

# **Impacto económico** **de las infraestructuras viarias** **de la Ciudad de Madrid**



OBSERVATORIOeconómico

# **Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid**



madrid

infraestructuras

**Dirección y coordinación:**

Observatorio Económico  
Coordinación General de Economía  
Área de Gobierno de Economía y Participación Ciudadana  
Ayuntamiento de Madrid

**Realización:**

Grupo de economía del transporte y las infraestructuras.  
Universidad Complutense de Madrid  
Belén Rey Legidos  
Jesús Prado Mascuñano

**Impresión y maquetación:**

Raiz Técnicas Gráficas, S.L.  
C/ Gamonal, 19  
28031 Madrid  
Telf.: 917 782 211

*Depósito Legal:* M-15758-2007

*ISSN:* 1885-0324

Esta publicación puede encontrarse en:  
[www.esmadrid.es\observatorioeconomico](http://www.esmadrid.es\observatorioeconomico)

---

## ÍNDICE

<b>Executive summary</b> .....	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>Capítulo 2</b>	
<b>METODOLOGÍA Y CIFRAS BÁSICAS EMPLEADAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	13
2.1. Análisis de corto plazo.....	15
2.1.1. Metodología <i>Input-Output</i> aplicada en este estudio .....	16
2.1.2. Cifras generales del volumen de inversión.....	17
2.1.2.1. El papel de la actividad de construcción en Madrid.....	17
2.1.2.2. Inversión efectuada.....	21
2.1.2.3. Asignación a productos del Marco <i>Input-Output</i> .....	23
2.1.2.4. Asignación territorial de la inversión.....	24
2.2. Análisis de largo plazo .....	26
2.2.1. Análisis de datos.....	27
<b>Capítulo 3</b>	
<b>RESULTADOS ECONÓMICOS SOBRE LA CIUDAD DE MADRID</b> .....	29
3.1. Impacto económico a corto plazo.....	31
3.1.1. Resultados sobre la producción.....	31
3.1.2. Resultados sobre el empleo y el valor añadido.....	32
3.1.3. Requerimientos de importaciones.....	34
3.1.4. Resultados globales sectoriales sobre la producción .....	35
3.1.5. Importancia de los efectos de las inversiones sobre la economía de la Ciudad de Madrid .....	37
3.1.6. Territorialización de los efectos sobre la producción .....	39
3.1.7. Territorialización de los efectos sobre el empleo .....	44
3.2. Impacto económico a largo plazo.....	47
3.2.1. Impacto sobre la producción .....	48
3.2.2. Impacto sobre el empleo .....	53
<b>Capítulo 4</b>	
<b>EVALUACIÓN DEL RESTO DE IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURAS VIARIAS</b> .....	57
4.1. Cifras de inversión .....	59
4.2. Impacto en los tiempos de viaje derivados de la inversión en la M-30.....	59
4.2.1. Resultados .....	60
4.3. Impactos sobre la reducción de la accidentalidad.....	61
4.3.1. Análisis de la situación de partida .....	61
4.3.2. Programa de actuaciones.....	62
4.4. Impacto ambiental.....	66
4.5. Conclusiones de la evaluación socioeconómica.....	72

<b>Capítulo 5</b>	
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	73
<b>Bibliografía</b> .....	81
<b>Anexos</b>	
<b>METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS</b> .....	83
1. Análisis <i>Input-Output</i> .....	85
1.1. Metodología general aplicada.....	85
1.2. Precisiones sobre los efectos sobre el empleo .....	89
1.3. Precisiones y limitaciones de la metodología aplicada.....	92
2. La función agregada de producción .....	92
2.1. Metodología general aplicada .....	92
2.1.1. Análisis univariante de datos .....	94
2.1.2. Resultados.....	96
2.2. Conceptos básicos de cointegración .....	96
<b>RELACIÓN DE TABLAS, GRÁFICOS Y MAPAS</b> .....	99

# executive summary

Infraestructuras  
madrid

## EXECUTIVE SUMMARY

The aim of this study is to analyse the various economic impacts in the short term (those derived from the investments themselves) and long term (through greater and more efficient productive output) which investment in road infrastructure has had on the City of Madrid. The results of other socio-economic effects have also been included in the results, in the case of work on the M-30, lying outside of those specifically analysed in this study but covered as the focus of prior analysis by a UPM research team.

The main projects covered by municipal road infrastructure investment are:

Action	Thousands of Euros
<b>M-30 Project:</b>	
Restructuring of intersection between M-30 (La Paloma junction), Avenida Pío XII and Avenida de Burgos	52,874.7
Restructuring of Calle Costa Rica and Plaza José María Soler and their junctions with the M-30	32,011.3
Restructuring of junction between M-30 and Avenida de América / A2	23,830.9
Junction between N-100-O'Donnell axis and M-30	21,653.4
Junction between M-30 and N-III	190,625.8
Southern Bypass. Northern Tunnel-III-Sta. María de la Cabeza. Left-hand carriageway	412,253.1
Southern Bypass. Northern Tunnel-III-Sta. María de la Cabeza. Right-hand carriageway	456,544.4
Restructuring of M-30 North-East service road and extension of M-30 West link to 3 lanes	38,983.9
Construction of new access to Avenida de la Ilustración with M-607 Colmenar highway	32,548.3
Construction of ramps for Northern Bypass N-I tunnels	9,901.5
Connection between Calle Embajadores and M-40	137,572.9
Avenida de Portugal	196,868.5
Marqués de Monistrol-Segovia Bridge	439,727.7
Segovia Bridge-San Isidro Bridge	299,222.2
San Isidro Bridge-Praga Bridge	319,552.6
Praga Bridge-Southern Junction	325,835.2
Tunnel control centre	33,840.5
Other expenses	59,722.2
<b>Total, M-30</b>	<b>3,083,569.0</b>

## 4 Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid

Action	Thousands of Euros
<b>Remaining road infrastructure:</b>	
Removal of Cuatro Caminos roundabout overpass	27,942.1
Restructuring of service routes for the A-I between M-30 and M-40	36,132.2
Northern extension of Calle Ventisquero de la Condesa	11,440.3
Construction of junction between the M-40 and the Sanchinarro PAU	10,060.4
Extension of Calle O'Donnell Tunnel	34,151.1
Cycle path ringway (phases 2 and 3)	34,826.7
Gran Vía South-East, southern boundary P.P. and N-III, Vallecas Development	19,612.0
South-East boundary road (Vial 18), Vallecas Development	18,511.4
New Avenida Pio XII tunnel	56,505.8
APR 08.04 distribution ringroad (Real Madrid Sports Complex)	111,808.8
Junction between M-40 and Las Tablas PAU	36,931.8
Connection between Avenida Ilustración and Ventisquero de la Condesa	73,652.6
Connection between Tetuán district and M-30, Sor Ángela de la Cruz-Marques Viana axis	84,415.5
New access routes to Madrid refuse dumps	15,300.7
Work outside the M-30	88,131.0
<b>Total Remaining Road Infrastructure</b>	<b>659,422.4</b>
<b>Total</b>	<b>3,742,991.2</b>

In order to extrapolate the short-term analysis, the input-output methodology was used, producing the following key results:

- a) With regard to effects on employment, in general terms these investments would generate a level of employment of more than 60,000 jobs, representing an increase of 3.3% over the level in place when investment began.
- b) With regard to effects on Value Added, an increase of 2.913 billion euros would be seen for the entire period covered, representing an increase of 3.2% over the figure for 2003.
- c) By economic sector, the construction industry is the major beneficiary of the effects as a whole, receiving almost half of the business and employment generated.

d) Key industrial business areas include the supply of investment goods and those most closely connected with the construction industry, as is the case of metal structures and industrial machinery.

The service industry areas to benefit most are those connected with construction, such as technical services (with 10% of the overall effect) and the real estate business (with more than 6%).

In terms of the distribution of employment associated with this investment phenomenon, a key role is occupied by trade (more than 8% of the employment generated by the entire project), the hotel and catering sector (almost 5%), technical services (5.6%) and even domestic service (over 5%).

The multiplier factor for these investments would stand at 1.79, meaning that for every euro invested, 1.79 euros are generated throughout the domestic economy of the Community of Madrid.

Although most of the effects obtained would be located within the city of Madrid, we also see effects outside the conurbation itself within the rest of the region, and even for the economy of Spain as a whole. The open nature of Madrid's economy makes for the possibility of major flows of imported products both from the rest of Spain and elsewhere in the world. This level of imports represents 20% of the figure for the total effects produced within the domestic economy of the Community of Madrid.

With regard to long-term effects, the methodology used was based on an estimate of impact in accordance with aggregate output, detecting the relationship between output, employment, human capital, private investment and urban infrastructure projects. The results obtained for the short term, and the social evaluation of projects, served as a complement to this.

The methodology employed on this study allows us to evaluate the impact which will be seen once the planned investments have been implemented, quantifying their effects from such time as this new urban infrastructure becomes available for use by the private sector, either in order to generate increased economic activity or to improve productive efficiency.

The key results obtained through this type of analysis include the following:

- a) Over the long term, the Gross Value Added of the City will increase by 3.925 billion euros, 4.6% higher than the figure at investment start.
- b) Slightly more than 90% of all cumulative effects take place within a period of five years from the entry into operation of the new infrastructure projects.
- c) With regard to employment, 23,000 new jobs will be created in the long term, in other words once the entire dynamic process of job creation has ended.

## 6 Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid

The final results of the study, which jointly present the short-term results and those obtained from the long-term analysis, are as set out in Table.

**Table** **Synthesis of the total effect on Employment (in thousands) and Value Added of the City Council's road infrastructure investments. Millions of euros**

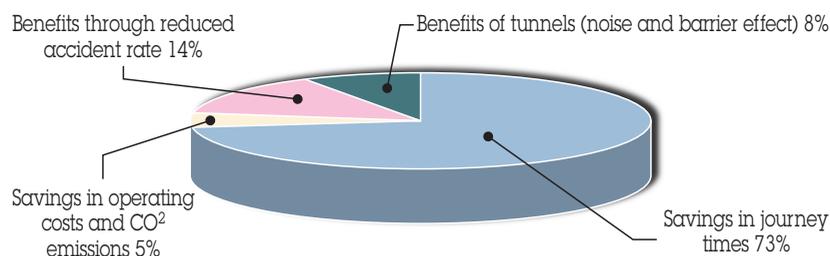
	Short-term effects. Construction work conducted 2003-2012	Long-term effects. Productive structure	Sum of both (s-t and l-t) effects throughout the period	Percentage of City*
Employment	60.8	23	83.8	4.5%
Value Added	2,814	3,925.3	6,739.3	7.8%

\* The reference year for the City of Madrid's GVA is 2004, and for employment 2006.  
Source. Produced in-house.

Looking at the short-term and long-term effects combined, the volume of value added associated with these investments is more than 6.7 billion euros, while the impact in terms of employment amounts to some 83,000 new jobs, representing in percentage terms 7.8% and 4.5% respectively.

