios (tabla 30).

La tabla 30. Datos totales y variación de los LTL para la movilidad base o de diseño

LTL	2008	2014	2020	2014-2008	2020-2014	2020-2008
Barcelona	774533	741893.075	742739.186	-4.21	0.11	-4.1
1ª Corona	281709	277330.988	282006.738	-1.55	1.69	0.11
2ª Corona	212541	224125.967	238483.234	5.45	6.41	12.21
3ª Corona	400985	425244.757	463265.064	6.05	8.94	15.53
4ª Corona	158263	167159.607	178874.534	5.62	7.01	13.02
5ª Corona	85989	89857.8183	97930.7503	4.5	8.98	13.89
Total	1914020	1925612.21	2003299.51	0.61	4.03	4.66

Elaboración propia. Datos totales en miles. Variación en %

- Características de la POR obtenida de la movilidad base

La tabla 31 contiene los resultados obtenidos para la POR de la RMB por coronas a igual distancia de Barcelona. Los datos reflejan que la POR en el periodo 2008 y 2014 presenta un descenso en el sector de Barcelona y la primera corona. Los municipios ubicados a partir de 10 km y que configuran las demás coronas presentan un crecimiento de positivo que oscila entre el 3.55 y el 5.41%. Si se observa todo el periodo de análisis (12 años), Barcelona y la primera corona presentan un descenso en su capacidad de ocupación. Los demás sectores de la RMB crecen considerablemente, la tercera corona en la que se encuentran 8 subcentros de empleo alcanza el 15.16% de ocupación, la cuarta y quinta corona también muestran una tasa de crecimiento de 11.38 y 12.72% respectivamente.

La tabla 31. Datos totales y variación de los POR para la movilidad base o de diseño

POR	2008	2014	2020	2014-2008	2020-2014	2020-2008
Barcelona	636247	612385.5	612498.443	-3.75	0.02	-3.73
1ª Corona	369530	362963.185	367518.483	-1.78	1.26	-0.54
2ª Corona	237592	246592.59	259704.589	3.79	5.32	9.31
3ª Corona	405652	427615.734	467144.637	5.41	9.24	15.16
4ª Corona	170071	177755.156	189421.704	4.52	6.56	11.38
5ª Corona	94928	98300.0492	107011.652	3.55	8.86	12.73
Total	1914020	1925612.21	2003299.51	0.61	4.03	4.66

Elaboración propia. Datos totales en miles. Variación en %

4.2.1.1 Características territoriales de la movilidad base

Para completar este estudio en el que se estiman únicamente de desplazamientos, se mide la capacidad de los anteriores ámbitos para contener su población ocupada y satisfacer la demanda de empleo. Para ello, se calcula la autocontención y autosuficiencia de los anteriores ámbitos territoriales (tabla 32).

Tabla 32. Autocontención y autosuficiencia para la movilidad de diseño

Ámbito	Autocontención (%)			Autosuficiencia (%)		
	2008	2014	2020	2008	2014	2020
Barcelona	78.87	77.92	77.39	64.79	64.32	63.82
1ª Corona	30.77	30.93	31.01	37.7	37.76	37.71
2ª Corona	29.74	30.34	30.66	40.2	40.46	40.54
3ª Corona	36.09	36.66	36.96	40.6	40.85	41.07
4ª Corona	37.69	38.15	38.38	50.66	50.59	50.69
5ª Corona	42.22	42.63	42.82	58.09	58.01	58.37

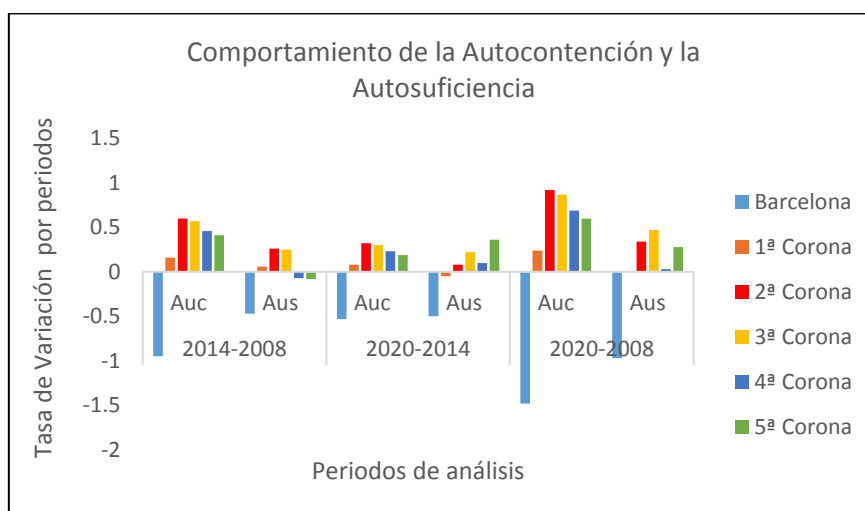
Elaboración propia

Los resultados obtenidos reflejan que en el periodo de análisis (2008-2020), la autocontención para Barcelona ha disminuido en 1.48%, los demás ámbitos de la RMB han incrementado su capacidad en cerca de 1%. Los valores de autosuficiencia por otro lado muestran que Barcelona disminuye en 1% su capacidad para satisfacer la demanda de empleo mientras, los otros ámbitos de la RMB aumentan en un 0.5%. Los demás sectores metropolitanos presentan ligeros incrementos de autocontención, y aún más bajos ascensos en el nivel de autosuficiencia, el sector que mayor cambio experimenta es la tercera corona.

Para el año 2014 se hace evidente el descenso de Barcelona en su capacidad de satisfacer la demanda de empleo. La primera corona no presenta modificaciones, las coronas restantes del ámbito metropolitano incrementan levemente su autocontención, y la capacidad de satisfacer el mercado de trabajo de la RMB permanece casi sin variación. Finalmente en el año 2020 se constata la tendencia en el comportamiento de los ámbitos analizados (figura 33).

El Job ratio para un periodo de análisis de 12 años, confirma que Barcelona es el ámbito que demanda más movilidad, además evidencia el crecimiento de la ocupación en los otros ámbitos metropolitanos como lo denota el incremento del índice para cada periodo sucesivo. También evidencia que cada vez hay más equilibrio entre el empleo y la ocupación en el territorio a partir de 10 km de Barcelona.

Figura 33. Variación de la autocontención y la autosuficiencia por coronas



Elaboración propia

4.2.2 Calibración del modelo gravitacional acotado a origen

En este apartado se analiza los resultados de la aplicación del modelo de gravedad acotado a origen para los periodos de estudio 2008, 2014 y 2020. Los análisis aquí desarrollados buscan explicar los diferentes parámetros obtenidos en la etapa de modelación y los cambios que se producen en los patrones de movilidad por la aplicación del modelo. Los resultados del modelo se presentan en dos sub-apartados, en el primero se explica los parámetros obtenidos en el proceso de calibración (β), junto con los valores de los coeficientes de correlación y el coeficiente de determinación R^2 . En el segundo sub-apartado se muestra el comportamiento del parámetro de atractivo (α) para la matriz territorial de la RMB.

4.2.2.1 Análisis de los parámetros de Calibración obtenidos en los modelos

Los resultados de la calibración del modelo se presentan en la tabla 33. El coeficiente de fricción Beta (β) muestra un comportamiento constante en los diferentes periodos de análisis. El coeficiente de correlación en los dos casos es de 93.65 y el 93.53 %, como se observa crece constantemente lo que explica satisfactoriamente el grado de asociación lineal de la variable dependiente analizada. El coeficiente de determinación R^2 para las dos situaciones es de 87.7 y 87.1% respectivamente, lo que señala un buen ajuste del modelo.

Tabla 33. Parámetros de calibración del modelo gravitacional acotado a origen

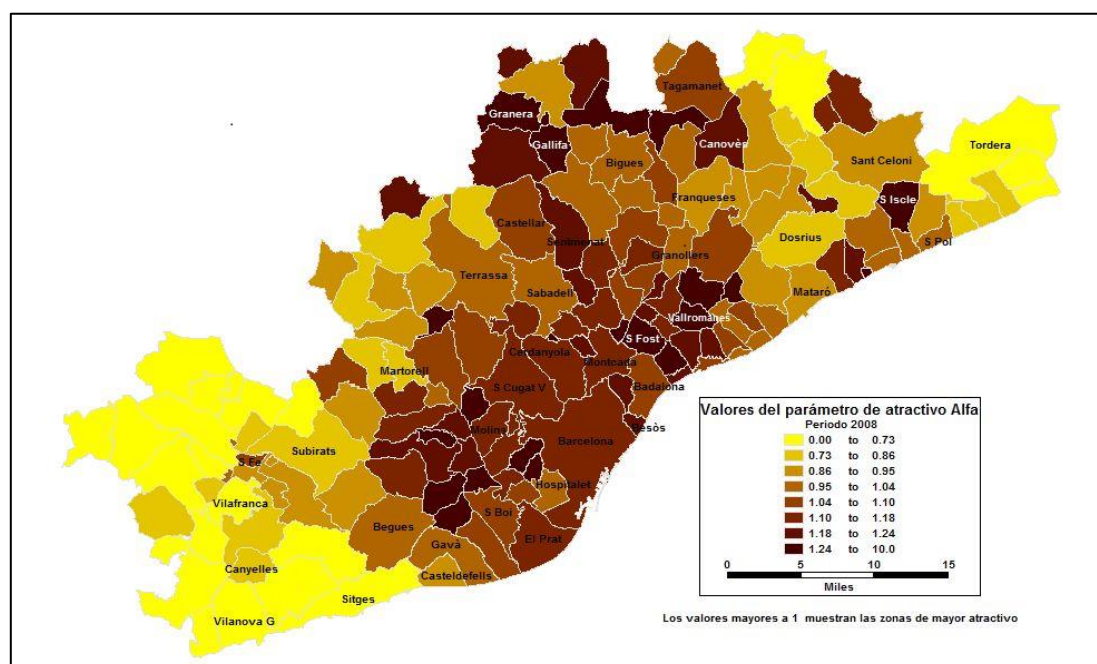
Periodo	2008	2020	2026
Peso	5.35037312	5.17738604	5.09929547
Beta (β)	0.46075379	0.46353950	0.46755178
Coefficiente de Correlación	0.92869873	0.93154245	0.93310142
R ²	0.86248133	0.86777134	0.87067827

Elaboración propia

4.2.2.2 Análisis de los coeficientes de atracción Alfa (α) obtenidos en el modelo

Las figuras 34 muestra la situación actual para los parámetros de atractivo (α). La variación de dicho parámetro se observa en las figuras 35 y 36. Valores mayores a 1 del parámetro α señalan alta capacidad de atractivo (colores oscuros), valores menores de α un menor atractivo (diferentes tonalidades de amarillo). La situación actual muestra que los mayores valores de atractivo se localizan en su mayoría en Barcelona y los municipios de la primera y segunda corona especialmente. También, se observa que los municipios de la quinta corona que hacen parte de la comarca del Vallès Oriental poseen altos valores de atractivo. Esta tendencia en la quinta corona no es aplicable en los municipios de las comarcas del Garraf y del Alt del Penedès ni en los municipios más exteriores del Maresme.

Figura 34. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2008

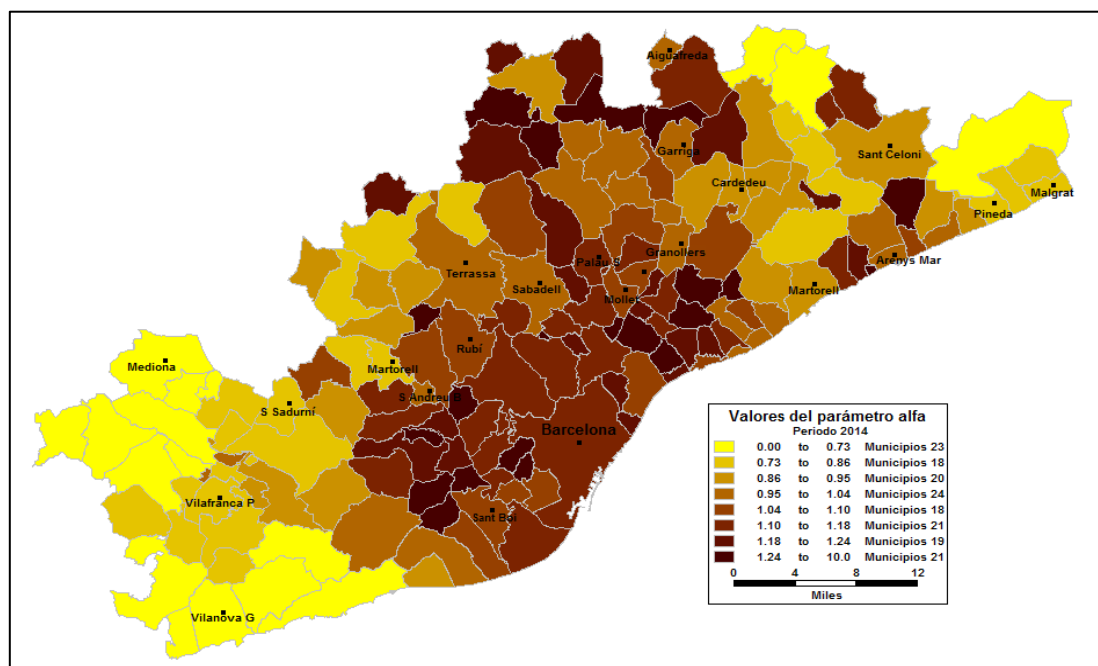


Elaboración propia

El comportamiento del parámetro α para el periodo 2014 señala que algunos municipios de la comarca del Alt del Penedès y del Baix de Llobregat cambian su tendencia hacia valores de mayor atractivo. Además, existe un ligero descenso en el valor del parámetro para los municipios de mayor centralidad. El periodo 2020, señala una evolución de los municipios que tenían valores más bajos de (α), llama la atención que en este periodo Barcelona aumenta el valor del atractivo lo mismo ocurre para los municipios de la parte central de la RMB y de la región costera del sector del Maresme, comportamiento que no se extiende a los municipios más externos de este sector que presentan bajos valores de atractivo. La comarca del Garraf y la comarca del Alt del Penedès en general siguen manteniendo valores bajos de atractivo.