As for the results obtained by the research team at the Polytechnic University of Madrid in a study entitled «Socio-economic and Environmental Assessment of the Improvement Plan for the Madrid M-30», the conclusion obtained is that the overall plan of action leads to considerable returns from a socio-economic perspective. These figures include only benefits from savings in journey time, reduced accident rates, savings in fuel consumption, lower CO<sub>2</sub> emissions and a quantification of benefits from tunnels (noise and barrier effect). Their individual contribution reveals that users will benefit mainly from savings in journey times, and that there will be a considerable reduction in accident rates (graph).

**Graph** **Assessment of the various benefits derived from investment in the M-30**



Source: Socio-economic and Environmental Assessment of the Improvement Plan for the Madrid M-30. (2006). UPM.

## **7** Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid

To round off all the above, it would be fair to say that the contribution of the investments being made by the City Council of Madrid in improving the city's road infrastructure serve to generate considerable economic dynamism, as clearly revealed by this study: the generation of more than 83,000 jobs and the 6.7 billion euros which will be added to the City's Value Added are proof enough. Furthermore, these new infrastructure projects will also lead to improvements in such aspects as reduced journey times, lower accident rates, less pollution, a reduced barrier effect and greater quality of landscape, giving the investments a positive return in both economic and social terms.

capítulo 1

## introducción

Infraestructuras  
madrid

---

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico, el nivel de renta, y el conjunto del desarrollo de una sociedad, son variables que dependen del adecuado desenvolvimiento de las actividades que en su seno se llevan a cabo. Y a fin de lograr ese objetivo último, disponer de un adecuado sistema de infraestructuras es clave.

Por su carácter estructurante, las infraestructuras de transporte juegan un papel crucial en el desarrollo. No en vano, la inversión en infraestructuras de transportes y comunicaciones se ha convertido también en uno de los principales instrumentos de convergencia territorial.

Pero es que, además, aquellos territorios, aquellas ciudades, que cuenten con adecuadas dotaciones de infraestructuras parten con una gran ventaja en la competencia global por la atracción de capital que les permitan ir aumentando su nivel de desarrollo potencial.

Las infraestructuras de transporte generan múltiples externalidades positivas de las que se benefician todos los agentes económicos y redundan en una reducción de costes y un aumento de la productividad de los factores de producción.

Y es precisamente por todo esto, por lo que el Ayuntamiento de Madrid ha realizado una apuesta de un enorme calado en el desarrollo de las infraestructuras viarias más importantes de la ciudad.

Precisamente por su relevancia en el desarrollo económico de la ciudad y su trascendencia en todos los órdenes de la vida de la ciudad, es de vital importancia conocer el efecto de arrastre que dicha inversión tiene sobre el resto de la economía.

Por ello, el objetivo de este estudio es evaluar el impacto económico de las grandes inversiones que el Ayuntamiento de Madrid viene realizando en la creación y remodelación de esas infraestructuras de la ciudad. Tanto las más inmediatas, las que se producen durante su construcción, como aquellas de más largo plazo fruto del importante efecto que tiene sobre los sectores productivos.

Hay, pues, dos grandes grupos de efectos económicos producidos por esta inversión: los impactos directamente producidos durante la construcción, considerados de corto plazo; y aquellos de carácter estructural, derivados de la utilización de la nueva infraestructura, y asociados con el largo plazo.

Los impactos de corto plazo se relacionan con la actividad generada por la construcción misma, y los efectos de arrastre que provoca, a través de la demanda de bienes y servicios, en el resto de la economía. Los de largo plazo, por el contrario, se relacionan con la capacidad de los sectores productivos de aprovechar esas nuevas y mejores dotaciones en beneficio propio a través de la reducción de costes y del aumen-

to de la productividad de los diferentes factores, con carácter posterior a la realización de la inversión.

El análisis de los efectos del primer tipo se realizan mediante el análisis *Input-Output*, por la enorme potencia del mismo y por centrarse en un análisis estático que se adecua bien al estudio de las relaciones entre los diferentes sectores o de equilibrio general de la economía.

En relación con el segundo tipo de efectos, el esquema teórico utilizado consiste en ampliar los argumentos tradicionales de la función de producción y estimar las elasticidades de la producción respecto de los diferentes tipos de capital, a fin de realizar la más adecuada evaluación de los efectos permanentes sobre la producción y el nivel de empleo de la Ciudad de Madrid.

El objetivo concreto que se pretende es estimar tanto la variación del Valor Añadido Bruto de la Ciudad de Madrid, como el impacto del mismo sobre la creación de empleo.

Por último, e intentando tener la visión más amplia posible, también se recoge un resumen de un conjunto de otros importantes impactos socioeconómicos que si bien no han sido específicamente analizados en esta investigación, dada su realización previa por el equipo de investigación de la UPM en el estudio sobre «Evaluación socioeconómica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid», se ha considerado imprescindible incorporarlo también.

En definitiva, con este trabajo se pretende ofrecer una buena aproximación, a los grandes impactos que las importantes inversiones que el Ayuntamiento de Madrid viene realizando en la transformación, ampliación y mejora de las infraestructuras viarias de la ciudad, tienen sobre la economía madrileña.



capítulo

2

# **metodología y cifras básicas empleadas para la realización del estudio**

1. Análisis de corto plazo
2. Análisis de largo plazo

Infraestructuras  
madrid

## 2

---

# METODOLOGÍA Y CIFRAS BÁSICAS EMPLEADAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

## 2.1

---

### **Análisis de corto plazo. Metodología *Input-Output***

La finalidad y el sentido de las inversiones en infraestructuras viarias se encuadra en una visión de largo plazo que aúna elementos de carácter económico con muchos otros de diverso carácter como el social, por ello, aunque los objetivos de las inversiones viarias llevadas a cabo por el ayuntamiento se centran en una estrategia global de planificación urbana, no deben desdeñarse los efectos que dentro de la esfera económica del corto plazo pueden atribuirse a la dimensión del gasto en infraestructuras realizado.

Los efectos económicos que generan las diferentes inversiones en el corto plazo, no se ciñen estrictamente al gasto desembolsado, sino que en función de las interacciones entre los diversos agentes económicos, es posible encontrar una vinculación económica con estas inversiones en actividades que a priori no guardan una relación directa con las mismas.

Unas inversiones del volumen de las que se llevan a cabo en la ciudad de Madrid en el período 2003-2008, tiene un efecto macroeconómico de dinamización de toda la economía madrileña que trasciende de la propia inversión propiamente dicha, e involucra al conjunto de la economía interior, teniendo repercusión incluso fuera de la propia comunidad.

Para abordar esta perspectiva de análisis económico, la Comunidad de Madrid cuenta con las herramientas estadísticas de síntesis apropiadas que permiten llevar a cabo un estudio sobre los efectos, que dentro del corto plazo, producen estas inversiones sobre la economía interior. Estas herramientas se recogen en el último Marco *Input-Output* de la Comunidad de Madrid, que con referencia al año 2002 plantea una visión estructural de la economía de la Comunidad, profundizando en las interrelaciones económicas de las diversas actividades que la componen.

El objetivo de esta parte del estudio es la cuantificación, mediante la metodología IO de los efectos económicos (que coherentemente con esta metodología se descompone en efectos directos, indirectos e inducidos) de las inversiones en infraestructuras viarias del ayuntamiento en el horizonte 2003-2012. La plasmación de estos efectos se concreta en una serie de variables económicas, que proporcionan la dimensión de los mismos, por ello estos efectos se concretan en el valor de la producción del sistema económico y el empleo, medido por el total de ocupados, presentando también de manera adicional cierta información en términos de valor añadido.

Para alcanzar una medida de la importancia real de estos efectos en la economía madrileña, se ponen en relación los valores de los efectos asociados a estas variables, con la dimensión de la economía de la Ciudad de Madrid, en las principales

variables analizadas. Con este procedimiento se puede comprender mejor la verdadera dimensión económica de todo el fenómeno estudiado.

Una parte importante de este estudio se refiere a la territorialización de los efectos económicos calculados. Cobra gran interés observar que dentro de la perspectiva macroeconómica adoptada en este estudio, las inversiones generan efectos económicos (atendiendo a la estructura económica de las diferentes partes de la región), en mayor o menor medida en toda la Comunidad e incluso fuera de la misma. Los efectos económicos de estas infraestructuras, que han sido cuantificados en términos de valor de producción y empleo, como variables económicas más significativas, son asignados territorialmente, en un primer momento a las diversas zonas de la Comunidad de Madrid y posteriormente, incluso, se desciende a los distintos distritos de la Ciudad de Madrid.

En esta perspectiva de asignación territorial, también se avanza la influencia que estas inversiones pueden tener fuera de la economía regional, en este sentido también se señalan los efectos que generan estas infraestructuras sobre la economía exterior, vía importaciones, prestando atención a la procedencia general de las mismas, para desglosar así posibles efectos sobre el resto de España o incluso fuera de nuestro país.

### 2.1.1. Metodología *Input-Output* aplicada en este estudio

La metodología aplicada en este estudio se basa en el modelo *Input-Output* de demanda, considerando como elemento exógeno del modelo y desencadenante de los diversos efectos económicos, el volumen de inversión en infraestructuras viarias del Ayuntamiento de Madrid para un período dado. Dentro de la definición de este vector de demanda final, se debe resaltar, que dicho vector hace referencia exclusivamente a la inversión en infraestructuras viarias realizada por el Ayuntamiento de Madrid, por lo cual no se incluyen dentro de las mismas otro tipo de inversiones en infraestructuras de transporte o movilidad (como puede ser la inversión en la mejora y ampliación de la red de metro —que en parte financia el Ayuntamiento—) u otro tipo de inversiones municipales de diferente naturaleza (como la realizada en vivienda).

El modelo construido para este análisis está basado en el marco *Input-Output* de la Comunidad de Madrid del año 2002, en torno a la Matriz Simétrica de origen interior.

Los modelos del tipo IO de demanda atienden a una metodología general ampliamente contrastada cuya formulación y limitaciones se detallan en el apéndice metodológico.

La herramienta económica constituida por las tablas *Input-Output*, permiten observar los flujos de las diferentes transacciones intersectoriales en una economía dada para un año de referencia, de igual modo también recoge los distintos vectores de la demanda final y los *inputs* primarios.

El modelo construido de esta manera sin incorporar información adicional, basada en los coeficientes técnicos interiores de producción, permite aproximar los efectos directos e indirectos de esta metodología, pero no permite alcanzar los inducidos, ya que estos efectos necesitan de la ampliación del modelo. El modelo se amplía endo-

geneizando una parte de la demanda final, el consumo de los hogares residentes. Este análisis no es trivial y aparte de necesitar de información adicional implica la adopción de diversos supuestos, que se detallan en el apéndice metodológico.

El efecto directo, que aparece desglosado en el volumen inicial de la inversión y los efectos que se desencadenan a través del sistema productivo, en la primera ronda de transacciones económicas. Estos efectos obedecerían a la satisfacción de la demanda inicial de los productores de los bienes (fundamentalmente de inversión) del sistema productivo.

Los efectos indirectos aparecen en una segunda etapa de intercambios económicos entre las diversas ramas productivas del sistema. En esta fase de intercambios se producen una serie de rondas de transacciones económicas que van satisfaciendo las diversas necesidades de bienes y servicios de todo el conjunto de ramas productivas de la economía de Madrid, hasta que se agota el efecto del *shock* inicial de demanda final.

Por último en los efectos inducidos aparece el factor de la renta de los factores productivos. Al producirse un incremento de la misma fruto del incremento de la producción del sistema que satisface el *shock* inicial de demanda final, se incrementa el consumo por parte de estos agentes, desencadenando una serie adicional de transacciones económicas a lo largo de todo el sistema económico.

La explicación económica de estos efectos es la introducción en el análisis, de las implicaciones que un incremento de la renta de los hogares tiene en el aumento del consumo de los mismos, por ello se necesita construir un vector que introduzca dentro de la matriz intermedia una parte de los *inputs* primarios (VAB) y una parte de la demanda final (consumo de los hogares residentes).

De esta manera el modelo así construido permite analizar los efectos económicos de unas inversiones, consideradas exógenas al contexto económico, descompuestos atendiendo a su diversa naturaleza; directos, indirectos e inducidos.

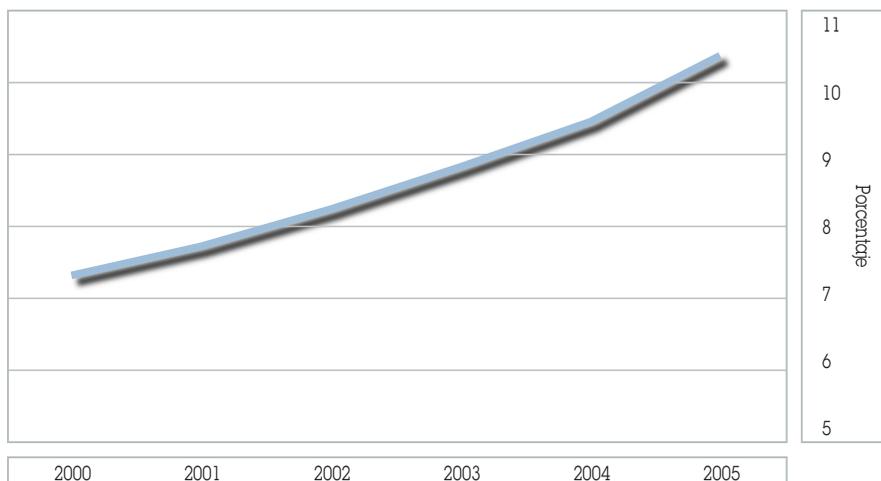
## **2.1.2. Cifras generales del volumen de inversión**

### **2.1.2.1. *El papel de la actividad de construcción en Madrid***

Más allá de la innegable importancia que en las múltiples facetas de la vida diaria tienen las inversiones en construcción y en concreto las infraestructuras viarias, las diversas fuentes estadísticas ofrecen una visión cuantitativa objetiva de la importancia económica de la actividad de construcción dentro de la economía de la Comunidad de Madrid y del propio municipio de Madrid.

La primera característica reseñable, que indica el dinamismo de la construcción en la economía madrileña, es la evolución reciente de esta actividad. La importancia de esta actividad, que ya rebasa el 10% en la economía de la Comunidad de Madrid, no ha dejado de seguir una senda creciente desde el año 2000, ganando, aproximadamente, un punto en importancia porcentual cada año.

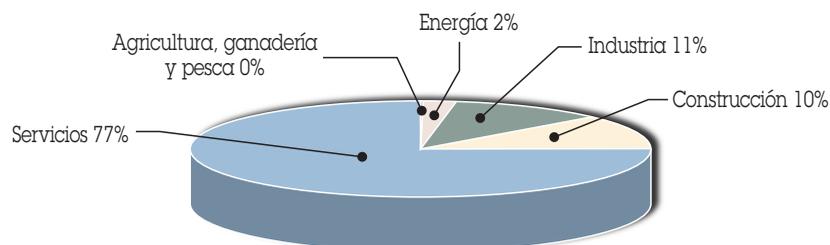
**Gráfico 1** Evolución de la importancia de la construcción en la economía de la Comunidad de Madrid



Fuente: Contabilidad Regional de España.

Este dinamismo de la actividad de la construcción en los últimos años se traduce en una importancia en la Comunidad que supera en el año 2005 el 10% del total del valor añadido generado. A pesar de la creciente importancia y dinamismo de la construcción en este esquema de generación de valor añadido, la gran presencia del sector servicios, tanto en la comunidad como especialmente en la Ciudad de Madrid es el elemento que condiciona, en cierta medida, un papel todavía mayor de la construcción.

**Gráfico 2** Reparto del valor añadido en la economía de la Comunidad de Madrid. Año 2005

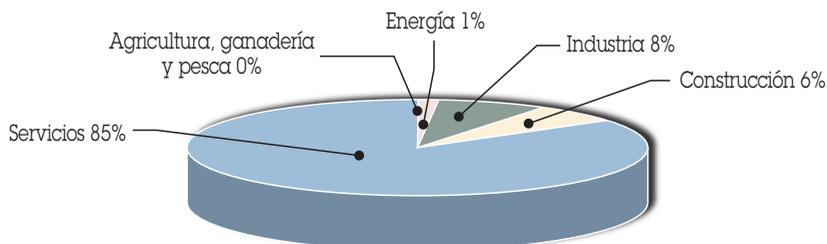


Fuente: Contabilidad Regional de España.

La estructura de generación de valor añadido del municipio de Madrid, tiene a los servicios como su mayor referente, por lo que el peso de la construcción en este caso se reduce respecto de la importancia que adquiere a nivel de la Comunidad.

Gráfico 3

Reparto del valor añadido en la economía del Municipio de Madrid. Año 2003

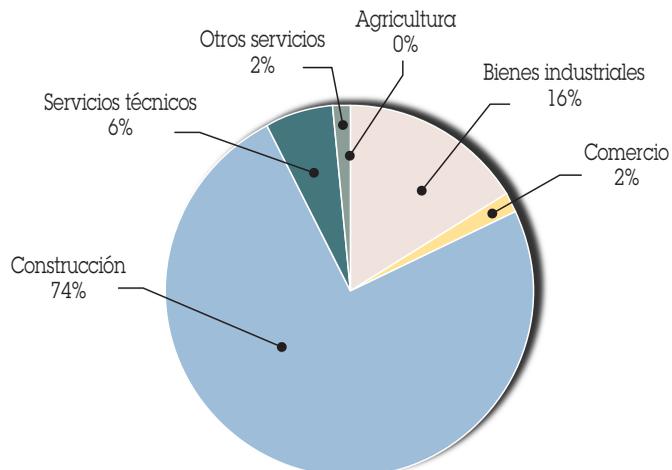


Fuente: Contabilidad Municipal de Madrid.

La importancia que dentro de la perspectiva de la oferta se puede atribuir a la construcción en la economía madrileña, se multiplica cuando se observan otro tipo de variables económicas y en concreto, como señala el gráfico 4, la formación bruta de capital fijo de origen interior. La magnitud de la formación bruta de capital fijo que recoge el desglose por productos de la inversión de la economía, es decir en que bienes esta invirtiendo la economía, muestra como la construcción es el principal producto de inversión de origen interior. De cada 100 euros de inversión con origen en la economía interior de la Comunidad de Madrid la inmensa mayoría, 85, tiene como destino productos encuadrados en la actividad de construcción.

Gráfico 4

Desglose por productos/actividades de la Formación Bruta de Capital Fijo de origen interior de la Comunidad de Madrid

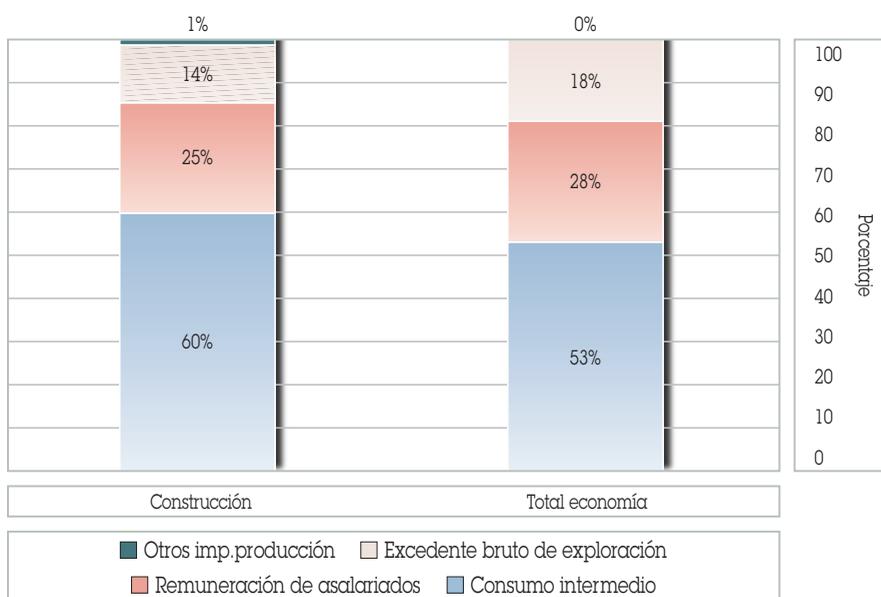


Fuente: Tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

La importancia en la economía de Madrid de la construcción, concretada en el factor de dimensión de la misma, es un elemento que influye en los resultados del modelo IO base de todo este análisis, pues en gran medida la demanda final asociada a las inversiones viarias del ayuntamiento se materializa dentro del modelo en la actividad de construcción. Adicionalmente a este elemento, la estructura productiva de esta actividad, observada en el gráfico 5 también matiza como se comportarán los efectos de estas inversiones a lo largo del tejido productivo madrileño.

Gráfico 5

**Estructura productiva de las ramas de actividad homogéneas de Construcción y total de la economía de Madrid. Año 2002**



Fuente: Tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

Como se observa en este gráfico, la proporción de consumos intermedios dentro del valor de la producción en rama de construcción es sensiblemente mayor en el caso de la construcción, lo que indica que ya en la primera ronda de transacciones económicas, la capacidad que la rama de construcción tiene para producir un mayor dinamismo en el conjunto de las actividades económicas es mayor que la media de la economía. Esta característica se traduce una vez sistematizado el modelo, en su mayor capacidad de arrastre o efecto difusión de la rama de construcción, y por tanto en mayores coeficientes de este tipo que la media de la economía y por ello una mayor facilidad de generar actividad a lo largo de todo el tejido productivo madrileño.