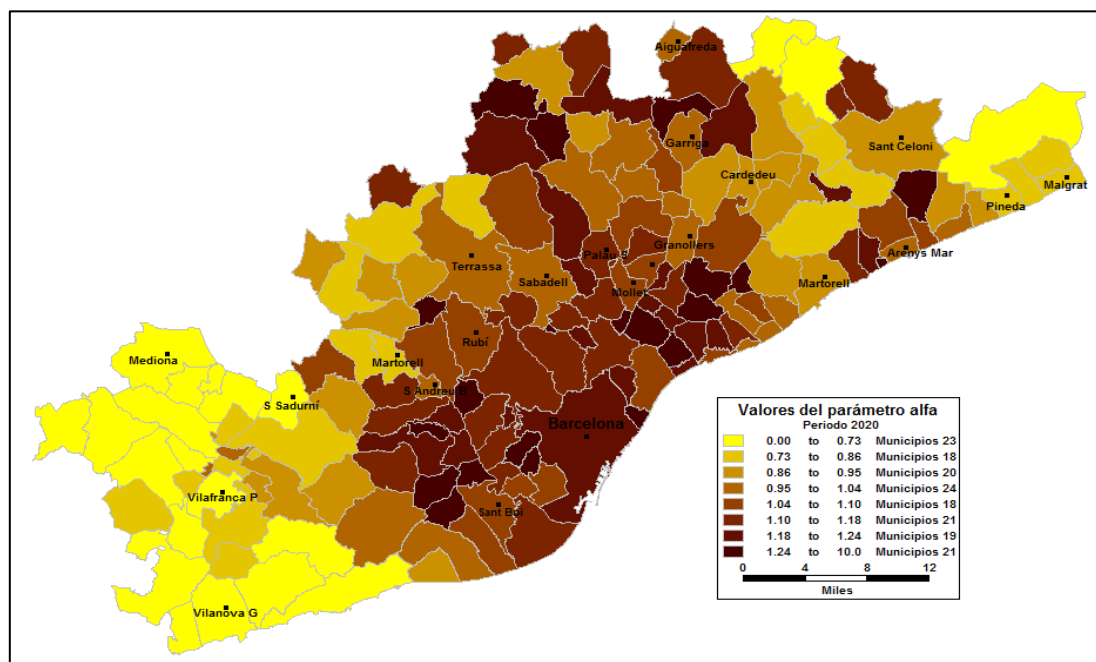
En conclusión, los ajustes que se obtienen son relativamente buenos, eso significa que replican bien la realidad observada del año 2008. Finalmente, se pudo estructurar un modelo que cumpliera con los requerimientos del estudio, es decir, que modelara proporciones (comportamiento) y no valores absolutos, que se pudiese calibrar con una matriz observada y que manifestara los cambios de las variaciones en el atractivo y/o la matriz de costos de interacción espacial.

Figura 35. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2014



Elaboración propia

Figura 36. Coeficiente de atracción (α) para el periodo 2020



Elaboración propia

La tasa de variación de los alfas (α) para todo el periodo de análisis señala que el coeficiente de atractivo para Barcelona se incrementa, en la primera corona los municipios del Prat de Llobregat, Sant Adrià de Besòs, Badalona y Santa Coloma de Gramenet presentan altas tasas de incremento de atractivo, por el contrario Sant Just Desvern y San Feliu del Llobregat presentan descensos en su tasa de atracción. Para la segunda corona los municipios del Garraf y del Maresme de la línea de costa presentan un mayor aumento, más no así, los municipios del interior como Sant Cugat del Vallès, Cerdanyola del Vallès y Ripollet que presentan un descenso en este parámetro. En la tercera corona los principales subcentros de empleo reflejan una disminución de el parámetro α , excepto Mataró, En este sector los municipios de menor dimensión y ubicados en la costa son los que más incrementan el α . En la cuarta corona se invierte el comportamiento, los municipios pequeños y de poco peso demográfico presenta descensos en su atractivo, los municipios de mejor los municipios que sirven de enlace entre los diferentes ejes viarios presentan un alto valor de α de la misma forma que los principales subcentros como Granollers y Arenys de Mar. Finalmente en la quinta corona los incrementos que se presentan son muy pequeños, en general los municipios que más crecen son los del sector del Alt del Penedès.

4.2.3 Obtención de la movilidad modelada y su análisis

La anterior etapa de modelación genera una matriz de proporciones para cada periodo, que al afectarse por la matriz de movilidad base correspondiente genera la movilidad modelada para la situación actual *sin* y la situación futura *con* B-40. La movilidad así obtenida representa el

comportamiento de los desplazamientos al interior de la RMB en las dos situaciones y es la variable de análisis.

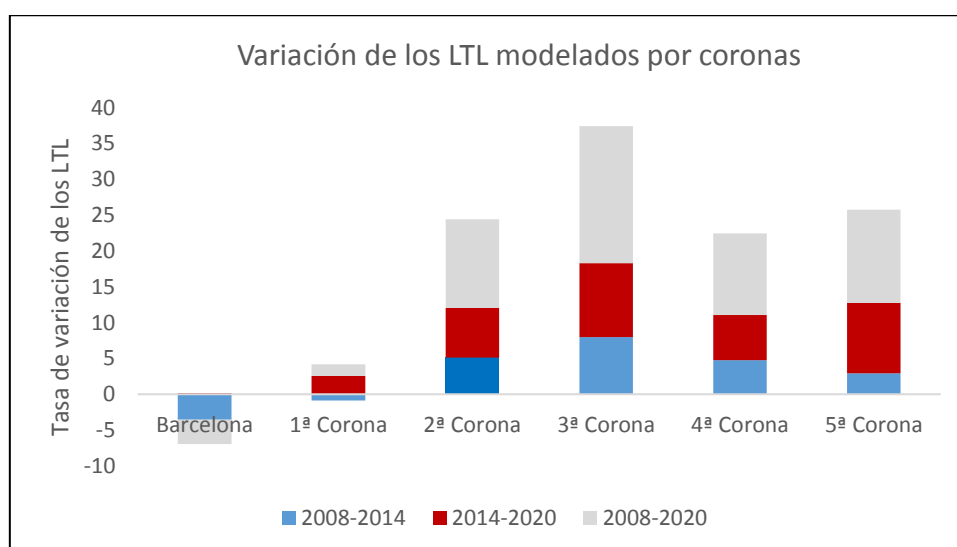
4.2.3.1 Características de la movilidad modelada para el conjunto de la RMB

A nivel de la RMB, los datos obtenidos muestran que el efecto de la fricción (distancia para este caso) incrementa los LTL en un 4.66% para el periodo total de estudio 2008-2020, esto es 89.280 habitantes. En el periodo inicial 2008-2014 el incremento es de 0.61%, en el periodo intermedio 2014-2020 de 4.03%. Como se observa los resultados obtenidos son coherentes con los incrementos obtenidos para la movilidad base, ello indica que el grado de calibración del modelo es óptimo.

- características del empleo o de los LTL

Los resultados obtenidos por coronas a igual distancia de Barcelona para el periodo comprendido entre 2008-2020 (figura 37) muestran que para la situación modelada *sin* que representa la situación actual Barcelona disminuye su mercado de trabajo en cerca de 3.37%, la primera corona crece un 1.86%, la segunda corona alcanza un incremento de 12.7%, la tercera corona del 17% y las dos últimas coronas llegan al 13%. Para la situación *con* cinturón el descenso es negativo para Barcelona y la primera corona, del orden de -3.73% y 0.5% respectivamente. La segunda corona crece hasta el 15.15%, mientras que los datos confirman los valores obtenidos para las coronas 4 y 5. Para conocer el efecto de la fricción se comparan las dos situaciones (*sin* y *con*), los resultados confirman el descenso de Barcelona y la primera corona, también señalan que la tercera corona es el sector de la RMB que más crece y consolidada su mercado de trabajo, además muestran que el efecto del cinturón es más importante en la cuarta y quinta corona.

Figura 37. Variación de los LTL modelados para los diferentes periodos

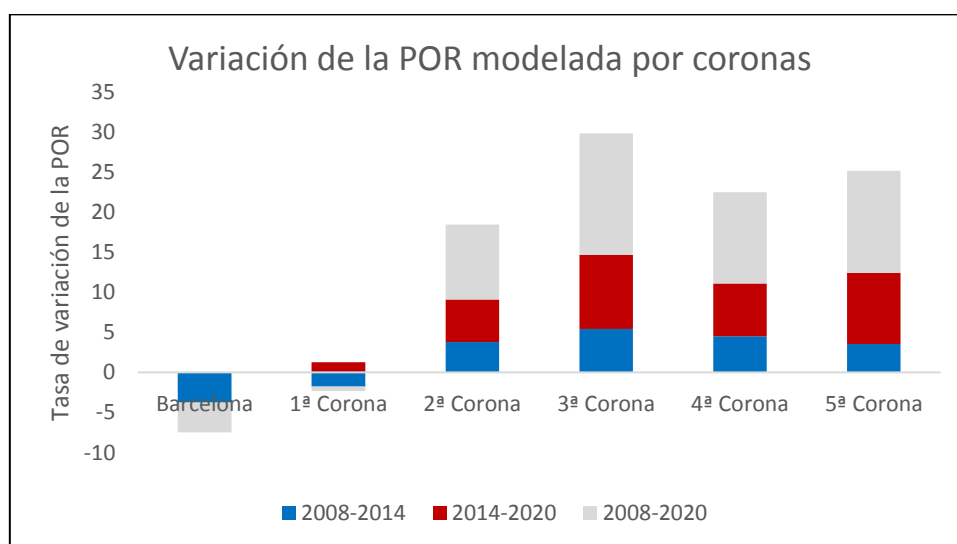


Elaboración propia

- Características de la población ocupada residente POR para la movilidad modelada

El comportamiento de la ocupación o de la POR confirman el descenso de Barcelona y de la primera corona o continuo urbano, para la segunda corona se aprecia que en cada periodo se incrementan la POR es decir, en un periodo de 12 años se va fortaleciendo el mercado de trabajo del sector. La tercera corona es la que presenta mayores incrementos en cada periodo, la cuarta y la quinta corona también exhiben un crecimiento constante lo que reafirma la tendencia de descentralización de la población, los resultados confirman que cada vez se tiende a reducir el desequilibrio entre la población ocupada y el empleo (figura 38).

Figura 38. Variación de la población ocupada residente POR coronas



Elaboración propia

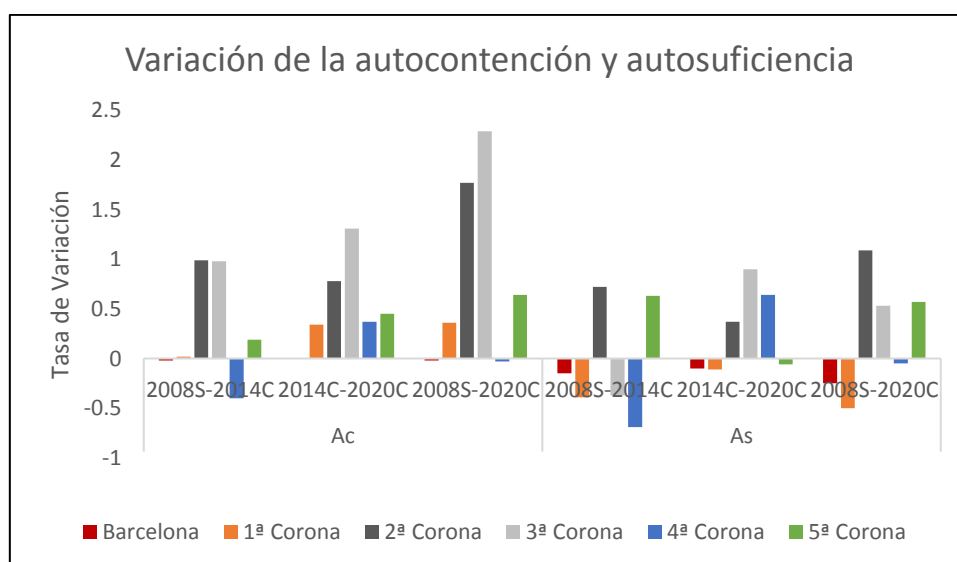
Se aplicaron los indicadores territoriales para los periodos definidos por los años, 2008 *sin*, 2014 *con* y 2020 *con*, la elección de estas condiciones se debe a que se busca comparar la situación actual (2008 *sin*) con los periodos donde ya está operativa la vía (2014C y 2020C). En cuanto a la autocontención (figura 39), los datos por coronas evidencian que para el primer periodo de análisis (2014C-2008S) Barcelona y la cuarta corona presenta disminución en su capacidad de retener su población ocupada, en este sector el municipio que presenta un mejor comportamiento es Sant Just Desvern. Los municipios de la segunda corona no son autocontenidos debido a que ninguno supera el 50%. En la tercera corona los subcentros de empleo experimentan los mayores incrementos en autocontención, en este sector aunque se incrementan la autocontención no sobresalen otros municipios. La cuarta y quinta corona tienen un mayor número de municipios autocontenidos, entre ellos los principales subcentros de empleo, pero también municipios de menor dimensión y los de poco peso demográfico.

En el segundo periodo analizado (2020C-2014C) Barcelona no experimenta ningún cambio, la primera corona se recupera un 0.5% aupada por el crecimiento de Sant Joan Despí, Sant Just

Desvern, Esplugues de Llobregat y Cornellà de Llobregat los otros municipios presentan un comportamiento constante. La segunda y tercera corona crecen 1 y 1.5% respectivamente, en estos sectores sobresale el municipio de Gavà, en este mismo periodo la cuarta y quinta corona también incrementan su POR, todos los municipios de este sector crecen positivamente. Para todo el periodo de análisis (2008S-2008S) considerando la construcción de la B-40 la primera, tercera y quinta corona presentan un crecimiento positivo. Los municipios de quinta corona que más crecen son los ubicados en la comarca del Alt de Penedès.

Llama la atención que Barcelona, la primera y cuarta corona descenden. El mayor descenso lo presenta el denominado continuo urbano donde se asienta gran parte de la población, aun así Barcelona sigue siendo el sector de mayor importancia económica. Respecto a los municipios de la primera corona, presentan cambios fluctuantes, especialmente los municipios de menor superficie se potencian en estos sectores. De otra parte, la autosuficiencia indica que en el primer periodo de análisis el continuo urbano, la tercera y cuarta corona no cubren la demanda de empleo que se presenta en su territorio. La segunda corona y quinta corona cada vez equilibran más su mercado de trabajo. En el segundo periodo se mantiene el comportamiento anterior excepto que la segunda, tercera y cuarta corona presentan un mayor incremento en su tasa de empleo y requieren de población foránea para cubrir esa demanda por lo que hay un mayor incremento de la movilidad en el sector, en la quinta corona hay una disminución de la autosuficiencia.

Figura 39. Variación de la autocontención y la autosuficiencia por coronas para los periodos de análisis.



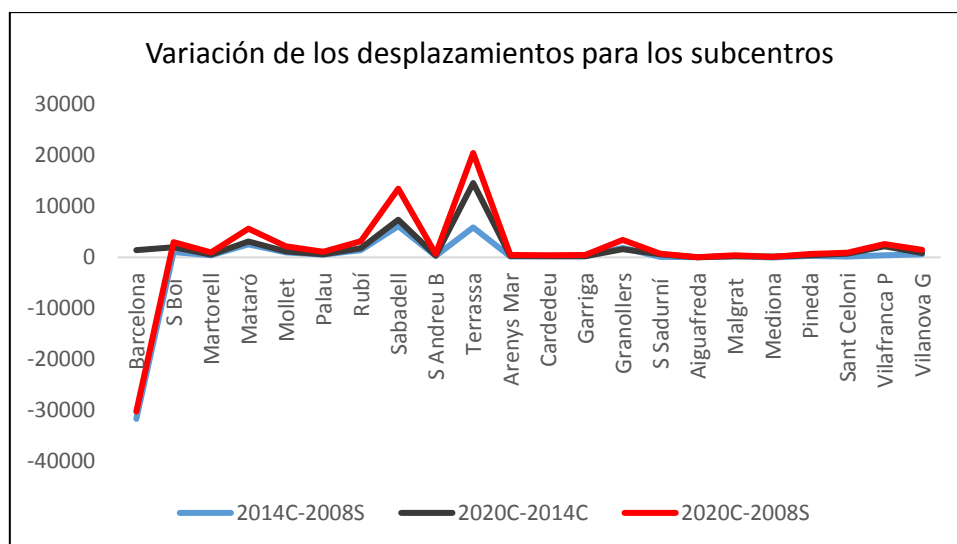
Elaboración propia

Para el periodo total de análisis, se constata que los sectores que más cubren su empleo son la segunda, tercera y quinta corona cuyos resultados reflejan incrementos positivos. El continuo urbano decrece.