### 2.1.2.2. Inversión efectuada

El volumen de inversión en términos generales para el período 2003-2012 se acerca a los 4.000 millones de euros, donde en el período 2003-2008, se llevan a cabo las principales inversiones ligadas a nuevas obras, mientras que a partir de este período el gasto recogido es el asociado a la gestión de las infraestructuras creadas. Aunque el horizonte de estas inversiones alcanza más allá del año 2012, dado que las principales obras se concentran hasta ese período y más concretamente hasta 2008, el período de estudio de estos efectos se ha concretado en los años 2003 a 2012, fecha en la que termina el horizonte temporal del actual Plan General de Ordenación Urbana de Madrid.

Para la obtención de los efectos asociados a estas inversiones, el volumen de inversión anualizado se introduce independientemente cada año en el modelo. Para ello se ha llevado a cabo una periodificación de las inversiones basándose en la duración de las mismas, su fecha de comienzo y finalización y repartiendo proporcionalmente al número de días, en cada año el nivel de la inversión.

Los resultados de este proceso se resumen en las tablas 1 y 2. La tabla 1, explica como el grueso de las inversiones se producen hasta el año 2008, descendiendo, de manera importante, a partir del año 2009.

Tabla 1	Inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Inversión Obras (exM-30)	28.261,5	86.943,3	225.213,1	212.701,6	104.712,6	1.590,3				
Inversión M-30		189.395,1	912.436,9	1.186.056	623.737	112.374,9	0	0	0	0
Otros gastos		3.017,2	2.543,1	2.543,1	8.577,6	8.577,6	8.577,6	8.577,6	8.577,6	8.577,6
<b>Total</b>	<b>28.261,5</b>	<b>279.355,7</b>	<b>1.140.193,1</b>	<b>1.401.300,7</b>	<b>737.027,2</b>	<b>122.542,8</b>	<b>8.577,6</b>	<b>8.577,6</b>	<b>8.577,6</b>	<b>8.577,6</b>

Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Las cantidades de la tabla 1 hacen referencia al desglose temporal de las inversiones, mientras que las que se muestran en la posterior tabla 2 son el resultado de sumar la inversión para todo el período. En esta última tabla se puede contemplar, como de manera agregada para todo el período, el gasto en las obras de la M-30 es el principal concepto, en todas las infraestructuras de transporte contempladas para este período.

Tabla 2

Total de las inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)

Acción	Miles de euros
<b>Proyecto M-30:</b>	
Remodelación enlace M-30 (Nudo La Paloma) y las calles Pío XII y Avenida de Burgos	52.874,7
Remodelación de la C/Costa Rica y Plaza José María Soler y sus entronques con M-30	32.011,3
Remodelación enlace M-30 con Avenida de América/A2	23.830,9
Enlace entre el eje N-100-O'Donnell y M-30	21.653,4
Enlace de la M-30 con la N-III	190.625,8
Bypass Sur. Túnel Norte-III-Sta. María de la Cabeza. Calzada izquierda	412.253,1
Bypass Sur. Túnel Norte-III-Sta María de la Cabeza. Calzada derecha	456.544,4
Remodelación vía de servicio M-30 Noroeste y ampliación a 3 carriles enlace Oeste M-30	38.983,9
Construcción nuevo acceso Avenida de la Ilustración con la carretera de Colmenar M-607	32.548,3
Construcción de rampas de los túneles Bypass Norte con N-I	9.901,5
Conexión de la C/Embajadores con la M-40	137.572,9
Avenida de Portugal	196.868,5
Marqués de Monistrol-Puente Segovia	439.727,7
Puente Segovia-Puente de San Isidro	299.222,2
Puente San Isidro-Puente Praga	319.552,6
Puente de Praga-Nudo Sur	325.835,2
Centro de control de túneles	33.840,5
Otros gastos	59.722,2
<b>Total M-30</b>	<b>3.083.569,0</b>
<b>Resto de infraestructuras viarias:</b>	
Supresión paso elevado Gta. Cuatro Caminos	27.942,1
Remodelación Vías de servicio de la A-I entre M-30 y M-40	36.132,2
Prolongación Norte de la C/Ventisquero de la Condesa	11.440,3
Construcción del Enlace con la M-40 en el PAU de Sancharinaro	10.060,4
Prolongación tunel C/O'donnell	34.151,1
Anillo Verde Ciclista (segunda y tercera fase)	34.826,7
Gran Vía Sureste, límite sur P. P. y la N-III Ensanche de Vallecas	19.612
Vía Borde del Suroeste (Vial 18) Ensanche de Vallecas	18.511,4
Nuevo tunel Avda Pío XII	56.505,8
Anillo distribuidor APR 08.04 (Ciudad Deportiva Real Madrid)	111.808,8
Enlace M-40 con PAU Las Tablas	36.931,8
Conexión Avda. Ilustración-Ventisquero de la Condesa	73.652,6
Conexión distrito Tetuán con M-30, eje Sor Ángela de la Cruz-Marques Viana	84.415,5
Nuevos accesos a los vertederos de Madrid	15.300,7
Otras Obras externas a la M-30	88.131,0
<b>Total resto de infraestructuras viarias</b>	<b>659.422,4</b>
<b>Total</b>	<b>3.742.991,2</b>

### 2.1.2.3. Asignación a productos del Marco Input-Output

La introducción de las inversiones dentro del modelo IO, necesita de la concreción de éstas dentro del esquema de ramas y productos del modelo, por ello se ha de llevar a cabo una asignación a productos coherente con el marco IO en que se expresa el modelo construido para la Comunidad de Madrid y que tiene su base en el Marco IO del año 2002.

Para llevar a cabo esta tarea de asignación a productos coherentes con el marco IO diseñado, se ha contado con una información agregada de tipo genérica de las obras llevadas a cabo, proporcionada por el propio Ayuntamiento. Esta información ha permitido desglosar estas inversiones en tres grupos de productos; bienes de inversión, trabajos de construcción y servicios técnicos.

La tabla 3 muestra como con la información disponible y supuestos adicionales, se obtiene una estructura genérica para la inversión en obras, mientras que los gastos de gestión de las obras se atribuyen en su totalidad al producto servicios técnicos.

**Tabla 3** Estructura genérica de las inversiones

Concepto	Porcentaje
Bienes de inversión	10,3
Construcción	76,3
Servicios técnicos	13,5

Fuente: Ayuntamiento de Madrid y elaboración propia.

No obstante, aunque se ha obtenido una estructura genérica para la inversión en obras que presenta la tabla 3, todavía se debe descomponer el concepto de bienes de inversión.

Para ello se considera la estructura de la Formación Bruta de Capital del Marco IO, base del modelo en aquellos bienes susceptibles de formar parte de estas obras, esta estructura adicional se puede observar en la tabla 4.

**Tabla 4** Estructura por productos del Marco IO de la economía de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid

Producto	Porcentaje
4. Estructuras metálicas	4,0
5. Productos de forja y talleres	1,9
6. Artículos metálicos	0,0
7. Maquinaria industrial	2,3
8. Material eléctrico	0,1
9. Material electrónico	0,6
10. Máquinas oficina y precisión	0,4
34. Trabajos de construcción	76,3
35. Servicios de comercio al por mayor e intermediarios	1,0
46. Servicios técnicos	13,5
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Ayuntamiento de Madrid y elaboración propia.

#### 2.1.2.4. Asignación territorial de la inversión

La asignación territorial de la inversión realizada, plantea diversas implicaciones en este estudio. Por un lado la propia importancia que contiene el análisis territorial en sí mismo, por otro el diferente tratamiento que los efectos de todo este fenómeno tienen en función de la naturaleza de los mismos, en este aspecto, aunque se ha concluido el carácter macro de estas inversiones y su análisis mediante el marco IO del conjunto de la economía regional, la presencia de información pormenorizada de la localización de estas inversiones conlleva la fijación de las mismas al municipio de Madrid y a sus distintos barrios.

Gracias a esta localización concreta, se observa que la inversión efectuada por el Ayuntamiento de Madrid, tiene en la mayoría de los casos una referencia territorial del gasto, que indica en que parte de la ciudad se han producido estas obras.

A pesar de contar con una referencia territorial del distrito de la inversión, también se debió llevar a cabo una estimación adicional de determinados gastos, de acuerdo a diversos criterios:

- La inversión en dos o más distritos<sup>1</sup> se dividió a partes iguales entre ellos.
- La inversión no asignada a distritos se asignó siguiendo la estructura del total.

<sup>1</sup> En el caso de las inversiones de la M-30, divididas en cuatro grandes zonas, su reparto implicó en algunos casos más de dos distritos.

**Tabla 5** Asignación por distritos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros)

		Total inversión
1	Centro	5.222,6
2	Arganzuela	332.311
3	Retiro	17.207,1
4	Salamanca	18.147,5
5	Chamartín	57.091
6	Tetuán	56.699,2
7	Chamberí	14.034,4
8	Fuencarral-El Pardo	816.521,8
9	Moncloa-Aravaca	277.423,1
10	Latina	275.680,9
11	Carabanchel	269.614,9
12	Usera	269.619,2
13	Puente de Vallecas	332.311
14	Moratalaz	94.512,4
15	Ciudad Lineal	93.346,1
16	Hortaleza	537.304,7
17	Villaverde	0
18	Villa de Vallecas	74.864,8
19	Vicalvaro	105.785,2
20	San Blas	95.294,4
21	Barajas	0
<b>Total Madrid municipio</b>		<b>3.742.991,4</b>

Fuente: Ayuntamiento de Madrid y elaboración propia.

El reparto de este volumen de inversión inicial, como parte del efecto directo de todo el proceso se asignará al municipio de Madrid y a los distritos reseñados, formando parte del proceso de asignación territorial de todos los efectos del conjunto de las inversiones del Ayuntamiento. Posteriormente el resto de los efectos serán objeto de un proceso de asignación territorial diferente al de este nivel inicial de inversión.

## 2.2

### Efectos económicos de las infraestructuras. Análisis de largo plazo

En este caso, el esquema teórico utilizado consiste en ampliar los argumentos tradicionales de la función de producción y estimar las elasticidades del *output* respecto de los diferentes tipos de capital.

Aunque este enfoque ha sido utilizado en muchos estudios bajo supuestos simplificados muy restrictivos, ha protagonizando el debate sobre la medición de los efectos macroeconómicos agregados de las infraestructuras (véanse, por ejemplo, las panorámicas de Gramlich [1994], Draper y Herce [1994] o de la Fuente [1996]).

Una primera aproximación sobre un concepto tan amplio como es el de las infraestructuras consiste en su caracterización como todos aquellos bienes de capital que constituyen la base o sustento de la actividad socioeconómica, en la medida en que determinan o condicionan la potencialidad productiva de las distintas partes del territorio y la localización geográfica de los factores de producción móviles. De esta definición se sigue que el desarrollo de una región y la desigualdad interregional de rentas se relacionan estrechamente con la dotación de infraestructuras.