- Evolución de la movilidad modelada en los subcentros de empleo

Para el caso de los subcentros de empleo el volumen de desplazamientos en el primer periodo de estudio señala que acogen sobre el 64% de los desplazamientos por trabajo de la RMB, pero sólo contienen el 55% de su ocupación. En el segundo periodo los anteriores valores descienden en un 1% y en el periodo final se mantienen constantes. El subcentro de empleo que más crece es Terrassa y Sabadell, seguido de Mataró, Granollers, Sant Boi, Vilafranca del Penedés y Vilanova i la Geltrú. Los demás subcentros poco, Barcelona disminuye su mercado de trabajo en cerca de 30281 LTL como se observa de la figura 40.

Figura 40. Comportamiento de los desplazamientos en los subcentros para tres periodos de análisis.



Elaboración propia

Tabla 34. Modificación de la autocontención y la autosuficiencia a nivel de subcentro

El cambio producido en autocontención y autosuficiencia (tabla 34) evidencia que sólo Barcelona, Sant Sadurní de Noya y Martorell disminuyen su capacidad de autocontención por efecto de la B-40. Todos los demás subcentros presentan incrementos positivos, sobresale Sant Boi del Llobregat. Respecto a la autosuficiencia se encuentra que seis (6) subcentros no son capaces de satisfacer su oferta de empleo, como Sabadell, Martorell, Terrassa, Barcelona, Cardedeu y Mataró.

Tabla 34. Modificación de la autocontención y la autosuficiencia a nivel de subcentro

2020C-2008S					
Municipio	AUC	AUS	Municipio	AUC	AUS
Barcelona	-0.02	-0.25	Terrassa	0.14	-1.48
Vilafranca	0.9	1.18	Sabadell	1.25	-2.39
Mediona	0.69	0.01	Granollers	2.37	0.78
S. Sadurní	-0.24	0.39	Martorell	-0.11	-1.64
Arenys M	1.18	0.3	Sant A	0.93	2.37
Sant Boi	2.19	0.81	Mollet	1.64	1.68
Mataró	1.49	-0.1	Cardedeu	0.55	-0.22
Malgrat	0.51	0.46	Vilanova	0.55	0.28
Pineda	1.02	0.09	Aiguafreda	0.61	0.14
S. Celoni	0.45	-0.35	La Garriga	0.36	-0.05
Palau	1.65	0.93	Rubí	1.06	0.61

Elaboración propia

El cambio producido en autocontención y autosuficiencia (tabla 34) evidencia que sólo Barcelona, Sant Sadurní de Noya y Martorell disminuyen su capacidad de autocontención por efecto de la B-40. Todos los demás subcentros presentan incrementos positivos, sobresale Sant Boi del Llobregat. Respecto a la autosuficiencia se encuentra que seis (6) subcentros no son capaces de satisfacer su oferta de empleo, como Sabadell, Martorell, Terrassa, Barcelona, Cardedeu y Mataró.

- Análisis a nivel de corredor

En la tabla 6 se pueden observar los corredores de transporte metropolitano definidos para esta investigación. En este apartado se realiza un análisis de los desplazamientos que se producen en estos sectores del territorio. La tabla 36 presenta las principales características territoriales de cada uno.

El volumen de desplazamientos a nivel de corredor de transporte señala que sólo el corredor de Barcelona (corredor central) pierde desplazamientos en el primer periodo de análisis, en el segundo periodo su movilidad se incrementa en un 1.84% y para todo el periodo de 12 años los datos tienden a ser constantes. Contrariamente los otros corredores presentan incrementos considerables de viajes, el sector de servicio de la B-40 que configura el corredor del mismo nombre tiene un incremento de 8.2%, esto es de gran importancia porque este corredor toma parte de los flujos que anteriormente discurrían por el corredor de Granollers (aquí definido como AP-7.3). En todos los corredores se observa un incremento paulatino de los flujos por movilidad laboral.

El comportamiento de la POR para los diferentes corredores indica, que en todo el periodo de estudio se incrementa la capacidad de cada uno de demanda de trabajo, también se observa que el crecimiento en todo el periodo del corredor de Barcelona es nulo, en el primer periodo de análisis tiene un descenso en su POR, en el segundo periodo recupera su crecimiento, pero en todo el periodo de estudio no existe cambio. El hipotético corredor de la *B-40* para todos los periodos de análisis señala un crecimiento de aproximadamente el 18%. Los corredores verticales de la *A-2*, *C-59* y *C-17* presentan un crecimiento entre el 12.5 y el 15% para el periodo de estudio. El corredor de Vilafranca presenta un incremento del 16% que es coherente con los incrementos que se producen en los LTL para el sector de la comarca del Alt del Penedés. El corredor del Garraf o de Vilanova aunque crece, lo hace más moderadamente. El Maresme, incrementa su ocupación en un 4.17%.

La variación de los indicadores territoriales entre los periodos estudiados (tabla 35), señala que en el primer periodo teniendo en cuenta la construcción de la *B-40*, la autocontención disminuye para los corredores de Barcelona y de la *A-2*. La autosuficiencia refleja que los corredores de Barcelona, *AP-7.3*, *C-59*, y *B-40* no son capaces de satisfacer la demanda de empleo que se produce en su territorio.

Para el segundo periodo (2020C-2014C) donde se considera que la autovía está en servicio, los corredores de Vilanova y Barcelona presentan cambios negativos para los dos indicadores territoriales. El corredor de la *B-40* presenta los mayores incrementos tanto de autocontención como de autosuficiencia.

En todo el periodo analizado (2008S-2020C) el corredor de Vilafranca es el que presenta mayor crecimiento en la autocontención y de autosuficiencia. El nuevo corredor de la *B-40* es autocontenido pero no es autosuficiente. Sólo el corredor de la *C-17* presenta equilibrio, el corredor de la *A-2* es más autosuficiente que autocontenido. Los corredores del Maresme y Vilanova son medianamente autocontenidos y poco autosuficientes. Los corredores de la *AP-7.3* y de la *C-59* son poco autocontenidos y poco autosuficientes. Finalmente, Barcelona refleja la disminución de los anteriores indicadores, confirmándose así que está perdiendo población y actividad.

Tabla 35. Variación de los indicadores territoriales entre los periodos de estudio a nivel de corredor

Periodo	2014C_2008S		2020C_2014C	
	AUC	AUS	AUC	AUS
Vilafranca	3.53	1.93	1.07	0.23
Vilanova	19.88	15.08	-18.04	-14.9
Maresme	0.77	0.15	0.82	0.31
Barcelona	-0.59	-0.53	-0.25	-0.41
AP-7.3	0.11	-0.37	1.02	0.75
C-59	0.12	-0.04	0.8	0.64
C-17	0.65	0.67	0.57	0.43
B-40	0.24	-1.2	1.07	1.04
A-2	-1.18	0.2	0.34	0.15

Elaboración propia

El análisis de los flujos para los corredores señala que el corredor de Vilafranca, de la AP-7.3, de la C-59, C-17 y A-2 presentan incrementos de movilidad del 11 al 17%. El corredor de Barcelona es el único que decrece en los periodos analizados. El corredor del Maresme y de Vilanova i la Geltrú tienen incrementos entre 7 y 9%. Para el periodo total de análisis los corredores reducen hasta el 17% sus viajes a Barcelona, excepto el corredor de la B-40, la C-17 y la A-2 que para todo el periodo de análisis incrementan un 2% los viajes a Barcelona. Los desplazamientos al interior de los corredores se incrementan siguiendo la lógica de los resultados hasta ahora obtenidos, nuevamente el descenso se observa en el corredor central o de Barcelona. Los corredores que presentan un índice de cohesión mayor de 50% son los del Maresme, Vilafranca, Vilanova, la B-40 y la AP-7.3 y configuran áreas de influencia de incidencia alta porque además presentan bajos valores de dependencia funcional, en estos corredores el índice de dispersión es menor que el índice de cohesión, esto evidencia la fortaleza de los subcentros presentes en ellos. Barcelona tiene un alto índice de cohesión interna pero sus valores de dependencia funcional son muy altas, así que, se considera que configura un área de influencia media. Los corredores radiales de la C-59 y de la C-17 presentan valores de cohesión por debajo del 50% y aunque sus valores de dependencia funcional son bajos el área de influencia de estos corredores es baja y presentan un índice de dispersión alto.

En conclusión, se puede decir que la construcción de la B-40 en la *centralidad de la RMB* no ejerce ningún efecto que ya no este asumido por la red viaria que configura el territorio. Así, la modificación del sector central por efecto de la red viaria se traduce en el incremento de la densidad y la población del sector.

En cuanto al *efecto de la distancia en los patrones de movilidad*, Las principales características de los nuevos patrones de movilidad, evidencian un cambio en los índices territoriales de autocontención y autosuficiencia que señalan un desplazamiento de la población hacia las coronas más exteriores de la RMB. Así como también, muestran el fortalecimiento de los

principales subcentros económicos de cada sector de lo que da cuenta el análisis de los corredores de transporte para la situación con *B-40*.

A pesar de que las coronas metropolitanas especialmente se caracterizan como espacios en los que se generan viajes y Barcelona como el espacio que atrae gran parte de los mismos, el análisis utilizando una división sectorial de corona permite matizar esta aproximación inicial. Existe una diferencia notable entre las coronas y Barcelona. En las primeras el cociente entre empleo y los ocupados residentes para los diferentes periodos es menor que 1, mientras que para Barcelona en todos los periodos es del orden de 1.4. Ello refleja que Barcelona continua siendo el principal lugar de trabajo de la RMB que necesita importar trabajadores de los otros sectores y es la mayor generadora de movilidad. Por el contrario, el resto de las coronas metropolitanas se consolida como un gran espacio que genera viajes, aunque, la tendencia sea equilibrar sus mercados de trabajo y ocupación.

A nivel de municipio, la movilidad en general refleja que la mayoría de municipios incrementa sus lugares de trabajo y en grado menor la ocupación, por ello en la RMB existe un elevado número de municipios que no son autocontenidos.

Tabla 36. Características de los corredores de transporte

Periodo	Características Territoriales			2008			2014			2020		
				LTL	LTL	POR	LTL	LTL	POR	LTL	LTL	POR
Movilidad	Area	Población	Densidad	SIN	CON	SIN=CON	SIN	CON	SIN=CON	SIN	CON	SIN=CON
Vilafranca P	678	149707	221	42310	44169	49044	43543	45448	50737	49684	51727	56779
Vilanova G	260	217455	837	40160	40158	72158	42130	42129	73768	44874	44873	77562
Maresme	401	428570	1068	127071	127060	152684	133880	133870	158770	141819	141812	166304
Barcelona	538	3187452	5922	1392752	1390992	1258992	1371974	1370242	1238606	1397197	1395417	1257632
AP-7.3	360	67120	186	16471	16514	20843	17191	17236	23444	18779	18833	23444
C-59	285	78358	275	27519	27282	28415	29528	29277	30100	32266	31991	32717
C-17	163	116015	712	36330	36047	46288	39293	39001	49460	41987	41679	52441
B-40	573	779771	1360	239608	241609	287861	256745	258830	304410	286472	288654	338402
A-2	212	209028	988	58948	56926	77964	62928	60727	82855	67145	64747	87839

176

Elaboración propia

Área= km²

Población= LTL = Miles

Densidad= km²/población

LTL (lugares de trabajo localizados)

POR (población ocupada residente) es igual para la situación *sin* y *con*

Los anteriores corredores de transporte se definen considerando la B-40 y se analizan utilizando los datos de la situación *con* trazado

4. 3 Análisis del cambio en el policentrismo por la construcción de la B-40

En esta *parte* se interpreta el cambio en el policentrismo considerando la hipótesis de partida de esta investigación que asume que la RMB es policéntrica, hipótesis asumida considerando los innumerables estudios realizados sobre el tema y que en esta investigación condiciona la propuesta de metodológica.

Considerando que el concepto de policentrismo morfológico está relacionado con el cambio en el tamaño y la ubicación de los centros y que por lo general, estas características son difíciles de alterar o, que los cambios que se producen a este nivel son menores y no pueden ser calificados como positivos o negativos y teniendo en cuenta además, que en esta investigación se evalúa un proyecto que no se ha puesto en servicio aún, es decir, que no existen datos de seguimiento que indiquen cambios de tipo morfológico (evolución de la población y de la actividad económica que pueda producirse), la información que se va a analizar es la movilidad que da cuenta de los desplazamientos laborales que se producen al interior de la RMB, por ello se opta por un análisis de tipo funcional.

El comportamiento de los flujos, señala importantes cambios en la conectividad, cualidad de la que depende en gran medida el policentrismo funcional. De acuerdo con lo expuesto anteriormente se elige una serie de indicadores que están relacionados con la red de transporte y la conectividad que esta proporciona. Los indicadores a los que se hacen referencia son el indicador de Green, que utiliza la teoría de grafos y considera la interacción entre los nodos, el indicador de Shannon que utiliza los principios de la entropía y el indicador de potencial de accesibilidad en función de la mejora de la conectividad.

Finalmente, para los análisis de los resultados de la accesibilidad se aplica los indicadores territoriales ya utilizados en la anterior etapa.

Los resultados obtenidos en esta segunda parte tratan de dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Qué cambios en la estructura urbana reflejan los indicadores utilizados para evaluar el policentrismo?

4. 3.1 Cuantificación del policentrismo funcional utilizando el indicador de Green

Las investigaciones realizadas para la actual RMB señalan que el índice de policentricidad de Green alcanza un valor de 0.297811648. La definición teórica de este indicador y los diferentes estudios realizados para la UE indican que el anterior valor denota que la RMB está caracterizada como policéntrica. Aplicando el indicador de Green con los patrones de viajes obtenidos de la etapa de modelación y que incluyen el trazado de la B-40, se obtienen los datos consignados en la tabla 37.

Para el primer año de análisis 2008 *Sin* los resultados son coherentes con los ya existentes de otras investigaciones, el indicador no presenta cambio. Los datos de movilidad para 2014C

considerando el proyecto señalan que no existe un incremento importante en el valor del indicador, para el año 2020C el indicador presenta cambio hasta alcanzar el valor de 0.318628609 que indica que aumenta el policentrismo en la RMB.

Tabla 37. Valor del Indicador de Green para los periodos de análisis a nivel de la RMB

Periodo	2008S	2014C	2020C
RMB	0.297811648	0.299764029	0.318628609

Elaboración propia con base en los datos de movilidad modelada.

- Indicador de Green a nivel de coronas metropolitanas

El objetivo de aplicar el indicador de Green a diferentes escalas territoriales al interior de la RMB es observar que partes de ese territorio desarrollan más policentrismo. Para el análisis por coronas a igual distancia, se agrupa Barcelona con los municipios de la 1ª corona y los municipios de la 2ª corona en un solo sector; las demás coronas constituyen por si mismas un ámbito territorial. El análisis se aplica para los años 2008S, 2014C y 2020C. Los resultados indican que Barcelona, su continuo urbano y la segunda corona no presentan cambios considerables en el valor de su policentrismo que se mantiene constante en 0.1991 por el nuevo eje viario; el sector de la tercera muestra un pequeño incremento de 0.1196 a 0.1206; la cuarta también señalan una tendencia en el crecimiento del índice pasan de 0.1644 a 0.1718 y quinta corona cambia de 0.1882 a 0.1939. Para el caso de los subcentros el indicador de Green se mantiene constante a pesar, que en ellos se produce el 64% de los desplazamientos.