Asimismo, el nivel de dotación de infraestructuras y equipamiento urbano incide de forma señalada sobre la productividad del sector privado, aspecto íntimamente conectado con la competitividad de la economía. Las economías externas generadas por la inversión en infraestructuras se difunden por todo el territorio, beneficiando a todas las personas y agentes económicos o sociales, y se «internalizan» por el sector privado mediante una reducción de sus costes y un aumento en la productividad de los demás factores de producción.

Una característica básica es que en general las infraestructuras se financian con gasto público, que está compuesto por la suma de la inversión pública y el consumo público, esto es, no todo el gasto público está orientado a la producción. En este sentido, Aschauer (1989) demuestra que las expansiones del gasto en inversión pública tienen un efecto mucho más estimulante sobre la producción nacional que incrementos iguales en gasto de consumo público. Para el caso concreto de España, Argimón *et al.* (1993) confirman este resultado.

Para el caso español son muy numerosos los trabajos que han utilizado dicha función de producción para estimar los efectos de la inversión pública sobre el *output*. Así, por ejemplo, Bajo y Sosvilla (1993) utilizan la variable de capital público total contenida en la base de datos del modelo MOISEES, mientras que Argimón, González-Páramo y Roldán (1993), y Mas *et al.* (1994) trabajan con series basadas en una noción más restringida de capital público productivo o infraestructuras. Los resultados de estos estudios tienden a coincidir en el sentido de que la existencia de cointegración se acepta en la mayor parte de los casos, permitiendo rechazar la hipótesis de regresiones espúreas y asegurando la consistencia de los estimadores.

En general, los coeficientes obtenidos para la variable capital público tienen valores elevados y parecen ser significativos. Con todo, la aplicación de las nuevas técnicas no permite aún dar por zanjada definitivamente la cuestión, ya que los coeficientes estimados varían mucho de un estudio a otro.

Este estudio se inscribe en el contexto del análisis de cointegración, donde dentro del capital productivo público se desagregará, como variable explicativa adicional, el *stock* de infraestructuras urbanas. La metodología econométrica empleada se expondrá, de manera sucinta, en el anexo de esta publicación.

### **2.2.1. Análisis de datos**

A continuación, se definen las características de las series de datos utilizadas en el modelo.

Se consideran las variables siguientes: producción, ocupación, capital humano, capital privado y capital público. Todos los datos hacen referencia a la economía de Madrid y cubren el período 1964-2000.

El nivel de producción regional se ha medido usando el Valor Añadido Bruto (VAB) al coste de los factores. Esta serie procede, al igual que el número de ocupados, de la publicación Renta Nacional de España y su distribución provincial, editada por la Fundación BBVA.

Los datos sobre capital humano, medido por la proporción de ocupados que al menos poseen educación secundaria, se han obtenido del trabajo Mas et. al., del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE), «Capital Humano, series históricas 1964-2001».

Las series de capital privado y público provienen de «El *stock* de capital en España y sus comunidades autónomas», elaborada por el IVIE por encargo de la Fundación BBVA.

Las series de capital privado hacen referencia al capital neto e incluyen sólo al conjunto de activos duraderos, tangibles y reproducibles; se excluyen, en consecuencia, el inmovilizado inmaterial, las existencias, el inmovilizado en curso y los terrenos y bienes naturales. En el caso del capital público inicialmente se ha incluido junto al denominado capital público productivo, que abarcaría, básicamente, las infraestructuras referentes a las áreas de transportes y comunicaciones: carreteras, aeropuertos, estructuras ferroviarias, etc., al denominado capital público social, que comprendería la educación, sanidad, etc. Se han incluido las infraestructuras tanto de la administración estatal como de la autonómica y local. Dentro del capital público se estudian en particular las infraestructuras urbanas.

En lo que sigue, las abreviaturas utilizadas para referirse a las diferentes variables son las siguientes:

Producción, VAB = Y.  
Ocupados totales = N.

Capital privado = K.

Capital productivo público = KP.

Capital productivo en infraestructuras urbanas = U.

Capital público en carreteras = C.

Capital humano = H.

Todas las variables se expresan en miles de euros de 1986, excepto el nivel de ocupación, que se mide en miles de trabajadores y el capital humano que se mide por el porcentaje que representa sobre la población total el estrato con un nivel de estudios superior al de secundaria. Además, para evitar posibles problemas de heterocedasticidad en las estimaciones, todas las series se transforman en logaritmos.



capítulo

3

## **resultados económicos sobre la Ciudad de Madrid**

1. Impacto económico a corto plazo
2. Impacto económico a largo plazo

Infraestructuras  
madrid

## 3

## RESULTADOS ECONÓMICOS SOBRE LA CIUDAD DE MADRID

## 3.1

### Impacto económico a corto plazo

#### 3.1.1. Resultados sobre la producción

Una primera batería de resultados se centra en la variable económica más significativa que emana del modelo, el valor de la producción asociado a este volumen de inversiones. Dentro de estos primeros resultados globales se recogen la totalidad de los efectos que proporciona el modelo, dentro del ámbito del corto plazo en que es relevante.

Los resultados que hacen referencia a los efectos sobre el nivel de producción aparecen recogidos en la tabla 6. Esta tabla expone la totalidad de los efectos que se producen sobre la producción del conjunto de la Comunidad de Madrid asociados al volumen de inversiones anteriormente detallado.

Tabla 6

**Efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros)**

	Total	Inversión	Resto directos	Indirectos	Inducidos
A, B Agricultura, ganadería, caza y selvicultura y pesca	5.155,9	0	10,3	61,3	5.084,3
C, E Energía y minería	65.667,4	0	14.746,8	12.038,6	38.882,1
D Industria manufacturera	856.992,5	341.176,1	234.359,2	81.925,4	199.531,8
F Construcción	3.255.206	2.808.996,9	316.076,4	78.122	52.010,7
G Comercio; venta y reparación de vehículos	350.955,5	37.544,1	69.018,7	25.998,9	218.393,8
H Hostelería	162.122,4	0	23.374,8	12.130,5	126.617,1
I Transporte, almacenamiento y comunicaciones	251.660,3	0	47.693,4	46.901,6	157.065,3
J Intermediación financiera	203.374,8	0	47.579,1	31.689,5	124.106,2
K Actividades inmobiliarias y alquileres; servicios empresariales	1.214.082,6	555.274,3	269.524,8	92.783,8	296.499,7
L Administración pública, defensa y seguridad social	0	0	0	0	0
M Educación	60.231,4	0	588,8	942,1	58.700,5
N Actividades sanitarias y veterinarias, servicios sociales	67.749,8	0	86	490,1	67.173,7
O, P Servicios prestados a la comunidad; servicios personales	218.634,5	0	1.587,3	3.474	213.573,2
<b>Total</b>	<b>6.711.833</b>	<b>3.742.991,4</b>	<b>1.024.645,5</b>	<b>386.557,7</b>	<b>1.557.638,4</b>

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

Este primer grupo de resultados hace referencia al conjunto de los resultados agregados que se derivan del modelo para el conjunto del período 2003-2012, donde se diferencian por la naturaleza de los mismos.

La denominación del desglose de los efectos obedece a los que identifica la metodología IO para este tipo de análisis y brevemente se caracterizan de la siguiente manera:

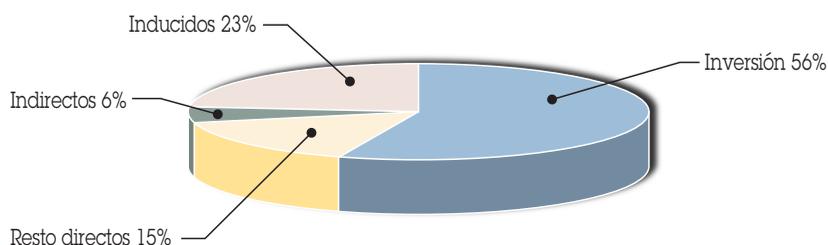
El efecto directo, que aparece desglosado en el volumen inicial de la inversión y los efectos que se desencadenan a través del sistema productivo, en la primera ronda de transacciones económicas. Estos efectos obedecerían a la satisfacción de la demanda inicial de los productores de los bienes (fundamentalmente de inversión) del sistema productivo.

Los efectos indirectos aparecen en una segunda etapa de intercambios económicos entre las diversas ramas productivas del sistema. En esta fase de intercambios se producen una serie de rondas de transacciones económicas que van satisfaciendo las diversas necesidades de bienes y servicios de todo el conjunto de ramas productivas de la economía de la Comunidad de Madrid, hasta que se agota el efecto del *shock* inicial de demanda final.

Por último en los efectos inducidos aparece el factor de la renta de los factores productivos. Al producirse un incremento de la misma fruto del incremento de la producción del sistema que satisface el *shock* inicial de demanda final, se incrementa el consumo por parte de estos agentes, desencadenando una serie adicional de transacciones económicas a lo largo de todo el sistema económico.

Gráfico 6

Desglose porcentual de los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

### 3.1.2. Resultados sobre el empleo y el valor añadido

La metodología IO permite observar los efectos de *shock* de demanda final exógeno, sobre un amplio conjunto de variables de la economía, en este caso y debido a su importancia tiene relevancia la observación del empleo asociado a todos estos efectos sobre la producción del sistema económico así como el volumen de Valor añadido que se producen en las distintas ramas de actividad y que se asocia de igual manera a estas inversiones.

El total acumulado para el período 2003-2012 de los efectos sobre el empleo (empleo asociado), a nivel de las principales ramas de actividad agregadas puede observarse en la tabla 7.

Tabla 7

**Efectos sobre el empleo y el Valor Añadido de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012**

	Empleo (puestos de trabajo)	Valor añadido a precios básicos (miles de euros)
A, B Agricultura, ganadería, caza...	262	2.583,6
C, E Energía y minería	259	41.690,3
D Industria manufacturera	6.481	264.868,5
F Construcción	29.818	1.297.790,5
G Comercio; venta y reparación de vehículos	5.811	211.177,6
H Hostelería	2.928	64.209,7
I Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1.600	97.196,3
J Intermediación financiera	1.173	142.206,2
K Actividades inmobiliarias y alquileres; servicios empresariales	5.635	520.939,2
L Administración pública, defensa y seguridad social	0	0
M Educación	941	29.649,9
N Actividades sanitarias y veterinarias, servicios sociales	1.077	30.577,3
O, P Servicios prestados a la comunidad; servicios personales	4.768	111.092,6
<b>Total</b>	<b>60.754</b>	<b>2.813.981,8</b>

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

Como en el caso de la producción, el empleo será objeto de un proceso de asignación territorial posteriormente.