- Green a nivel de Corredores

A nivel de corredores de transporte el indicador de Green refleja, que los corredores de Barcelona, de la C-17 y de la B-40 incrementan el policentrismo en el periodo total de análisis. Mientras que, se da un ligero descenso del valor del policentrismo en los corredores de Vilafranca y Maresme que para cada uno de los periodos de análisis muestran un valor de 0.22 aproximadamente. El corredor de Vilanova no presenta cambio, los corredores de la A-2 y de la AP-7.3 presentan el mayor descenso en el valor de Green.

En *síntesis*, a nivel de la RMB se confirma el incremento de la densidad de flujos traducido en una mayor movilidad. Los resultados por coronas, dan cuenta que la nueva distribución de flujos es más densa a partir de la tercera corona, es decir existe un mayor incremento en los enlaces de ese sector. A nivel de subcentros se hace evidente que el comportamiento de la densidad de los flujos es constante en el periodo analizado, lo que sugiere un incremento de densidad de su hinterland como lo confirma el análisis de corredores.

4.3.2 Aplicación del indicador de Shannon

La variación de los lugares de trabajo LTL y de la concentración de la ocupación dibujan tendencias estructurales que se pueden cuantificar, el índice de entropía de Shannon valora la intensidad de los movimientos, así es posible evaluar el papel que juega la localización de los orígenes de un lado y de los destinos de otro. El índice se aplica para el periodo 2008S y 2020C. Para los destinos el índice cambia de 2.157 a 2.312; para los orígenes el cambio es 2.406 a 2.512. Los resultados obtenidos confirman el aumento de la movilidad, se observa que tanto orígenes como destinos aumentan, ello indica que se dibuja una estructura que tiende al policentrismo.

4.3.3 Indicador de Accesibilidad

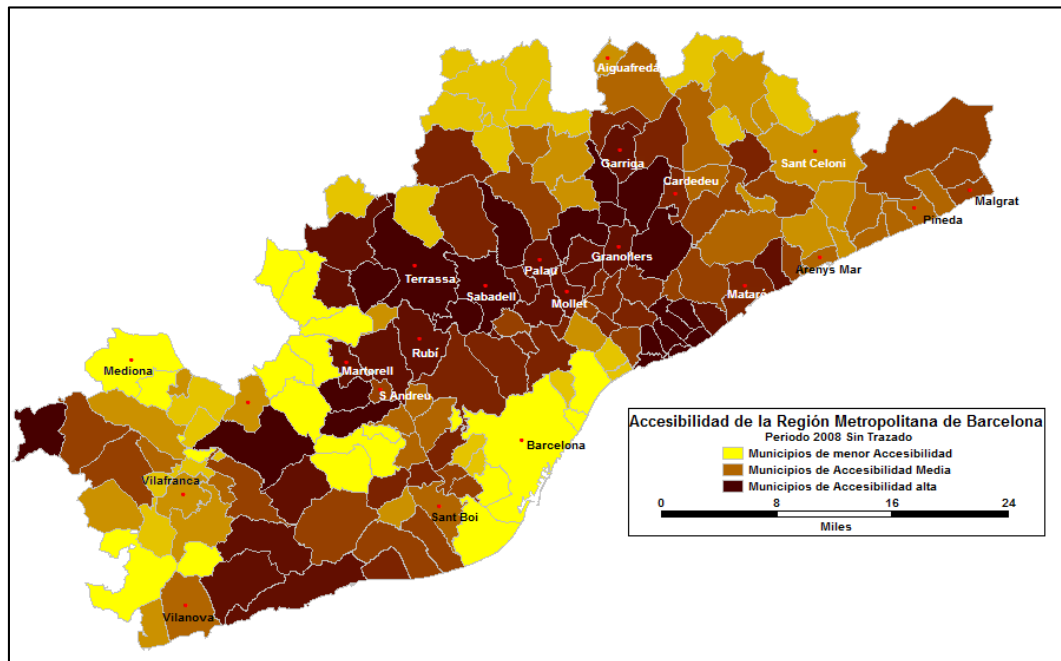
El indicador de potencial de accesibilidad se aplica a tres ámbitos territoriales diferentes. Se analiza a nivel de toda la RMB, a nivel de subcentro y a nivel de corredor de transporte. La accesibilidad se refiere al tamaño de los flujos de población y expresa la conectividad inherente al policentrismo.

- Comportamiento de la accesibilidad a nivel de la RMB

El efecto de la distancia en la accesibilidad de la RMB, se debe especialmente a la variación de las relaciones de conectividad anteriormente expuestas. La figura 41 muestra la modificación de la accesibilidad en el periodo 2008S-2014S por efecto de la variación de los flujos que en todo momento se calcula en función de la localización de los nodos y del volumen de LTL. Como se observa Barcelona está en el sector que experimenta menor cambio en accesibilidad, por el contrario los municipios situados en el denominado corredor de la B-40 (30 – 40 Km de Barcelona) muestran los mayores valores de accesibilidad.

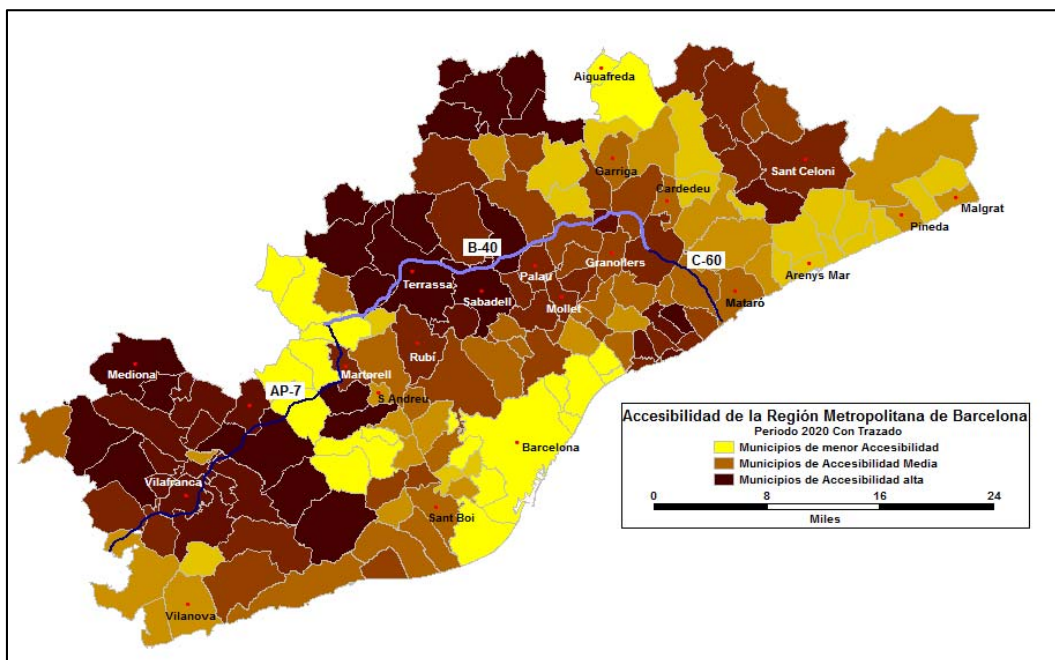
Para el periodo 2008S-2020C (ver figura 42) se observa que con la construcción de la B-40, la accesibilidad se incrementa en los municipios más periféricos de la RMB siguiendo el trazado del corredor que configura con la AP-7 en el sector de Vilafranca y la AP-7 en el sector del Vallès Oriental. La mayoría de municipios de mayor cambio se caracterizan por ser de poco calado demográfico. En el sector del Alt del Penedès muchos municipios de menor dimensión obtienen importantes incrementos de accesibilidad. Barcelona y su continuo urbano son los que menos cambios experimentan.

Figura 41. Accesibilidad de la RMB para el periodo 2008S *sin* trazado



Elaboración propia

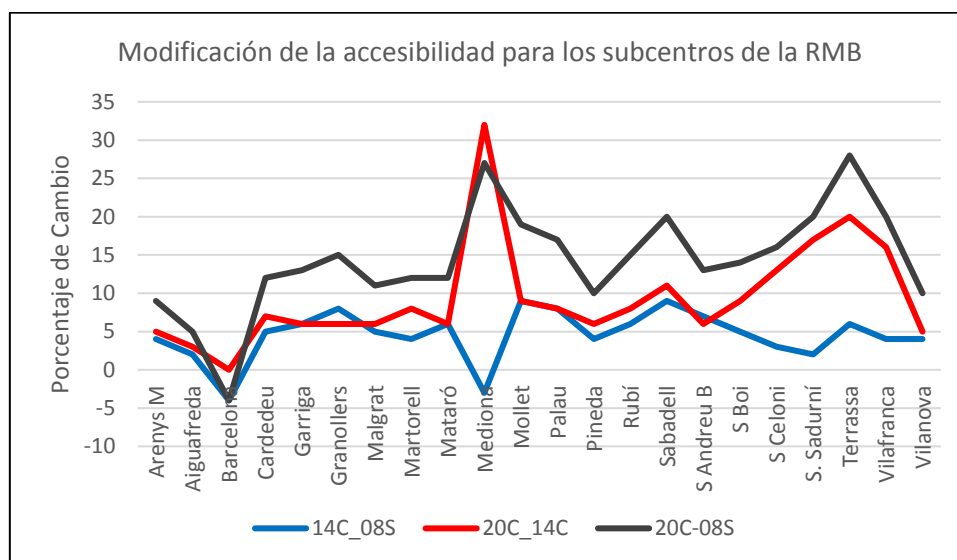
Figura 42. Accesibilidad para la RMB para el periodo 2020 *con* trazado



Elaboración propia.

A nivel de subcentros, los datos señalan que Barcelona reduce su accesibilidad en un 3.7% para todo el periodo de análisis. Esta reducción es constante entre los periodos intermedios desde la construcción de la B-40. Terrassa dentro de grandes subcentro presenta un incremento del 28% en accesibilidad, seguido por Sabadell, y Granollers con 21 y 14.5% respectivamente. Respecto a los subcentros de las comarcas más exteriores de la RMB el mayor incremento lo experimenta Vilafranca en el Alt del Penedès y Vilanova en el Garraf con 20 y 10% cada uno. Los subcentros de la comarca del Maresme experimentan cambios del orden del 12-15%. Dentro de los subcentros de menor tamaño demográfico sobresale Mediona en el Alt del Penedès con cerca del 27% (figura 43).

Figura 43. Modificación de la accesibilidad por la construcción de la B-40 a nivel de subcentro



Elaboración propia aplicando el indicador de potencial de accesibilidad

Cualquier cambio en la accesibilidad implica un efecto directo de la B-40 y es un indicador de conectividad importante que es un indicador importante de complementariedad y cooperación entre ellos.

El Corredor de Vilafranca está constituido en su mayoría por municipios de poco tamaño demográfico que en su mayoría experimentan un crecimiento sobre el 25% de accesibilidad. Los únicos municipios que en ese sector presenta un crecimiento negativo son Gélida Cervelló y Vilobí del Penedès. Municipios como Corbera de Llobregat incrementan su accesibilidad en un 129%. El principal centro de trabajo del sector que es Vilafranca del Penedès presenta un crecimiento de cerca del 30% en accesibilidad.

En el Corredor de Vilanova el municipio que más incrementa su accesibilidad es Begues que se encuentra muy cerca del corredor A-2. Castelldefels y Sitges logran incrementos del 14.5 y 12.3% respectivamente. El municipio más exterior de la RMB que es Cubelles alcanza un 4.64%. El municipio de Sant Pere de Ribas crece en un 12% y Vilanova que es el principal subcentro y el más grande a nivel demográfico en el corredor crece sobre el 10%.

En el Corredor del Maresme los municipios de mayor accesibilidad corresponden a aquellos que están sobre la zona costera, en esta franja hay una densidad viaria considerable. Los municipios interiores de la zona presentan descensos en el nivel de accesibilidad. Mataró que es el subcentro más grande crece sobre el 12% lo mismo que Malgrat y Pineda de Mar.

El Corredor de Barcelona es el que menos se ve favorecido por la construcción de la B-40. En este sector once municipios presentan un descenso en su nivel de accesibilidad, entre ellos está Barcelona que es el principal centro económico de Cataluña y de la RMB por consiguiente. Los otros municipios que disminuyen su accesibilidad son Badalona, Hospitalet, el Prat de Llobregat y Santa Coloma de Gramenet. Los otros municipios menos accesibles son de pequeña dimensión y en poca población. Son además, municipios que no poseen un gran mercado de trabajo. Los municipios que más crecen en este sector lo hacen sobre el 25%. Sant Cugat del Vallès y Cerdanyola del Vallès presentan un crecimiento de 15% aproximadamente en accesibilidad. Los municipios que menos crecen están ubicados en la comarca del Baix del Llobregat y pertenecen a la primera corona. Los que más crecen están ubicados en la zona central del corredor y tienen acceso a la B-30 y a la AP-7.2.

En el Corredor de la AP-7.3 los municipios tienen un incremento sobre el 12%, estos valores son muy importantes porque en esta zona se da paso al resto de la RMB hacia el norte. El principal municipio de este sector es Sant Celoni que gana un 10% de accesibilidad.

El Corredor de la C-59 también conocido como el corredor de Caldes Montbui presenta un incremento en los valores de accesibilidad considerable, la importancia de este corredor radica en que es de tipo radial y trae todo el tráfico de los municipios de la 5ª corona del sector del Vallès Oriental a la zona central de la RMB. El subcentro presente en el sector es Palau de Solità i Plegamans crece sobre el 18%.

Corredor de la C-17 En esta zona el municipio que más crece es Mollet del Vallès que es un subcentro de empleo, los que menos incrementan su accesibilidad son los municipios más exteriores como Tagamanent, y Aiguafreda.

Corredor de la B-40 Esta franja contiene los tres subcentros más grandes de la RMB. Todos ellos, presentan un incremento positivo del nivel de la accesibilidad sobre el 16%. También hay dos subcentros más como Rubí y Palau que también aumentan su accesibilidad. Los demás municipios tienen un crecimiento de cerca de 9-13%. El municipio que más crece es Viladecavalls.

Corredor de la A-2 En este corredor se encuentran tres subcentros Martorell, San Andreu de la Barça y Rubí, todos incrementan su accesibilidad en más de 15%. El municipio de Abrera es el

que presenta un menor cambio, a pesar de ser en este sector donde se articula la B-40 con la A-2.

En *síntesis*, los indicadores utilizados para cuantificar la modificación del policentrismo sugieren que existe algún cambio de los parámetros urbanos de la RMB por la modificación de la distancia. Particularmente, el indicador de Green para el conjunto de la RMB presenta un ligero incremento que se debe a la mayor densidad de flujos. Más interesante aún es el resultado para las coronas a igual distancia de Barcelona que confirman que existen sectores en los que la nueva configuración de viajes crea redes más densas que reflejan un incremento de las relaciones de tipo horizontal que caracterizan el policentrismo. La accesibilidad muestra un comportamiento positivo pues, un alto porcentaje de núcleos urbanos incrementa su valor para el periodo de estudio, además, el análisis señala que son los núcleos de menor dimensión y peso demográfico los que más se benefician, y que además se encuentran ubicados en los sectores más externos de la RMB. Llama la atención que aunque Barcelona no presenta una tasa de incremento importante continúa siendo el sector más accesible de la RMB, ello afirma la capacidad articuladora de los medios de transporte con la ciudad central.

Respecto a la metodología aplicada, a pesar de tratarse de sólo indicadores, los resultados indican que permite hacer un acercamiento a la estimación de posibles cambios en el territorio por efecto de la construcción de un eje viario. La metodología se ajustó a la situación de análisis, la única información con la que se contó es la movilidad producto de la modelación de una situación futura.