Como se observa en la tabla 7, en términos de valor añadido, la inversión genera cerca de los 3.000 millones de euros a lo largo de todo el período analizado, mientras que si se atiende a los efectos unitarios, por cada euro de inversión del ayuntamiento, teniendo en cuenta la estructura productiva de la Comunidad, se producen 0,75 euros de valor añadido dentro de la oferta productiva de la economía de la Comunidad de Madrid.

En términos de empleo se observa que aproximadamente cada 60.000 euros de inversión crearía o mantendría un puesto de trabajo dentro de la Comunidad.

### 3.1.3. Requerimientos de importaciones

Los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid, debido a su volumen e importancia sectorial, trascienden de una esfera microeconómica a una de carácter marco y tienen efectos, no sólo en el propio municipio y en un entorno más amplio en la Comunidad de Madrid, sino que generan dinamismo económico en el resto de España y más allá de nuestras fronteras.

Si se suman los efectos sobre la producción, observados anteriormente y los que se producen sobre el sistema productivo nacional e incluso internacional, recogido en las importaciones de la tabla 8 se puede obtener un desglose territorial de todos estos efectos.

Tabla 8

**Requerimientos totales de importaciones, según procedencia, asociadas a las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros)**

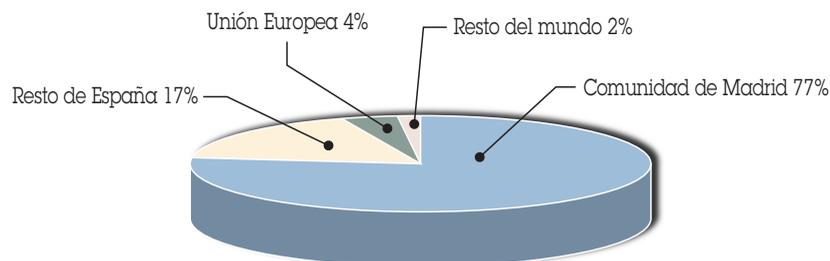
	Importaciones asociadas
<b>Total</b>	<b>2.011.358,9</b>
Resto de España	1.499.319,1
Unión Europea	370.931,4
Resto del mundo	141.108,4

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

En el gráfico 7 se observa que los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid no se agotan en la propia Comunidad sino que producen efectos de entidad fuera del territorio de la misma, destaca el caso de los efectos que se producen en el resto de España que si adicionáramos todos los efectos supondrían un 17% de los totales y comparándolo con los efectos dentro de la Comunidad de Madrid esos efectos serían más de un 20% de los efectos que se generan en la economía interior de la Comunidad.

Gráfico 7

**Desglose territorial de los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (efectos sobre la producción + requerimientos totales de importaciones)**



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

### **3.1.4. Resultados globales sectoriales sobre la producción**

Los resultados que avanzaba la tabla 6 aparecen con un mayor grado de detalle, desglosando por ramas de actividad y año, en la tabla 9.

Estos resultados por ramas de actividad, desglosan la totalidad de los efectos en las actividades/productos en que se producen. Se observa una alta concentración de estos efectos en la construcción fruto del efecto de la propia inversión, pero asimismo se observa como los efectos de estas inversiones se propagan en la práctica totalidad del sistema productivo de la Comunidad de Madrid.

La evolución de estos efectos totales, debido a las características del modelo aparece íntimamente correlacionada con la de las inversiones, alcanzando su máximo en el 2006 y concentrando los mismos en el primer período de análisis de estos efectos.

En lo que se refiere al reparto por actividades, la actividad de construcción contiene casi la mitad de los efectos totales, en este caso está clara la importancia del efecto de las propias inversiones, pero también es destacable la proliferación de efectos en esta actividad a lo largo de las sucesivas rondas de transacciones económicas.

Dentro de las actividades industriales, se observa una predominancia de las que tienen relaciones de suministradores directos con la construcción y distintas ramas de bienes de inversión, pues son las actividades de estructuras y productos metálicos, maquinaria industrial y cemento las que alcanzan unos efectos totales ligados a estas inversiones más relevantes.

En el grupo de actividades de servicios, claramente las actividades de servicios no destinados a la venta (cuya relevancia casi se circunscribe a los efectos inducidos) presentan los efectos más reducidos. En las actividades de servicios a la venta existen efectos relevantes en ramas de diversa naturaleza.

El agregado de actividades con mayor relevancia dentro de los servicios a la venta es el compuesto por las Actividades inmobiliarias y alquileres; servicios empresariales, dentro del cual existen dos actividades con gran vinculación con las actividades de construcción que son las que reciben más efectos de estas inversiones, tal es el caso de los servicios técnicos y del alquiler inmobiliario, si bien el sentido de los efectos en cada una de ellas es distinto, pues en el primer caso pesa bastante el volumen de la inversión y los efectos directos e indirectos, mientras en la segunda la mayor parte de los efectos se atribuyen a los efectos inducidos.

Dentro del complejo de actividades de servicios también destacan los efectos en las actividades ligadas a los márgenes comerciales, con una estructura por tipo de efectos más equilibrada. El resto de las ramas de servicios de mercado alcanza valores dispares destacando los que se producen en los recreativos de mercado y la intermediación financiera, en ambos casos los efectos inducidos, especialmente en el caso de los recreativos, son los que tienen mayor magnitud.

**Tabla 9 Efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012. Detalle por ramas de actividad y años (miles de euros y porcentaje)**

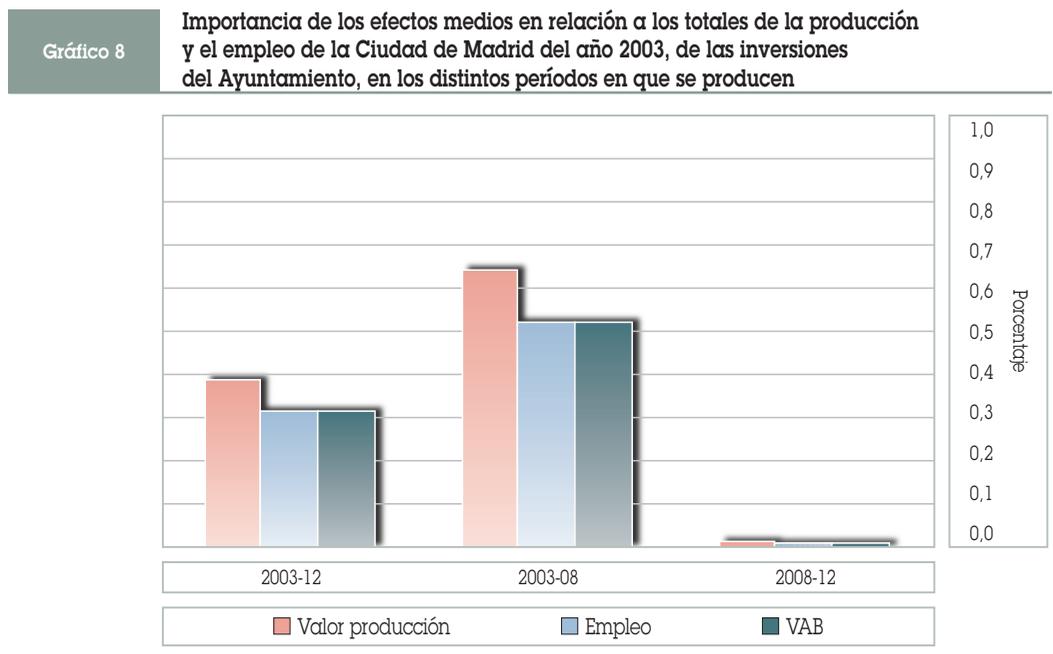
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total	%
Agricultura, ganadería, caza y selvicultura y pesca	39	385	1.573,1	1.933,4	1.015,7	1.678	10,5	10,5	10,5	10,5	5.155,9	0,1
Energía y minería	495,9	4.901,2	20.005,8	24.587,3	12.930,9	2.149	149,3	149,3	149,3	149,3	65.667,4	1,0
Industria manufacturera	6.531,7	64.154,6	263.171,4	323.517,3	169.176,2	27.159,5	820,5	820,5	820,5	820,5	856.992,5	12,8
Construcción	24.961,4	244.166,4	1.004.886,7	1.235.504,6	643.661,5	100.931	273,6	273,6	273,6	273,6	3.255.206	48,5
Comercio; venta y reparación de vehículos	2.651,2	26.197,6	106.955,3	131.450,1	69.115,6	11.470,1	778,9	778,9	778,9	778,9	350.955,5	5,2
Hostelería	1.217,4	12.078,5	49.152	60.399,3	31.876,2	5.407,1	498	498	498	498	162.122,4	2,4
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1.896,8	18.771,7	76.543,4	94.087,7	49.530,3	8.289,1	640,3	640,3	640,3	640,3	251.660,3	3,7
Intermediación financiera	1.536	15.180,1	61.966,6	76.157,7	40.049,2	6.652,2	458,3	458,3	458,3	458,3	203.374,8	3,0
Actividades inmobiliarias y alquileres; servicios empresariales	8.774,8	89.366,6	356.230,6	437.300,7	236.315	45.526,6	10.142,1	10.142	10.142	10.142	1.214.082,6	18,1
Administración pública, defensa y seguridad social	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Educación	455,5	4.497,7	18.373,9	22.582,6	11.865,4	1.960,8	123,9	123,9	123,9	123,9	60.231,4	0,9
Actividades sanitarias y veterinarias; servicios sociales	512,6	5.059,8	20.674,2	25,40	13.347,8	2.202,7	135,7	135,7	135,7	135,7	67.749,8	1,0
Servicios prestados a la comunidad; servicios personales	1.654,3	16.328,9	66.723,1	82.007,4	43.075,7	7.105,9	434,8	434,8	434,8	434,8	218.634,5	3,3
<b>Total</b>	<b>50.726,6</b>	<b>501.088,2</b>	<b>2.046.256,1</b>	<b>2.514.918</b>	<b>1.321.959,5</b>	<b>219.021,8</b>	<b>14.465,7</b>	<b>14.465,7</b>	<b>14.465,7</b>	<b>14.465,7</b>	<b>6.711.833</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia basada en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002.

Dada la naturaleza de las inversiones llevadas a cabo y la composición de la estructura productiva madrileña, los efectos de las inversiones viarias del ayuntamiento de Madrid en este período, tienen repercusión en la práctica totalidad de las actividades productivas que configuran la economía de la Comunidad. De este modo todo el abanico de actividades de la Comunidad, desde la propia construcción hasta incluso actividades de naturaleza tan distinta como la agricultura o los servicios a empresas, se benefician directa o indirectamente de estas inversiones en este período.

### 3.1.5. Importancia de los efectos de las inversiones sobre la economía de la Ciudad de Madrid

Atendiendo a las inversiones llevadas a cabo en el ayuntamiento, en función del período donde se efectúan, se observa que la mayor incidencia en la economía del municipio de Madrid, correlacionado con el mayor nivel de inversiones aparece en el período 2003-2008, que concentra la mayoría de las inversiones y de sus efectos.