Conclusions

The processes developed in this study to evaluate the effect of the construction of transport infrastructure in the polycentric structure of the BMR, plus the results generated by the application of the methodology outlined in Chapter 2 and entered in Chapter 4 were involved. It specifies the review of the literature on the effects of transport infrastructure and urban structure. From this, a relationship between transport infrastructure and polycentrism based on changing mobility patterns produced by the change in distance between the different towns of the RMB due to the construction of the B-40 was defined.

The result of the review of the previous part is presented in Chapter 1 which additionally contains the main theoretical concepts used in developing the methodology and a review of previous studies developed on the subject.

Chapter 2, in addition to exposing different methodological questions and the characteristics of the databases used, also points out the major differences between them. Chapter 3 for its part, in addition to informing the reader of the evolution of the territorial dynamics of the current BMR, made an effort to show the evolution of the formation of the current territory and the road network that configures, from the point of view of territorial and roads planning.

Before explaining the results and forth in Chapter 4, it is important to show the contribution of the previous chapters.

In particular, Chapter 1 in its first part developed for this research the relationship between transport infrastructure and polycentric urban structure. The first reference to this relationship is found in the regional planning documents of the EU. Specifically, the ETE intends to use polycentrism as a channel to achieve territorial cohesion and it recognizes the capacity of backbone transport infrastructure especially roads high capacity. From there, various researches have been conducted to study the polycentric, but their relationship with the infrastructure has not been addressed directly, it is more on the side of the transport key EU documents not directly raise the issue, although they give a number suggestions about that show the importance of infrastructure in the balance of the territory. At this point the relationship between urban structure and transport infrastructure is presented in Figure 5, it was able to link changes away with changing mobility patterns using two territorial features connectivity and accessibility sought.

In short, there is a relationship of interdependence between polycentric spatial development and transport infrastructure networks, particularly roads. According to which the gradual modification of the urban structure depends on the level of change that occurs in connectivity and accessibility territorial characteristics, which in turn, also depend on other external to transport infrastructure factors. That is, the construction of a new road infrastructure itself does not cause polycentrism.

As for the state of the art we can say that there have been numerous investigations to explain the effect of transport infrastructure in the territory, more particularly few studies analyze the effect of infrastructure on polycentricity. Generally developed research assessing the effects on

the urban structure from changes in location of economic and residential activity that produces road transport infrastructure; from the variation of territorial dynamics (urban form) and from the transformation of the morphology of cities (centrality). Another important aspect observed in previous studies is that the predominant approach is hierarchical. The review of the studies referred to polycentrism particularly evidenced by the dramatic change of approach, the proposed methodologies are designed to assess horizontal relationships that occur in the territory.

Particularly the studies cited and focused on the analysis of the effect on the polycentric infrastructure road transport striking developed by (Seitanidis et al. 2009) and (Song 2014) for the northern region of Greece and ten mega regions Chinese respectively. Previous research using different methodologies, but have a common starting point, that is, they perform a comparison for different time periods and thus evaluate the changes. In the case of the Greek study analysis it uses a series of indicators of morphological and functional polycentric type and then makes a comparison of the results obtained. The study conducted in China applied econometric models type for two different periods and evaluates changes. The results of these works cast are consistent with the respective urban reality analyzed because they use real data and evaluate projects already developed and put into service, show that effectively changing patterns of mobility, accessibility and connectivity modifies the structure of the territory.

In Chapter 3, the case study was presented in the first part of an approach to the definition of the current administrative level and evolution of polycentrism of the BMR from urbanism and own intellectual field of each period was performed. Besides a historical overview on the development and training of the existing road network and its relationship with the territory it was conducted. Later, in the second part of this chapter it explains in detail the case study, the importance of the path from planning highways and from different social actors, their territorial scope and a diagnosis of the main dynamics of the current BMR develops.

Regarding the administrative level of the current BMR, three distinct historical periods are observed. The period prior to 1932 in which different administrative divisions are appreciated and where intellectual debate revolves around the relationship between Barcelona and the rest of Catalonia. In 1932 published the Regional Planning of the Rubio brothers Tudurí which clearly the notion of decentralization is resumed, this document begins the planning application to explain the transformation of the territory. In the period between 1932 and 1976 and coincides with the Franco era the debate on the polycentric limited to the urban area, at that time the regional plan of 1953, the provincial plan of 1959 and the Master Plan of Greater developed Barcelona 1966 in which chose in some way by the polycentric development.

Since 1976 the Metropolitan General Plan, at territorial level increased decentralization and dispersal of the population and activity in the territory culminating in 1996. From that year increases seen immigration is published, the old kernels again capture population which generates a new modification of territorial hierarchies. In the field of research, the study of the metropolitan dynamics, integration of space, dissemination of services and full predominance of the forms of urban life throughout the country in accordance with (Nel.lo 2013b, p.327) Finally, in 2010 Barcelona Metropolitan Territorial Plan (BMTP) is approved. The scope of the

plan includes the regions of Alt Penedès, Baix Llobregat, Barcelonès, Garraf, Maresme, Vallès Occidental and Vallès Oriental, covers an area of 3,236 square kilometers distributed among 164 municipalities that set the scope of the current RMB.

Depending on the territory-related infrastructure and planning changes resulting from the same formation of the road network is analyzed (Navas i Ferrer 2012). Four stages are distinguished. In the first stage the main lines connect Barcelona with the urban system located from 40 to 60 km away; a second stage that seeks to improve the connection between the nearest territory; a third stage develops according to the capillarity and territorial balance and a final stage whose actions are performed on a metropolitan scale.

The case study is presented in the context of road planning. History shows that over time has experienced changes concerning the location, type and territorial functions, finally defined from the territorial planning.

Finally in the last part of this chapter, an analysis of the different territorial dynamics that allow characterize the BMR is presented. The demographic analysis shows that although Barcelona and major cities of the RMB grow, foreign crowns and smaller size municipalities are those with a greater increase in population.

The dynamics of housing supply show that the main new or retrofit housing draws a pattern of decentralization. The largest increase in housing in the period of analysis occurs in the third and fourth crown. Overall growth sectors lower housing stock are the first crown and Barcelona. The second residence for the reconversion process in primary residence has fallen especially in the fourth and fifth metropolitan area, throughout the period of analysis of second homes has fallen about 6%.

Employment performance reflects the outermost crowns of the BMR are growing steadily and sustained manner, specifically being strengthened emerging sub termed as Mediona, Vilafranca, Vilanova and Sant Celoni located in the counties of Alt Penedès, Garraf and in the outermost areas of Vallès Oriental. The evolution of the activity confirms previous findings, analysis by primary sectors suggests the service sector growth across the BMR. In the crowns located 10 km from Barcelona the service sector accounts for over 70% of employment in Barcelona reaches 84%. Starting against the industry decreases gradually. For twenty years of analysis Barcelona presents a decrease of approximately 19%, a trend that continues for the other crowns BMR.

Regarding mobility, modal analysis of evolution indicates that in twenty years has increased up to approximately 112.58%; it went from 691,510 in 1981 to 1,470,005 travel trips in 2001. The use of private vehicles has increased by 21%, while public transport experienced a decrease of 2% and non-motorized transport decreases approximately 18%. The analysis for the interim periods certifies the gradual decline in public and non-motorized modes.

Regarding the behavior of displacement data indicate that for EMQ BMR average person makes about 3.41 trips on weekdays and 2.39 on holiday. Working day in 45.5% of displacement was performed using a non-motorized mode, private transport 35.8% and 18.6% public transport. For the holiday (Saturday and public holiday) the use of private transport increases to 44.7% and decreased use of public transport 11.1%.

The intra-municipal journeys are made using generally non-motorized means and intercity trips are made mostly by private transportation finally in BMR 68.44% of total trips per day of Catalonia develops.

Evolution of self-restraint and self-respect of the activity shows that the municipalities in the first crown for any of the periods of analysis than 50% of self-contained, in this area the greatest increase is in the Prat de Llobregat. In the second crown the municipalities are self-contained, the Masnou, Sant Boi de Llobregat, Tiana and Viladecans with values of 55, 53, 61 and 55% each. Although, for the entire period of analysis Sant Boi de Llobregat and Viladecans have a sustained decline of about 2 and 3%, respectively, following the general trend of this strip of territory.

In the third crown the most self-contained towns of the RMB is located, it is the case of Mataró, Sabadell and Terrassa, sub main job of the RMB. The fourth title is the one with the best data of self-restraint as a whole, it is very important because it is the sector where the greatest impact is expected B-40. Municipalities as Abrera, Caldes of Montbui, la Garriga, Granollers, Sant Llorenç Savall and Sant Sadurní of Anoia present values of over 50% self-restraint.

With regard to self-sufficiency, the data show that Barcelona needs about 34% of foreign population to cover the employment rate generated in the first crown all municipalities are self-sustaining, the highest percentage of self-sufficiency is for Badalona and Santa Coloma de Gramanet . The second crown is the most people need to fill their jobs. The third crown presents the highest values of self-sufficiency of the RMB, 7% of municipalities have equal or higher values than 80%, 35.6% of municipalities with values between 60 and 80% and the remaining 57% values ranging from 16 and 60%.

As for the residential mobility, the consultation document notes that there is an increase in intra-metropolitan mobility 53% within five years and that these changes are independent of the distance.

For the latter, land cover changes aforementioned states. For all the BMR in the period between 1991 and 2000 the urbanized area approximately 11.73%, the largest increase occurs in the second and third crown increases.

In summary, the study of territorial changes the scope of study evidence for the periods analyzed has intensified the decentralization of population and economic activity, indicative of a high metropolitanization process. It is noted that in the crowns from 20 km from Barcelona increases the demand for housing, in contrast to the increase in employment. This leads to increased labor mobility especially type that favors the use of private vehicles. Regarding Barcelona and its urban continuum, for all periods analyzed it is found that it has reduced its capacity in all aspects analyzed, and still remains the largest sector concentration of activity and occupation of the BMR.

With relevance to the application of the methodology and the use of techniques, to analyze the effect of the B-40 construction in the BMR polycentric urban structure. Its results are set forth in Chapter 4, and three contributions were achieved with respect to previous studies on the subject in general and in particular on the study area.

The first contribution concerns the effect of distance on the BMR centrality. The results obtained indicate that the BMR central sector does not show major change by the insertion of a new road axis, that is, the trend drawn by the territory is preserved. The particular changes observed are related to the inclusion and exclusion of some municipalities. This is the case of Montornès del Vallès, Santa Maria de Martorelles and Rubí, that are part of the central sector from a geographical point of view, but they are not in this central sector as a result of road networks. They are replaced by the municipalities of Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet and Lliçà de Valls. This territorial evolution means that the population of the central sector increases by 2% and its surface increases by 3.6%, which means that the centrality of territory expands.

Another interesting and unique contribution of the study case is that the analyzed highway fulfills with the objectives proposed by the PTMB for infrastructure and set forth in section 3.4.4. Besides, it reflects the territorial function assigned when uniting the different urban systems of Vallès Oriental, Vallès Occidental and Baix de Llobregat and it sets up a metropolitan corridor in the area named second crown of Barcelona.

The modification of distance is of a residual nature and is due to the proximity to the path. Under these conditions, the sector presenting major changes corresponds to the location of the belt, which includes the municipalities in Vallès Oriental, Vallès Occidental and Baix Llobregat directly crossed and those in their surroundings that are the ones in the most exterior part of the BMR Northwest sector. The minor effect by changing the distance is noted in the municipalities located along the Mediterranean coast in Maresme, Barcelonès, Baix Llobregat and Garraf and in the municipalities of Alt Penedès.

The belt territorial effect is due to the coordination of the various road networks that facilitates and that translates into changes in connectivity. This phenomenon is displayed in the municipalities located in the regions of Alt Penedès and el Garraf. Even if they do not show any significant changes in distance, they are highly favored by the new road link. This is due to the direct communication with the municipalities located on the other side of the BMR through the corridor formed by C-15, AP-7, B-40 and C-60 that reaches about 140 km. These highways are articulated through two links.

The first link occurs at the height of Abrera, where the B-40 is connected to the A-2 on a stretch of about 7 km until Martorell. There the A-2 joins the AP-7 to serve the municipalities in Alt Penedès located on the fourth and fifth crown (municipalities that are 40 km far from Barcelona) and to communicate the BMR to the rest of Spain toward the south. At the height of Vilafranca del Penedès, AP-7 is connected to the C-15 and gives way to traffic coming from Vilanova i la Geltrú in that direction.

The second link is located at the height of the Roca del Vallès, at that point the B-40 is connected to AP-7 and C-60. The connection to the AP-7 facilitates communications between Vallès Oriental until the most exterior part of Sant Celoni. The link with the C-60 leads directly to Mataró, connecting municipalities in interior Catalonia with the coastal edge in Maresme. Finally, the B-40 facilitates the links with transverse axes such as C-58, C-59, C-17 and N-152a, eliminating the trips that are made through different urban centers.

The second contribution refers to the effect of distance on mobility patterns. The main characteristics of the new mobility patterns show a change in the territorial rates of self-containment and self-sufficiency that indicate a shift of population to the crowns in the BMR most exterior part. It also shows the strengthening of key economic in each sector's main sub-centers, which the analysis of transport corridors accounts for the situation with B-40, which confirms that there are sectors independent from Barcelona, which have influence areas of high functional impact.

Although the metropolitan crowns are especially characterized as spaces in which travels are generated and Barcelona as the space that attracts a big part of them, the analysis using a sectoral crown division can qualify this initial approach. There is a noticeable difference between crowns and Barcelona. In crowns, the ratio between job and residents having a work for different periods is less than 1, while for Barcelona in all periods is of 1.4. This reflects that Barcelona is still the main place of work of the BMR, that the city needs to import workers from other sectors and that it is the largest generator of mobility. In contrast, the rest of metropolitan crowns have established themselves as a large space that generates trips, although a tendency to balance their labor markets and occupation if we note the evolution for the analysis period of 12 years of self-restraint is observed and self-sufficiency.

The third contribution is focused on the assessment of functional polycentrism. Using the techniques of network analysis suggests that commuting increased throughout the period 2008-2020, resulting in an increase of 4.06% intercity movements. Therefore, an increase in density of displacement is registered, which causes an increase in connectivity. Besides, it indicates that the number of links has increased in certain sectors and we note that there are still areas of the BMR in which there is not a high degree of functional interaction. We also verify that some municipalities in the BMR have a minimum commuting, that means that they have little labor market and employment. Analysis crowns suggests that the new travel distribution is more balanced and the clear decline in the main core in favor of the more peripheral sectors of the BMR confirms the decentralization process that is taking place within the scope of analysis.

Shannon index confirms the mobility behavior and suggests that a strengthening of the polycentric derivative inflows or destinations is produced, compared to the one produced by the origin flows and destination flows.

As regards accessibility, the modification of this indicator throughout the period of analysis confirms the change in connectivity by modifying the distance. As for distribution, the results obtained suggest that the sectors that increase accessibility the most are the municipalities located in the belt service sector and in the municipalities in the most exterior part in the BMR to the detriment of the central municipalities that do not have significant changes in accessibility by effect of friction for distance, it is important to note that we are talking about the rate of change in accessibility.

CONCLUSIONES

Los procesos desarrollados en esta investigación para evaluar el efecto de la construcción de una infraestructura de transporte en la estructura policéntrica de la RMB, además de los resultados generados por la aplicación de la metodología expuesta en el capítulo 2 y consignados en el capítulo 4 implicaron, la revisión específica de la literatura referente a los efectos de las infraestructuras de transporte y la estructura urbana. A partir de ello, se definió una relación entre infraestructura de transporte y policentrismo en función de la modificación de los patrones de movilidad producidos por el *cambio en la distancia* entre los diferentes núcleos urbanos de la RMB debido a la construcción de la B-40.