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid. La afiliación a la seguridad social en la ciudad de Madrid y la Contabilidad Municipal de la Ciudad de Madrid base 2000. Serie 1998-2003.

**Tabla 10** Importancia de los efectos medios en relación a los totales de la producción y el empleo de la Ciudad de Madrid del año 2003, de las inversiones del Ayuntamiento, en los distintos períodos en que se producen (niveles e importancia relativa)

Período	Producción		Empleo		VAB	
	Miles de euros	%	Puestos de trabajo	%	Miles de euros	%
2003-2012	557.722	0,4	4.890	0,3	231.742	0,3
2003-2008	921.269	0,6	8.105	0,5	383.142	0,5
2008-2012	12.402	0,0	67	0,0	4.643	0,0

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid, La afiliación a la seguridad social en la ciudad de Madrid y la Contabilidad Municipal de la Ciudad de Madrid base 2000. Serie 19982-2003.

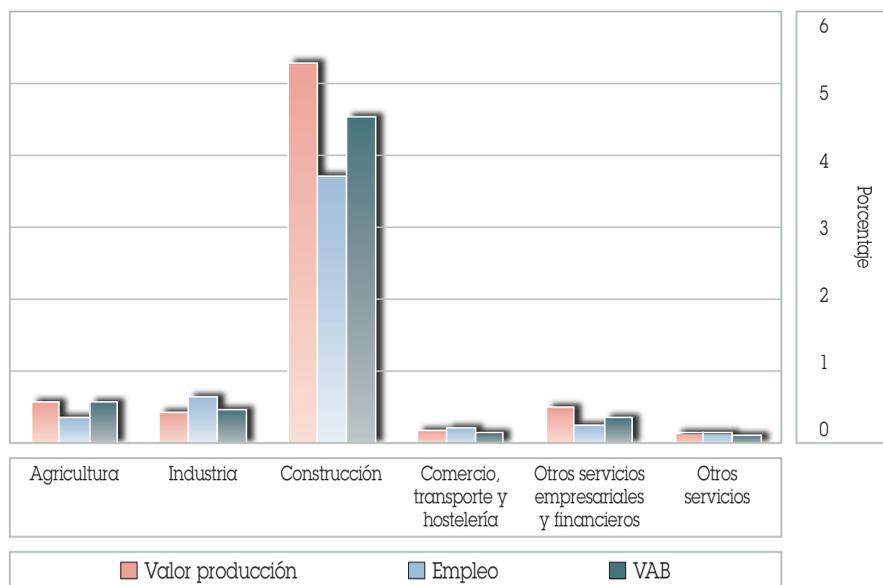
En el período de mayores efectos sobre la economía madrileña, el volumen de los mismos alcanza en torno al 0,8% del valor de producción de la ciudad y más del 0,6% del empleo que existía al inicio de estos efectos (2003), si estos efectos se relativizan para todo el período se reducen sensiblemente a cotas alrededor del 0,5% del valor de producción de la ciudad en 2003 y a 0,4% del empleo.

Para observar la importancia de estas inversiones en la perspectiva sectorial, también se concentra el análisis en los resultados anuales medios del período donde los efectos son más intensos, el período 2003-2008.

Detallando por grandes ramas de actividad estos efectos, en el período de más intensidad de los mismos, los efectos totales en relación a la producción del año 2003 en la economía de la ciudad de Madrid, se centran en la actividad de construcción donde más de un 5% de su producción y casi un 4% del empleo se asociarían a estas obras, mientras el impacto en el resto de actividades es mucho más modesto, en todas por debajo del 1%, tanto en producción como en empleo.

Gráfico 9

Importancia de los efectos medios (del período 2003-2008) en relación a los totales de la producción y el empleo de la Ciudad de Madrid del año 2003, de las inversiones del ayuntamiento, en las distintas actividades económicas de la ciudad



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid. La afiliación a la seguridad social en la ciudad de Madrid y la Contabilidad Municipal de la Ciudad de Madrid base 2000. Serie 1998-2003.

### 3.1.6. Territorialización de los efectos sobre la producción

Los resultados que se presentaban anteriormente, en la tabla 6 y tabla 9, hacen referencia al conjunto de la economía interior de la Comunidad de Madrid, en función de los objetivos del estudio se lleva a cabo un desglose territorial de los mismos. Como se ha observado en epígrafes anteriores la asignación territorial de los efectos es diferente en función de su naturaleza. La parte de los efectos atribuible al volumen de inversiones en sí misma se asigna en su totalidad donde se lleva a cabo la obra, en el municipio de Madrid, mientras el resto de los efectos (resto de directos, indirectos e inducidos) se asignan territorialmente en función de un procedimiento general.

Dado que los resultados que emanan directamente del modelo basado en la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid, se refieren al conjunto de la Comunidad, la descomposición territorial de estos efectos se refiere a las diversas zonas en que puede dividirse la misma.

Se ha de tener en cuenta que en esta parte se lleva a cabo una territorialización de unos resultados cuyo marco de referencia es el conjunto de la comunidad, por lo que esta tarea es una parte adicional que necesita de la incorporación de información adicional para desarrollarla y que se parte de unos resultados agregados territorialmente para descender posteriormente a un nivel territorial más desagregado. Esta parte también está sujeta a la asunción de diversas hipótesis o supuestos que condicionan los resultados.

En primer lugar cabe decir que la territorialización de los resultados, que se van a asignar territorialmente (al margen de las inversiones en sí) se basa en la estructura productiva territorial por ramas de actividad que tienen las diversas zonas económicas de la Comunidad, aplicada sobre el detalle por ramas de actividad que tienen los resultados anteriormente expuestos. En este proceso se procede a regionalizar cada una de las producciones por ramas de actividad en función de la estructura territorial de producción de la misma dentro de la comunidad, así por ejemplo la producción de hostelería que se deriva, de los efectos a asignar territorialmente, de estas inversiones, se regionaliza en función de la estructura por zonas que tiene el conjunto de la producción en la Comunidad de Madrid.

Para este proceso de asignación territorial se ha contado con la información referida al último año disponible de las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid, elaboradas por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y que cuentan con una sectorización muy similar a la del marco IO de la Comunidad de Madrid en que se basa todo este estudio.

Por tanto el proceso de asignación territorial de los distintos efectos no es el mismo, teniendo dos partes diferenciadas, mientras los efectos de la propia inversión (la parte más importante de los efectos directos) se asigna al municipio de Madrid, el resto de los efectos se asignan en conjunto a la Comunidad y su detalle por zonas de la comunidad se lleva a cabo mediante un proceso de asignación territorial determinado por la estructura productiva de cada zona basado en la información de las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid.

El resultado de este proceso de asignación territorial diferenciado aparece en la tabla 11 y de forma gráfica en el mapa 1.

Tabla 11

**Detalle regional de los efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)**

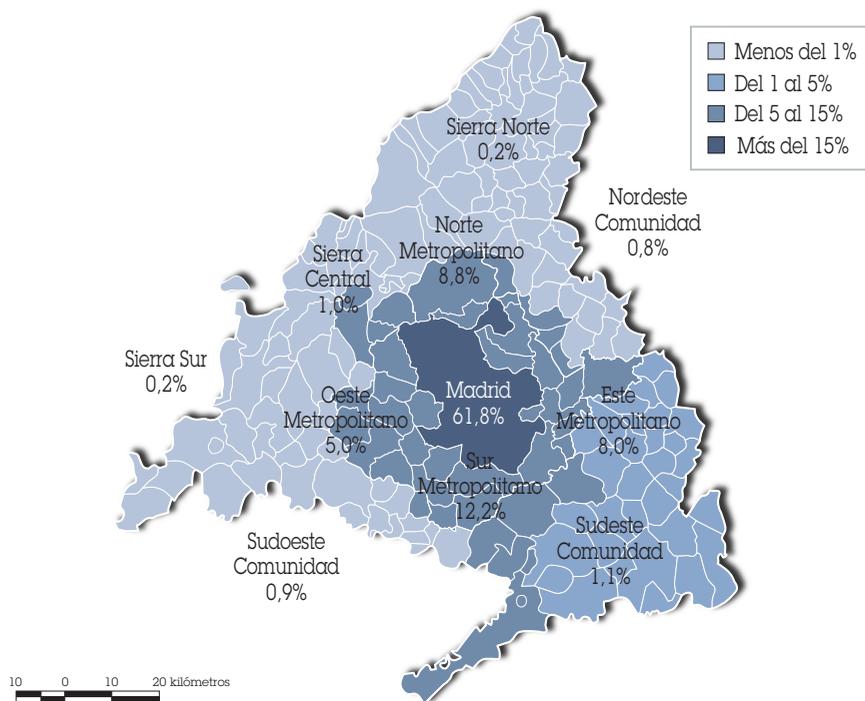
	Inversión	%	Resto efectos	%	Efecto total	%
Madrid	3.742.991,4	100	1.834.231,1	61,8	5.577.222,5	83,1
Norte metropolitano	0	0,0	260.729,7	8,8	260.729,7	3,9
Este metropolitano	0	0,0	238.975,7	8,0	238.975,7	3,6
Sur metropolitano	0	0,0	361.528,9	12,2	361.528,9	5,4
Oeste metropolitano	0	0,0	148.557,6	5,0	148.557,6	2,2
Sierra norte	0	0,0	6.630,2	0,2	6.630,2	0,1
Nordeste comunidad	0	0,0	23.283,8	0,8	23.283,8	0,3
Sudeste comunidad	0	0,0	32.867,3	1,1	32.867,3	0,5
Sudoeste comunidad	0	0,0	27.864,5	0,9	27.864,5	0,4
Sierra sur	0	0,0	5.917,3	0,2	5.917,3	0,1
Sierra central	0	0,0	28.255,3	1,0	28.255,3	0,4
<b>Total</b>	<b>3.742.991,4</b>	<b>100</b>	<b>2.968.841,6</b>	<b>100</b>	<b>6.711.833</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002 y las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid.

Como se observa en esta tabla y mapa, el municipio de Madrid concentra una gran parte de los efectos, no sólo de la propia inversión, sino que en el resto de los efectos alcanza más del 60% de los mismos, dentro del resto de las zonas de la Comunidad, sólo la zona del sur metropolitano supera el 10% de los efectos distintos de la inversión y el 5% del conjunto de los efectos totales.

Como muestra el mapa 1, en los efectos asignados a nivel regional en el conjunto de la Comunidad de Madrid, los efectos se diluyen una vez que se alejan del centro de la Comunidad, siendo más intensos en la corona metropolitana, para descender a poco más del 1% en el sudeste de la Comunidad y bajar del 1% en el resto de la región.

**Mapa 1** Desglose territorial en la Comunidad de Madrid de los efectos sobre la producción (distintos de la propia inversión) de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012. Porcentajes



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002 y las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid.