El resultado de la revisión de esta parte previa se presenta en el capítulo 1 que adicionalmente, contiene los principales conceptos teóricos utilizados en el desarrollo de la metodología y una revisión de los estudios previos desarrollados sobre el tema.

El capítulo 2, además de exponer las diferentes cuestiones metodológicas y las características de las bases de datos utilizadas, también señala las principales diferencias entre ellas. El capítulo 3 por su parte, además de informar al lector de la evolución de las dinámicas territoriales de la actual RMB, hizo un esfuerzo en mostrar la evolución de la formación del actual ámbito territorial y de la red viaria que lo configura, desde el punto de vista de la planificación territorial y de la planificación de carretas respectivamente.

Antes de explicar los resultados obtenidos y consignados en el capítulo 4, es importante mostrar el aporte de los anteriores capítulos.

Particularmente, el capítulo 1 en su primera parte desarrolló para esta investigación la relación entre infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica. La primera referencia a esta relación se encuentra en los documentos de ordenación del territorio de la UE. Específicamente la ETE propone utilizar el policentrismo como canal para lograr la cohesión territorial y para ello reconoce la capacidad de vertebración de las infraestructuras de transporte especialmente de los ejes viarios de alta capacidad. A partir de allí, diversas investigaciones se han realizado para estudiar el policentrismo, pero su relación con las infraestructuras no ha sido abordada directamente. De hecho los principales documentos referidos al transporte en la UE no plantean directamente el tema, aunque dan una serie de sugerencias al respecto que evidencian la importancia de las infraestructuras en el equilibrio del territorio. En este punto se buscó la relación entre estructura urbana e infraestructura de transporte que se presenta en la

figura 5, en ella se logró vincular los *cambios de distancia* con la modificación de los *patrones de movilidad* utilizando dos características territoriales la conectividad y la accesibilidad.

En *síntesis*, existe una relación de dependencia recíproca entre el desarrollo espacial policéntrico y las redes de infraestructuras de transporte, particularmente las *carreteras*. Según la cual, la modificación paulatina de la estructura urbana depende del nivel de cambio que se produce en la conectividad y la accesibilidad características territoriales, que a su vez, también dependen de otros factores externos a la infraestructura de transporte. Es decir, la construcción de una nueva infraestructura viaria por sí misma no causa policentrismo.

En cuanto al estado del arte podemos afirmar que han sido numerosas las investigaciones dirigidas a explicar el efecto de las infraestructuras de transporte en el territorio, más existen pocos estudios que analizan particularmente el efecto de las infraestructuras en el policentrismo. En general las investigaciones desarrolladas evalúan los efectos en la estructura urbana desde los cambios de localización de la actividad económica y residencial que produce la infraestructura de transporte viaria; desde la variación de las dinámicas territoriales (forma urbana) y desde la transformación de la morfología de las ciudades (centralidad). Otro aspecto importante observado en los anteriores estudios es que el enfoque que predomina es de tipo jerárquico. La revisión de los estudios referidos al policentrismo particularmente, evidencia el cambio rotundo de enfoque, las metodologías propuestas se diseñan para evaluar las relaciones de tipo horizontal que se producen en el territorio.

Particularmente, de los estudios citados y enfocados al análisis del efecto en el policentrismo de las infraestructuras de transporte carreteras llama la atención los desarrollados por (Seitanidis et al. 2009) y (Song 2014) para la Región norte de Grecia y para diez mega regiones Chinas respectivamente. Las anteriores investigaciones utilizan diferentes metodologías, aunque tienen un punto común de partida, que es, realizan una comparación para diferentes periodos temporales y así evalúan los cambios. En el caso del estudio griego el análisis utiliza una serie de indicadores de tipo morfológico y funcional de policentrismo y después hace una comparación de los resultados obtenidos. El estudio desarrollado en China aplica modelos de tipo econométrico para dos periodos diferentes y evalúa los cambios. Los resultados que estos trabajos arrojan son coherentes con la respectiva realidad urbana analizada porque utilizan datos reales y evalúan proyectos ya desarrollados y puestos en servicio, muestran que

efectivamente la modificación de los patrones de movilidad, de accesibilidad y en conectividad modifica la estructura del territorio.

En el capítulo 3 se presentó el caso de estudio, en la primera parte se realizó una aproximación a la definición del actual ámbito administrativo y la evolución del policentrismo de la RMB desde el urbanismo y el campo intelectual propio de cada periodo. Además se realizó una sinopsis histórica sobre el desarrollo y la formación de la red viaria actual y su relación con el territorio. Posteriormente, en la segunda parte de este capítulo se explica detalladamente el caso de estudio, la importancia del trazado desde la planificación de carreteras y desde los diferentes actores sociales, su ámbito territorial y se desarrolla un diagnóstico de las principales dinámicas de la actual RMB.

Respecto al ámbito administrativo de la actual RMB, se observan tres periodos históricos claros. El periodo anterior a 1932 en el que se aprecian diferentes divisiones administrativas y en el que el debate intelectual gira en torno a las relaciones entre Barcelona y el resto de Cataluña. En 1932 se publica el Regional Planning de los hermanos Rubio y Tudurí en el que claramente se retoma la noción de descentralización, este documento da inicio al uso del planeamiento para explicar la transformación del territorio. En el periodo comprendido entre 1932 y 1976 y que coincide con la época franquista el debate sobre el policentrismo se limita al ámbito urbanístico, en esa época se desarrollaron el plan comarcal de 1953, el plan provincial de 1959 y el plan director del área metropolitana de Barcelona de 1966 en los que se optaba de algún modo por el desarrollo policéntrico.

A partir de 1976 se publica el Plan General Metropolitano, a nivel territorial se aprecia un incremento de la descentralización y dispersión de la población y actividad en el territorio que culmina en 1996. A partir de ese año aumenta la inmigración, los núcleos antiguos vuelven a captar población lo que genera una nueva modificación de las jerarquías territoriales. En el campo de la investigación, se intensifica el estudio de las dinámicas metropolitanas, la integración del espacio, la difusión de los servicios y el predominio pleno de las formas de vida urbana en el conjunto del país de acuerdo con (Nel.lo 2013b, p.327). Finalmente, en 2010 se aprueba Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (PTMB). El ámbito del plan comprende las comarcas del Alt Penedès, Baix Llobregat, Barcelonés, Garraf, Maresme, Vallès Occidental y el Vallès Oriental, cubre una superficie de 3.236 km² repartida entre 164 municipios que configura el ámbito de la actual RMB.

En función de la relación territorio-infraestructura y de los cambios derivados de la planificación de las mismas se analiza la formación de la red viaria (Navas i Ferrer 2012). Se distinguen cuatro

etapas. En la primera etapa los ejes principales conectan Barcelona con el sistema urbano situado a partir de los 40 y 60 km de distancia; una segunda etapa que busca mejorar la conexión entre el territorio más próximo; una tercera etapa que se desarrolla en función de la capilaridad y el equilibrio territorial y una etapa final cuyas actuaciones se realizan a escala metropolitana

El caso de estudio se presenta dentro del marco de la planificación de carreteras. Los antecedentes revelan que en el tiempo ha experimentado cambios referentes a la ubicación, tipología y funciones territoriales, para finalmente definirse desde la planificación territorial.

Finalmente en la última parte de este capítulo, se presenta un análisis de las diferentes dinámicas territoriales que permiten caracterizar la RMB. El análisis demográfico señala, que aunque Barcelona y las grandes ciudades de la RMB crecen, las coronas exteriores y los municipios de menor dimensión son los que presentan un mayor incremento de población.

Las dinámicas de oferta de vivienda muestran que la vivienda principal nueva o de reconversión dibuja un patrón de descentralización. El mayor incremento de vivienda en el periodo de análisis se produce en la tercera y cuarta corona. En general los sectores de menor crecimiento del parque de vivienda son la primera corona y Barcelona. La segunda residencia por el proceso de reconversión en primera residencia ha disminuido especialmente en la cuarta y quinta corona metropolitana, en todo el periodo de análisis la segunda residencia ha descendido cerca de 6%.

El comportamiento del empleo refleja que las coronas más exteriores de la RMB están creciendo de manera constante y sostenida, específicamente se están fortaleciendo los subcentros denominados emergentes como Mediona, Vilafranca del Penedès, Vilanova i la Geltrú y Sant Celoni ubicados en las comarcas del Alt del Penedès, del Garraf y en los sectores más exteriores del Vallès Oriental. La evolución de la actividad confirma los anteriores resultados, el análisis por sectores primarios deja entrever el crecimiento del sector servicios en toda la RMB. En las coronas ubicadas a partir de 10 km de Barcelona el sector servicios representa más del 70% de la ocupación, en Barcelona alcanza el 84%. En contra partida el sector industrial disminuye paulatinamente. Para los veinte años de análisis Barcelona presenta un descenso de aproximadamente el 19%, tendencia que se mantiene para las demás coronas de la RMB.

Respecto de la movilidad, el análisis de la evolución modal indica que en veinte años se ha incrementado hasta un 112.58% aproximadamente; se pasó de 691.510 viajes en 1981 a 1.470.005 viajes en 2001. El uso del *vehículo privado* ha aumentado cerca del 21%, mientras que el *transporte público* experimenta una disminución del 2% y el transporte *no motorizado*

disminuye aproximadamente el 18%. El análisis para los periodos intermedios certifica la caída paulatina de los modos público y no motorizado.

Respecto al comportamiento de los desplazamientos los datos de la EMQ señalan que para la RMB en promedio una persona realiza cerca de 3.41 desplazamientos en día laborable y 2.39 en día festivo. En día laborable el 45.5% de desplazamientos se realizó utilizando un modo no motorizado, el 35.8% transporte privado y un 18.6% transporte público. Para el día festivo (sábado y festivo) el uso del transporte privado se incrementa hasta un 44.7% y uso del transporte público disminuye a 11.1%.

Los desplazamientos intramunicipales se realizan generalmente utilizando los medios no motorizados y los desplazamientos intermunicipales se realizan mayormente en transporte privado, por último en la RMB se desarrolla el 68.44% de los desplazamientos totales por día de Cataluña.

La Evolución de la autocontención y la autosuficiencia respecto de la actividad evidencia que los municipios de la primera corona para ninguno de los periodos de análisis superan el 50% de autocontención, en este ámbito el mayor incremento se da en el Prat de Llobregat. En la segunda corona los municipios más autocontenidos son, el Masnou, Sant Boi de Llobregat, Tiana y Viladecans con valores de 55, 53, 61 y 55% cada uno. Aunque, para todo el periodo de análisis Sant Boi del Llobregat y Viladecans presentan un descenso sostenido de cerca del 2 y 3% respectivamente, siguiendo la tendencia general de esta franja del territorio.

En la tercera corona se ubican los municipios más autocontenidos de la RMB, es el caso de *Mataró, Sabadell*, y *Terrassa*, principales subcentros de empleo de la RMB. La cuarta corona es la que presenta los mejores datos de autocontención en su conjunto, ello es muy importante porque es el sector donde se espera el mayor impacto de la B-40. Municipios como *Abrera*, *Caldes del Montbui*, *la Garriga*, *Granollers*, *Sant Llorenç Savall* y *Sant Sadurní de Anoia* presentan valores de autocontención superiores al 50%.

Respecto a la autosuficiencia, los datos reflejan que Barcelona necesita aproximadamente un 34% de población foránea para cubrir la tasa de empleo que genera, en la primera corona todos los municipios son autosostenidos, el mayor porcentaje de autosuficiencia es para *Badalona* y *Santa Coloma de Gramenet*. La segunda corona es la que más población necesita para cubrir sus puestos de trabajo. La tercera corona presenta los mayores valores de autosuficiencia de la RMB, el 7% de los municipios tiene valores iguales o superiores al 80%, un 35.6% de municipios con valores entre 60 y 80% y el restante 57% valores que oscilan entre el 16 y el 60%.

En cuanto a la movilidad residencial, el documento consultado señala que existe un incremento en la movilidad intrametropolitana del 53% en un lapso de cinco años y que estos cambios son independientes de la distancia.

Por el último, la ocupación del suelo afirma los cambios anteriormente señalados. Para toda la RMB en el periodo comprendido entre 1991 y 2000 se incrementa la superficie urbanizada en 11.73% aproximadamente, los mayores aumentos se produce en la segunda y tercera corona.

En síntesis, el estudio de los cambios territoriales del ámbito de estudio evidencia que para los periodos analizados se ha intensificado la descentralización de la población y la actividad económica, indicativos de un alto proceso de metropolitanización. Se observa que en las coronas a partir de 20 km de Barcelona aumenta la demanda de vivienda, en contraste con el incremento de la ocupación. Ello conlleva un aumento de la *movilidad* especialmente de tipo laboral, en el que prima el uso del vehículo privado. Respecto de Barcelona y su continuo urbano, para todos los periodos analizados se constata que ha disminuido su capacidad en todos los aspectos analizados, y aun así, sigue siendo el sector de mayor concentración de actividad y ocupación de la RMB.

En lo pertinente a la aplicación de la metodología y el empleo de las técnicas, para analizar el efecto de la construcción de la B-40 en la estructura urbana policéntrica de la RMB, cuyos resultados están consignados en el capítulo 4, se alcanzaron tres novedades con respecto a los estudios previos en la materia en general y en particular sobre el área de estudio.

El primer aporte se refiere al efecto de la distancia en la centralidad de la RMB. Los resultados obtenidos señalan que el sector central de la RMB no presenta gran modificación por la inserción de un nuevo eje viario, es decir, se conserva la tendencia dibujada por el territorio. Los cambios particulares que se observan tienen que ver con la inclusión y la exclusión de algunos municipios. Es el caso de Montornès del Vallès, Santa Maria de Martorelles y Rubí, que considerando la geografía son parte del sector central, pero que por efecto de redes viarias salen del sector central y son reemplazados por los municipios de Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet y Lliçà de Valls. Esta evolución territorial se traduce en que la población del sector central se incrementa en un 2% y la superficie en un 3,6%, en otras palabras, se amplía la centralidad del territorio.

Otro aporte interesante y particular del caso de estudio es que la autovía analizada cumple con los objetivos propuestos por el PTMB para las infraestructuras y consignados en el numeral 3.4.4. Además, refleja la función territorial que se le asigna al unir los diferentes sistemas

urbanos de las comarcas del Vallès Oriental, Vallès Occidental y del Baix de Llobregat y configura un corredor metropolitano en el sector denominado segunda corona de Barcelona.

La modificación de la *distancia es de tipo residual y se debe a la proximidad al trazado*. En esas condiciones, el sector que mayores cambios presenta se corresponde con la ubicación del cinturón, que abarca los municipios de las comarcas del Vallès Oriental y Occidental y del Baix del Llobregat que cruza directamente y aquellos de su entorno, que son los más exteriores del sector noroeste de la RMB. El menor efecto por la modificación de la distancia, se observa en los municipios ubicados a lo largo de la costa mediterránea de las comarca del Maresme, del Barcelonés, del Baix del Llobregat y del Garraf y en los municipios de la comarca del Alt del Penedès.

El *efecto territorial del cinturón se debe a la articulación de las diferentes redes viarias que facilita y que se traduce en cambios en la conectividad*. Este fenómeno se visualiza en los municipios situados en las comarcas del Alt Penedès y el Garraf, que aunque no presentan modificaciones significativas en distancia se ven altamente favorecidos por la nueva articulación viaria, ya que los comunica de forma directa con los municipios ubicados al otro lado de la RMB a través del corredor formado por la C-15 con la AP-7, la B-40 y la C-60, que alcanza aproximadamente 140 km. Estas carreteras de alta capacidad se articulan a través de dos enlaces.

El primer enlace se produce a la altura de Abrera, donde la B-40 enlaza con la A-2 en un tramo de aproximadamente 7 km hasta Martorell. Allí la A-2 enlaza con la AP-7 para dar servicio a los municipios del Alt Penedès ubicados en la cuarta y quinta corona (municipios que distan de Barcelona 40 km) y para comunicar la RMB con el resto de España hacia el sur. A la altura de Vilafranca del Penedès, la AP-7 enlaza con la C-15 y da paso al tráfico que viene de Vilanova i la Geltrú en esa dirección.

El segundo enlace se ubica a la altura de la Roca del Vallès. En ese punto, la B-40 conecta con la AP-7 y la C-60. La conexión con la AP-7 facilita las comunicaciones entre las comarcas del Vallès Oriental hasta la parte más externa de Sant Celoni. El enlace con la C-60 conduce directamente a Mataró, conectando así municipios del interior de Catalunya con el borde costero de la comarca del Maresme. Finalmente, la B-40 facilita los enlaces con los ejes transversales como la C-58, C-59, C-17 y la N-152a, eliminando las travesías que se realizan por los diferentes núcleos urbanos.

El segundo aporte hace referencia al efecto de la distancia en *los patrones de movilidad*. Las principales características de los nuevos patrones de movilidad evidencian un cambio en los

índices territoriales de autocontención y autosuficiencia que señalan un desplazamiento de la población hacia las coronas más exteriores de la RMB. También muestran el fortalecimiento de los principales subcentros económicos de cada sector, de lo que da cuenta el análisis de los corredores de transporte para la situación con *B-40*, que confirma que existen sectores independientes de Barcelona que tienen áreas de influencia de alta incidencia funcional.

A pesar de que las coronas metropolitanas se caracterizan especialmente como espacios en los que se generan viajes y Barcelona como el espacio que atrae gran parte de los mismos, el análisis que utiliza una división sectorial de corona permite matizar esta aproximación inicial. Existe una diferencia notable entre las coronas y Barcelona. En las primeras, el cociente entre empleo y los ocupados residentes para los diferentes periodos es menor que 1, mientras que para Barcelona en todos los periodos es del orden de 1,4. Eso refleja que Barcelona continua siendo el principal lugar de trabajo de la RMB, que necesita importar trabajadores de los otros sectores y que es la mayor generadora de movilidad. Por el contrario, el resto de las coronas metropolitanas se consolida como un gran espacio que genera viajes, aunque se dibuja una tendencia a equilibrar sus mercados de trabajo y ocupación si se observa la evolución para el periodo de análisis de 12 años de la autocontención y la autosuficiencia.

El tercer aporte está enfocado a la evaluación del policentrismo funcional. El uso de las técnicas del análisis de redes sugiere que los flujos de movilidad o commuting aumentaron en todo el periodo 2008-2020, traducido en un aumento de los movimientos intermunicipales de 4,06%. Por ello, se registra un aumento de la densidad de los desplazamientos que se traduce en un incremento de conectividad. Además, indica que se ha intensificado el número de enlaces en determinados sectores y se observa que siguen existiendo sectores de la RMB en los cuales no existe un alto grado de interacción funcional. También se verifica que algunos municipios de la RMB presentan un mínimo de flujos o movilidad, es decir, que tienen poco mercado de trabajo y de ocupación. El análisis por coronas sugiere que la nueva distribución de viajes es más equilibrada y el evidente descenso del principal núcleo central a favor de los sectores más periféricos de la RMB confirma los procesos de descentralización que se están produciendo al interior del ámbito de análisis.

El índice de Shannon confirma el comportamiento de la movilidad, y, sugiere que se produce un fortalecimiento del policentrismo derivado de los flujos de entrada o destinos, respecto al producido por los flujos de salida u orígenes.

En lo que se refiere a la accesibilidad, la modificación de este indicador en todo el periodo de análisis confirma el cambio de la conectividad por efecto de la modificación de la distancia. En

cuanto a su distribución, los resultados obtenidos sugieren que los sectores que más incrementan la accesibilidad son los municipios ubicados en el sector de servicio del cinturón y en los municipios más exteriores de la RMB en detrimento de los municipios centrales que no presentan modificaciones considerables de accesibilidad por efecto de la fricción por distancia. Es importante acotar que se está hablando de la tasa de variación de accesibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C. & Marmolejo, C., 2011. El impacto del policentrismo sobre la distribución espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. *Revista de la Construcción*, 10(1), pp.78-90. Available at: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2011000100008
- Alonso, W. (1964)., 1964. Location and land use. Harvard University. Press., ed., Cambridge.
- Asensio, J. & Roca, O., 1997. Evaluación económica y social del 4º Cinturón de Barcelona, Departament d'Economia Aplicada. Universitat Autònoma de Barcelona. Available at: <http://www.alde.es/encuentros/anteriores/iiieea/autores/R/271.pdf>.
- Autoritat, de transport M., 2013. Pla Director d'Infraestructures del transport públic col·lectiu de la regió metropolitana de Barcelona 2011-2020, Barcelona.
- Batten, D., 1995. Network_cities: Creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban Studies*, 32(2), pp.313-327. Available at: http://www.des.ucdavis.edu/faculty/handy/LUT_seminar/Readings/Network_cities.pdf
- Baum, N., 2007. Did Highways Cause Suburbanization? *The Quarterly Journal of Economics*, 122(2), pp.775-805. Available at: <http://qje.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1162/qjec.122.2.775> \npapers3://publication/doi/10.1162/qjec.122.2.775.
- Baum, N. et al., 2012. Roads, Railroads and Decentralization of Chinese Cities. Brown University. Available at: <http://www.lse.ac.uk/geographyAndEnvironment/whosWho/profiles/henderson/RoadsRailroadsDecentralization.pdf>
- Bellet, C., Alonso, P. & Casellas, A., 2010. Infraestructuras de transporte y territorio. Los efectos estructurantes de la llegada del tren de alta velocidad en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 52, pp.143-164.
- Benabent, M., 2006. "Los orígenes de la ordenación del territorio. El crecimiento de las grandes ciudades y la perspectiva regional" en *La ordenación del territorio en España: evolución del concepto y de su práctica en el siglo XX Ilustrada*. (Sevilla: Universidad de Sevilla). 27-85
- Berry, B., 1976. "The counterurbanization process: Urban America since 1970". In *Urbanization and Counterurbanization*. Beverly Hills, CA: Sage, 1976, p. 17-30.
- Besussi, E. et al., 2010. The Structure and Form of Urban Settlements. *Remote Sensing and Digital Image Processing*, 10(42), pp.181-192. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-1-4020-4385-7>.
- Boix, R., 2002. Policentrismo y Redes de Ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona, (Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada Valencia, del 1 al 3 de junio de 2000). Departament d'Economia Aplicada. Universitat Autònoma de Barcelona
- Boix, R. & Trullén, J., 2011. Policentrismo y estructuración del espacio: Una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación. *Architecture, City and Environment*, 6(18), pp.361-378.

- Burger, M. & Meijers, E., 2012. Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies*, 49, pp.1127–1149.
- Burgueño, J., 2003. *História de la división comarcal*, Barcelona: Rafael Dalmau.
- Camagni, R. & Salone, C., 1993. Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework. *Urban Studies*, 30(6), pp.1053-1064.
- Cambra de Comerç de Barcelona & Mcrit, 2007. L'autovia orbital B-40 un quart cinturó, una variant de la N-II o un eix perimetral, Barcelona. Available at: http://www.cambrabcn.org/c/document_library/get_file?uuid=58ae0d00-9163-4b10-acc4-1386fbaa4b02&groupId=1533402.
- Capel, H., 1974. De las funciones urbanas a las dimensiones básicas de los sistemas urbanos. *Estudios sobre el sistema urbano*, pp.11-40. Available at: <http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45865/56659>.
- Castells, M., 2003. Crisis y reinención de la ciudad contemporánea. *Archipiélago*, (62), pp.1-9.
- Castells, M., 1998. Hacia El Estado Red ? (Ponencia presentada en el Seminario sobre Sociedad y reforma del estado, Sao Paulo, 26-28 marzo 1998), pp.1-16. Available at: http://agenda-gobierno.morelos.gob.mx/CGGD/index_htm_files/Estado Red.pdf.
- Cerda, J., 2010. Calibración de modelos gravitacionales acotados en origen, para predecir variaciones en el total atraído de movilidad laboral., pp. 1-6. Barcelona. Available at: <http://hdl.handle.net/2117/12554>
- Cerda, J. et al., 2012. Modelo evalúaimpact, sobre la evaluación de planes y proyectos en la dimensión de eficiencia energética y ambiental del modelo evalúamet. *Architecture, City and Environment*, (19), pp.217-254.
- Cervero, R., 1996. Subcentering and Commuting : Evidence from the San Francisco Bay Area , 1980- 1990. Working paper Uctc, (331), pp.1-34.
- Champion, A., 2001. Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies*, 38(4), pp.657-677.
- Chorley, R. & Haggett, P., 1967. *Models in Geography*. London: Methuen.
- Clathorpe, P. & Fulton, W., 2001. *The regional city. Planning for the end of the sprawl*. Island Press, Covelo, CA.
- Comité de Desarrollo Territorial de la Unión Europea, 1999. ETE.Estrategia territorial europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE, Potsdam. Available at: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_es.pdf.
- Costa, Á. et al., 2014. The Concept of Polycentrism in Infrastructure Networks an Application to Airports. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, pp.68-77. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814000408>.
- Davoudi, S., 2003. EUROPEAN BRIEFING: Polycentricity in European spatial planning: from an analytical tool to a normative agenda. *European Planning Studies*, 11(8), pp.979-999.
- Delgado, O., 2003. *Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Unibiblos. Universidad Nacional de Colombia, ed., Bogotá.

- Díaz, S., 2010. El papel territorial de los intercambiadores de transporte en su entorno inmediato. Casos de estudio Córdoba (España) y Tunja (Colombia). (Tesis Doctoral). Doctorado en Ingeniería civil y de la edificación, Universidad de Castilla la Mancha. Director: De Ureña Francesc
- Díaz, S. & Ureña, J., 2008. Incidencia de las infraestructuras de transporte en el territorio. Metodologías empleadas. I Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio, p.23.
- Dupuy, G., 1998. "El desarrollo de las redes en la ciudad" en El urbanismo de las redes: teorías y metodos. Traducción de Rafael Giménez Capdevila. Institut Català per al desenvolupament del transport y Oikos-Tau, ed. Redes y Territorios. Barcelona, pp. 35-53.
- Elinbaum, P., 2011. El planeamiento Supramunicipal en Cataluña. Un contexto instrumental relativo a los planes directores urbanísticos (PDU). En II Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio (CONURBI). p. 20.
- ESPON Project 1.1.1, 2003. Potentials for polycentric development in Europe Nordregio, ed., Luxembourg. Available at: https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/ThematicProjects/Polycentricity/fr-1.1.1_revised-full.pdf.
- European, Comision., 1999. Estrategia Territorial Europea, Luxemburgo.
- Faludi, A., 2004. The European spatial development perspective and North-West Europe: application and the future. *European Planning Studies*, 12(3), pp.391-408.
- Fariña, J., Lamíquiz, F. & Pozueta, J., 2000. Efectos territoriales de la implantación de infraestructuras de accesos controlados, Madrid.
- Feria, J., 2010. La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo. *Ciudad y territorio. Estudios territoriales*, XLII(164), pp.189-210.
- Fernández, Y.& Olmedillas, Balnca., 2002. Transporte , externalidades y coste social. *Cuadernos de economía*, 25, pp.45-67.
- Firey, W., 1945. Sentiment and symbolism as ecological variables. *American Sociological Review*, 10, pp.140-148.
- Font, A., Llop, C. & Vilanova, J., 1999. La construcció del territori metropolità. Morfogénesis de la región urbana de Barcelona. *Área metropolitana de Barcelona*, pp. 1-211.
- Frändberg & Vihelmsom, 2003. Personal mobility: A corporeal dimension of transnationalisation. The case of long-distance travel from Sweden. *Environment and Planning A*, 35(10), pp.1751-1768.
- Gallo, T. & Garrido, R., 2011. Una aproximación a la estructura urbana policéntrica en la comunidad de Madrid. *Architecture, City and Environment*, 18, pp.69-100.
- Galster, G. et al., 2001. Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), pp.681-717.
- García, M., 2012. Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. *Journal of Urban Economics*, 72(2-3), pp.176-190.

- García, M. & Muñiz, I., 2007. ¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la Nueva Economía Urbana. *Investigaciones Regionales*, (11), pp.25-43.
- Garmendia, M., 2010. Cambios en la estructura urbana y territorial facilitados por la alta velocidad ferroviaria. La línea Madrid-Sevilla a su paso por la provincia de Ciudad Real. (Tesis Doctoral). Doctorado en Ingeniería civil y de la edificación, Universidad de Castilla la Mancha. Directores: De Ureña Francesc y Coronado José.
- Garraín, D., Vidal, R. & Franco, V., 2005. Ocupación y transformación del suelo de las carreteras españolas. En "Indicadores de impacto y vulnerabilidad de las infraestructuras de transporte" estudio subvencionado por el Ministerio de Fomento en la convocatoria del XXIV Concurso Público de "Ayudas a la Investigación 2005".
- Genevieve, G. & Small, K.A., 1991. Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*, 21(39), pp.163-182.
- Giuliano, G. et al., 2012. Network Accessibility and Employment Centres. *Urban Studies*, 49(1), pp.77-95.
- Giuliano, G. & Redfean, C., 2005. Not All Sprawl : Evolution of Employment Concentrations in Los Angeles, 1980-2000. *Environment and Planning A* 39(12), pp. 2935-2957
- De Goei, B. et al., 2010. Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom: Evidence from Commuting Patterns, 1981–2001. *Regional Studies*, 44(November), pp.1149-1170.
- Gordon, P. & Richardson, H.W., 1996. Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990. *Journal of the American Planning Association*, 62(3), pp.289-295. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944369608975695>.
- Green, N., 2007. Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. *Urban Studies*, 44(11), pp.2077-2103. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2-35148874732&partnerID=tZ0tx3y1>.
- Green, N., 2004. General Functional Polycentricity: A Definition. Discussion Paper, Institute of Community Studies/The Young Foundation / Polynet programmes.
- Giuliano, G., 1986. Land Use Impacts of Transportation Investments - Highway and Transit Third. S. Hanson & G. Giuliano, eds., New York.
- Gutiérrez, J., 1998. Redes , espacio y tiempo. *Anales de geografía de la Universidad Complutense de Madrid*. 18, pp. 65-86. Available at: <http://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/AGUC9898110065A/31393>
- Haggett, P., 1976. Análisis locacional en la Geografía humana. Traducción de J.M:Obiols, Barcelona, Gustavo Gili, 1976 (1ª ed. inglesa 1965)
- Hall, P., 1997. Megacities, World Cities and Global Cities. , pp.1-25.
- Hall, P. & Hay, D., 1980. Growth Centres in the European Urban System. First. H. E. Books, ed., London.
- Hall, P. & Pain, K., 2006. The Polycentric Metropolis. Learning from Mega-City. Regions in Europe, London: Earthscan.

- Hansen, 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), pp.73-76.
- Hansen, N., 1965. Unbalanced growth and regional development. *Economic Inquiry*, 4: 3–14. Doi: 10.1111/j.1465-7295.1965.tb00931.x
- Harvey, D., 1977. *Urbanismo y desigualdad social*, Madrid. Primera edición en Español. Available at: <https://colectivociajpp.files.wordpress.com/2012/08/harvey-david-urbanismo-y-desigualdad-social.pdf>
- Herce, M., 1995. Variante de la carretera y forma de ciudad. Universidad Politècnica de Catalunya.(Tesis Doctoral). Doctorado en caminos canales y puertos. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Herce, M. & Miró, J., 2004. El soporte infraestructural de la ciudad. Universitat Politècnica de Catalunya, ed., Barcelona: Edicions UPC. 175pp
- Hernández, A., 2011. Los Efectos Territoriales de las Infraestructuras : La inversión alta en redes de velocidad ferroviaria. Colección Estudios Económicos 05. Universidad de las Palmas de Gran Canaria
- Hugues, H., 1992. Suburban Population and Employment Change, 1980-1990. Center for demography and ecology. University of Wisconsin - Madison.
- Inglada, V., 2003. Efectos de la nueva economía sobre el transporte. Un panorama general. *Economía Industrial*, 353, pp. 15-20. Madrid.
- Kloosterman, R.C. & Musterd, S., 2001. The polycentric urban region: towards a research agenda. *Urban Studies*, 38(4), pp.623-634.
- Knight, R. & Trygg, L., 1977. Evidence of Land Impacts of Rapid Transi system. *Transportation*, 6, pp.231-247.
- Kreibich, V., 1978. The successful transportation system and the regional planning problem: An evaluation of the Munich rapid transit system in the context of urban and regional planning policy. *Transportation*, 7(2), pp.137-145.
- Krugman, P., 1997. "Autoorganización en el espacio" en *La organización espontánea de la economía*, (Barcelona: Antoni Bosch editor), pp.15-43.
- Van der Laan, L., 1998. Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels. *Regional Studies*, 32(3), pp.235-247.
- Lambregts, B., 2009. The Polycentric Metropolis Unpacked Concepts, Trends and Policy in the Randstad Holland.(PhD Thesis). FMG: Amsterdam Institute for Social Science Research (AISSR). Universiteit van Amsterdam.
- De las Rivas, J., Alvarez, A. & Paris, M., 2013. El corredor industrial Valladolid-Palencia: Conurbación emergente entre dos polos urbanos consolidados. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLV(4), pp.352-363.
- Limtanakool, Schwanenb & Dijstb, 2009. Developments in the Dutch Urban System on the Basis of Flows. *Urban Studies*, 43(2), pp.179-196.

- Limtanakool, N., 2006. Long-distance travel and urban systems. Development of a theoretical and methodological framework and empirical evidence from Western Europe. (PhD Thesis). Faculty of Geosciences. Utrecht University.
- Linneker, B. & Spence, N., 1996. Road transport infrastructure and regional economic development: The regional development effects of the M25 London orbital motorway. *Journal of Transport Geography*, 4(2), pp.7-92.
- Lojkine, J., 2002. Por una sociología del capital. Youkali. Revista crítica de las artes y el pensamiento, pp.181-198. Available at: www.tierradenadieediciones.com.
- López, R., Català, R. & Esquiús, A., 2012. SIMCAT: Sistema de modelación de movilidad y tráfico en Catalunya. Integración al modelo evaluament. *Architecture, City and Environment*, (19), pp.187-216.
- Ma, K. & Banister, D., 2006. Excess Commuting: A Critical Review. *Transport Reviews*, 26(6), pp.749-767.
- Marmolejo, C., 2010. Dinámicas territoriales de la Región Policéntrica de Barcelona: 1981-2009 (Ponencia preparada para la V Jornada Internacional sobre Alta Velocidad Europea noviembre de 2010) Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Marmolejo, Masip, J. & Aguirre, C., 2013. Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para siete áreas metropolitanas. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLV(176), pp.281-300.
- Marmolejo, C. & Cerda, J., 2012. La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI(402). Available at: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-402.htm>.
- Marmolejo, C. & Roca, J., 2008. La localización intrametropolitana de las actividades de la información: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona 1991-2001. *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, (12), pp.26-280.
- Marmolejo, C., Ruiz, N. & Tornés, M., 2015. ¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España? *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, 186, pp.679-700.
- Martínez, H. et al., 2014. Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain). *Journal of Transport Geography*, 37, pp.61-73. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692314000647>.
- Martínez, T. & Ruíz, A., 1997. Una investigación sobre los impactos del transporte en las economías de los Estados miembros de la UE: notas para un plan metodológico. *Revista del Ministerio de Transporte, turismo y Comunicaciones*, 75, pp.95-105.
- Masip, J. & Roca, J., 2011. Anàlisi retrospectiu del sistema metropolità de Barcelona i la seva influència en l'estructura urbana. *Architecture, City and Environment*, pp.100-138. Available at: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11683/ACE_18_SE_23.pdf?sequence=9&isAllowed=y.
- Masip, J. & Roca, J., 2012. Repensant el territori català: cap a una bicapitalitat catalana i metropolitana? *Architecture, City and Environment*, (18), pp.325-360. Available at: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_ST_32.pdf.

- McDonald, J.F. & McMillen, D.P., 1990. Employment subcenters and land values in a polycentric urban area: the case of Chicago. *Environment and Planning A*, 22(12), pp.1561-1574.
- Meijers, E. et al., 2012. Connecting the periphery: Distributive effects of new infrastructure. *Journal of Transport Geography*, 22, pp.187-198. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.005>.
- Meijers, E., 2005. Polycentric Urban Regions and the Quest for Synergy: Is a Network of Cities More than the Sum of the Parts?. *Urban Studies*, 42(4), pp.765-781.
- Meijers, E., 2007. Synergy in Policentric Urban Regions. Complementarity, organising capacity and critical mass A. (PhD Thesis). Doctorandus in de planologie. Technische Universiteit Delft. Sustainable Urban Areas 13. Published by IOS Press under the imprint Delft University Press. Netherlands.
- Meijers, E., 2006. The notion of complementarity in urban networks : definition , value , measurement and development. 10th UNECE Conference on Urban and Regional Research, (1963), pp.1-7.
- Miralles, C., 2002. Ciudad y Transporte. el binomio imperfecto. Grupo Planeta, ed., Barcelona.
- Miralles, C., Donat, C. & Barnada, J., 2007. Habitatge i mobilitat residencial a la Regió Metropolitana i a la Província de Barcelona. *Papers : Regió Metropolitana de Barcelona : Territori, estratègies, planejament*, pp.9-46. Available at: <http://ddd.uab.cat/record/28800>.
- Monzón, A., 1988. Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte. Aplicaciones en la comunidad de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- Muñiz, I., Galindo, A. & García, M.A., 2003. ¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?, Documento de trabajo. Departament Economia Aplicada Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. Available at: <http://www.ecap.uab.es/RePEc/doc/wpdea0309.pdf>
- Muñiz, I. & Garcia, M., 2005. Employment decentralisation: polycentric compaction or sprawl? The case of the Barcelona Metropolitan Region 1986-1996, Documento de trabajo. Departament Economia Aplicada Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. Available at: <http://www.ecap.uab.es/RePEc/doc/wpdea0511.pdf>
- Navas, T., 2012. Planificació, construcció i mobilitat: La modernització de la xarxa viària a la regió de Barcelona. 1761-1969. (Tesis Doctoral). Doctorado en: Geografía, Planificació Territorial i Gestió Ambiental. Directores: Jaume Font i Garolera i Mireia Freixa i Serra. p.730. Available at: <http://hdl.handle.net/10803/83654>.
- Nel-lo, O., 2013. Barcelona y Cataluña: las raíces del debate sobre . *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLV(4), pp.302-317.
- Nel-lo, O., 2001. Ciutat de ciutats: reflexions sobre el procés d'urbanització a Catalunya Editorial Empúries, ed., Barcelona.
- Nogués, S. & Salas, M., 2008. El impacto de las carreteras en el desarrollo urbano. , pp. 1-30. Available in: http://www.ciccp.es/biblio_digital/Urbanismo_I/congreso/pdf/030101.pdf
- Nogués, S. & Salas-Olmedo, M.H., 2008. La medición del impacto territorial de las carreteras en áreas periféricas a través del análisis de usos del suelo,

- Obregón, S., 2008. Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el Eix Transversal de Catalunya y la carretera MEX120 en México. (Tesis Doctoral). Doctorado en Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte ETSECCPB-UPC. Universidad Politécnica de Catalunya. Director: Dra. Rosa Junyent i Comas.
- Ortuzar, J. & Willumsen, L., 2009. Modelos de Transporte. Universidad de Cantabria, ed., Cantabria.
- Palacio, G., 2012. Transcripción de la clausura del seminario Evalúamet. *Architecture, City and Environment*, 19, pp.255-264.
- Parente, R. & Pessoa, P., 2009. Towards a Definition of Urban Polycentrism for Brazilian Metropolises. *North*, pp.1003-1014.
- Pérez, E., 1997. Infraestructuras y Desarrollo Regional: Efectos Económicos de la Autopista del Atlántico. Civitas, ed., Madrid.
- Pillet, F. et al., 2010. El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea], XIV(321). Available at: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-321.htm>.
- Pópulo, M., 2002. La exposición Universal de Sevilla 1992. Efectos sobre el Crecimiento Económico Andaluz. Universidad de Sevilla.
- Pumarino, G., 1974. Teorías y modelos de la estructura social y espacial urbana. *Revista Eure*, pp.1-18.
- Ribalaygua, C., 2005a. Alta velocidad ferroviaria y ciudad: estrategias de incorporación de las nuevas estaciones periféricas Francesas y Españolas Primera. Instituto Juan de Herrera, ed., Madrid.
- Ribalaygua, C., 2005b. Estrategias de las pequeñas ciudades para acoger el AVE. *Ingeniería y Territorio*, 70, pp.58-63.
- Richardson, T. & Jensen, O., 2000. Discourses of mobility and polycentric development: A contested view of European spatial planning. *European Planning Studies*, p.19.
- Roca, J., 2010. El fenómeno urbano en los siglos XX y XXI. Nuevas tendencias del desarrollo urbano. En «6º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual». Baja California, pp. 1-7.
- Roca, J., Arellano, B. & Moix, M., 2011. Estructura urbana, policentrismo y sprawl: los ejemplos de Madrid y Barcelona. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLIII(168), pp.299-322.
- Roca, J., Díaz, E. & Clusa, J., 1997. La delimitació de l'àrea metropolitana de Barcelona., Centro de Política de Suelo y Valoraciones CPSV. Barcelona
- Roca, J., Marmolejo, C. & Moix, M., 2009. Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept. *Urban Studies*, 46(13), pp.2841-2868.
- Ruiz, M., 2008. Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana. Universidad Politécnica de Catalunya. Available

at: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/6592>.

- Rus, G. De, 2009. Efectos económicos indirectos y efectos económicos adicionales,
- Sánchez, C., 2004. Demografía y vías de comunicación. Unos apuntes teóricos referidos al caso de Cataluña. En VII Congreso de la ADEH, Granada. p. 20.
- Schürmann, C., Wegener, M. & Fürst, F., 1999. Accessibility Indicators, Dortmund.
- Seitanidis, S. et al., 2009. An assessment of Egnatia Motorway's Impacts on Polycentric development, Greece.
- Serrano, A., 1991. Transporte y desarrollo regional en España. Bases teóricas y metodológicas. alcántara: Revista del seminario de estudios Cacerceños, pp.111-121.
- Serrano, R. et al., 2006. Análisis de las consecuencias territoriales del AVE en ciudades pequeñas: Ciudad Real y Puertollano. Estudios Geográficos, 67(260), pp.199-229. Available at: <http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/48/45>.
- Solís, E., Ureña, J. & Ruíz, B., 2012. Transformación del sistema urbano-territorial en la región central de la España peninsular: la emergencia de la región metropolitana policéntrica madrileña. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. [En línea], XVI(420). Available at: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-420.htm>.
- Song, G., 2014. Polycentric Development and Transport Network in China ' s Megaregions. Georgia Institute of Technology.
- Spiekermann, K. & Neubauer, J., 2002. European Accessibility and Peripherality : Concepts , Models and Indicators, Stockholm, Sweden.
- Stewart, J. & Warntz, W., 1959. Physics of population distribution'. Journal of Regional Science, 1(1), pp.99-121.
- Suárez, M., 2008. Efecto de una infraestructura viaria en la movilidad urbana Autovía Orbital B-40 cuarto cinturón de Barcelona. Tesis de Master. Politécnic de Catalunya.
- Suárez, M., Cerda, J. & Roca, J., 2011. Análisis territorial mediante la modelación de viajes. En Lisboa: Conference on Virtual Cities and Territories.
- Terán, F. De, 1977. Notas para la historia del planeamiento de Barcelona. La era de Franco. Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales, (2), pp.73-86.
- Thomson, I. & Bull, A., 2002. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Revista de la Cepal, 76(10), pp.109- 121.
- Torrens, P. & Alberti, M., 2000. Measuring Sprawl, London. Available at: <http://discovery.ucl.ac.uk/1370/1/paper27.pdf>.
- Trullén, J. & Boix, R., 2003. Barcelona, metrópolis policéntrica en red. Documento de trabajo, 03(3), p.30.
- Trullén, J. & Boix, R., 2000. Policentrismo y redes de ciudades en la región metropolitana de Barcelona, (Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada Valencia). Valencia.

- De Ureña, J., 1979. Tipos de Efectos de las Infraestructuras en el Territorio. *Revista de obras Públicas*, pp.33-42.
- De Ureña, J., Menerault, P. & Garmendia, M., 2009. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective. *Cities*, 26(5), pp.266-279.
- De Ureña, J., Pillet, F. & Marmolejo, C., 2013. Aglomeraciones/regiones urbanas basadas en varios centros: el policentrismo. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLV(4), pp.249-266.
- Urry, J., 2004. *The Sociology of Space and Place* Judith R. Blau, ed. The Blackwell Companion to Sociology.
- Van, der B.L. et al., 1982. *Urban Europe. A Study of Growth and Decline* P. Press, ed. , 1(XXII), p.162.
- Vickerman, R.W., 1974. Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, 6(6), pp.675-691.
- Viñuela, A., Fernández, E. & Rubiera, F., 2011. Una aproximación input - output al análisis de los procesos centripetos y centrifugos en Madrid y en Barcelona. *Architecture, City and Environment* (18), pp.139-162.
- Available at: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/11684>
- Wachs, M. & Gordon, T., 1973. Physical accessibility as a social indicator. *Science Direct*, 7(5), pp.437-456.
- Webber, M. et al., 1970. *Indagaciones sobre la estructura urbana* Gustavo Gili, ed., Barcelona.
- Wegener, M. & Fürst, F., 1999. Land-Use Transport Interaction. State of the art, in *Berichte aus dem Institut für Raumplanung* 46. (Deliverable 2a of the project TRANSLAND "Integration of Transport and Land Use Planning" of the 4th RTD Framework Programme of the European Commission). Institut für Raumplanung Fakultät Raumplanung, Universität Dortmund, Germany. Available at: <http://econwpa.repec.org/eps/urb/papers/0409/0409005.pdf>
- White, M.J., 1999. Chapter 36 Urban areas with decentralized employment: Theory and empirical work. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 3, pp.1375-1412. Available at: <http://econweb.ucsd.edu/~miwhite/handbook-urban-white.pdf>.
- Yujnovsky, O., 1971. *La estructura interna de la ciudad. El caso Latinoamericano 1971*. 1ª ed. S.I.A.P, ed., Buenos Aires. pp 19