Este proceso de asignación territorial, obedece en gran medida a la lógica de la valoración de las actividades en el marco IO, pues las inversiones en la actividad de construcción y por extensión el resto de las inversiones, como norma general se fijan al territorio donde se han llevado a cabo y posteriormente se asignan territorialmente con la misma estructura (la utilizada en la tabla 11) el resto de los efectos (resto del efecto directo, los efectos indirectos y los inducidos). Estos otros efectos en virtud de la naturaleza del

marco utilizado (la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid) tienen relevancia en el conjunto de la comunidad, y a través de la misma es donde se producen y en las distintas zonas de la misma es donde deben ser asignados territorialmente.

Una vez obtenidos los resultados para el conjunto del municipio de Madrid, que en esta primera aproximación se obtienen de la tabla 11, se procede a su asignación por distritos de la Ciudad de Madrid. En este caso como en el caso de la regionalización de los efectos sobre el conjunto de la Comunidad, la asignación territorial ha contado con un doble criterio, las inversiones que se asignan al distrito donde son llevadas a cabo según

**Tabla 12**

**Detalle por distritos municipales de la ciudad de Madrid de los efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)**

	Inversión	Resto efectos	Total	%
<b>Madrid</b>	<b>3.742.991,4</b>	<b>1.834.231,1</b>	<b>5.577.222,5</b>	<b>100</b>
1 Centro	5.222,6	134.360,4	139.583	2,5
2 Arganzuela	332.311,1	107.892	440.203,1	7,9
3 Retiro	17.207,1	86.926,7	104.133,8	1,9
4 Salamanca	18.147,5	167.761,2	185.908,7	3,3
5 Chamartín	57.091	301.177,8	358.268,8	6,4
6 Tetuán	56.699,2	158.579,6	215.278,8	3,9
7 Chamberí	14.034,4	130.609,6	144.643,4	2,6
8 Fuencarral-El Pardo	816.521,8	80.421,6	896.943,3	16,1
9 Moncloa-Aravaca	277.423,1	62.140,6	339.563,7	6,1
10 Latina	275.680,9	19.050,2	294.73,2	5,3
11 Carabanchel	269.614,9	31.603,6	301.218,5	5,4
12 Usera	269.619,2	15.507,5	285.126,6	5,1
13 Puente de Vallecas	332.311,1	26.251,7	358.562,7	6,4
14 Moratalaz	94.512,4	7.684,2	102.196,6	1,8
15 Ciudad Lineal	93.346,1	113.045,1	206.391,3	3,7
16 Hortaleza	537.304,7	68.577,1	605.881,8	10,9
17 Villaverde	0	36.474,6	36.474,6	0,7
18 Villa de Vallecas	74.864,8	46.608,4	121.473,2	2,2
19 Vicálvaro	105.785,2	13.576,7	119.361,9	2,1
20 San Blas	95.294,4	126.391,3	221.685,7	4,0
21 Barajas	0	99.591,1	99.591,1	1,8

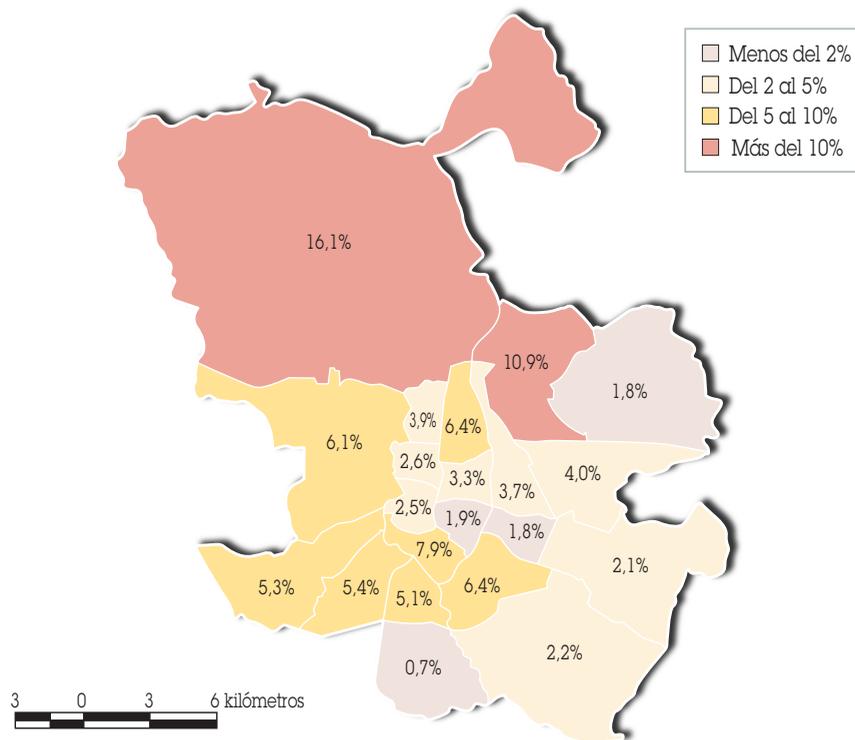
Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid y La afiliación a la seguridad social en la Ciudad de Madrid.

la tabla 10, aparecida anteriormente, y el resto de los efectos que se asignan con un criterio análogo al del caso de los efectos regionalizados con la estructura productiva del conjunto de la Comunidad si bien en este caso estos efectos, que se corresponderían con los que aparecen en la columna de resto de efectos de la tabla 11, para el municipio de Madrid, relevantes a nivel del conjunto del municipio de Madrid, son asignados territorialmente aplicando la estructura por ramas de actividad municipal.

En el caso del detalle por distritos el procedimiento de asignación es similar al caso de la Comunidad, detallando los efectos sobre la producción en cada distrito en función de la estructura productiva de la actividad dada a través de cada uno de los distritos. En este caso la información utilizada es la procedente de La afiliación a la seguridad social en la ciudad de Madrid, utilizando la variable del número de ocupados. Los resultados aparecen en la tabla 12, donde aparte de los resultados de los efectos atribuibles a la inversión en sí, aparece un resto de efectos asignados territorialmente con el procedimiento anteriormente detallado.

Finalmente el reparto municipal de estos efectos aparece de forma gráfica en el mapa 2.

**Mapa 2** Desglose territorial en el municipio de Madrid de los efectos sobre la producción de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012. Porcentajes



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid y La afiliación a la seguridad social en la Ciudad de Madrid.

En gran medida condicionado por el propio volumen de inversión, los barrios más beneficiados son los de Fuencarral-El Pardo y Hortaleza, mientras que todos los distritos donde se llevan a cabo las obras de la M-30 también reciben una parte significativa de los efectos de estas inversiones. En la parte sur Villaverde es el distrito que recibe un menor dinamismo de este conjunto de inversiones (el único que no alcanza el 1%), mientras que más al centro, Retiro y Moratalaz no llegan a alcanzar el 2% del total de los efectos, al igual que más al norte, Barajas.

### 3.1.7. Territorialización de los efectos sobre el empleo

De forma análoga a la territorialización de los efectos sobre la producción, se lleva a cabo una asignación territorial de los efectos sobre el empleo que de forma agregada ya se presentaron en la tabla 7.

En la tabla 13 se presenta el empleo asociado que en términos totales se puede asignar regionalmente a cada una de las zonas de la Comunidad de Madrid, si bien el empleo asociado a las inversiones en sí y el empleo asociado al resto de los efectos se han regionalizado con procedimientos diferentes, de forma análoga al proceso expuesto para el caso de la producción.

Tabla 13

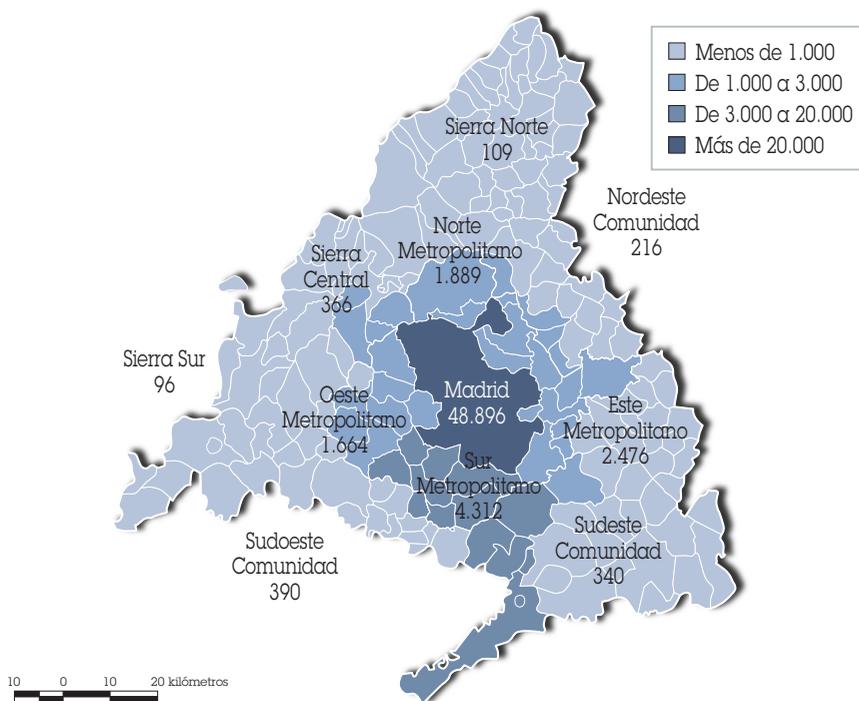
**Detalle regional de los efectos sobre el Empleo de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012**

	Total puestos de trabajo
Madrid	48.895
Norte metropolitano	1.888
Este metropolitano	2.475
Sur metropolitano	4.312
Oeste metropolitano	1.663
Sierra norte	109
Nordeste comunidad	216
Sudeste comunidad	340
Sudoeste comunidad	389
Sierra sur	95
Sierra central	366
<b>Total</b>	<b>60.753</b>

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002 y las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid.

En el mapa 3 aparece el volumen de empleo total asociada a cada zona de la Comunidad. Como en el caso de la producción el empleo se concentra en gran medida en el municipio de Madrid, mientras que la corona metropolitana y en especial el sur metropolitano es la zona que después del municipio tiene un volumen de empleo mayor asociado a las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012.

**Mapa 3** Desglose territorial en la Comunidad de Madrid de los efectos sobre el empleo de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012. Puestos de Trabajo



Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002 y las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid.

Análogamente al nivel de producción el empleo también se asigna por distritos, en la tabla 14 que presenta el conjunto del empleo asociado a estas inversiones en este período.

**Tabla 14** Detalle por distritos municipales de la ciudad de Madrid de los efectos sobre el empleo de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012

		Puestos de trabajo
	<b>Madrid</b>	<b>48.896</b>
1	Centro	1.288
2	Arganzuela	3.838
3	Retiro	1.256
4	Salamanca	1.548
5	Chamartín	3.665
6	Tetuán	1.545
7	Chamberí	1.293
8	Fuencarral-El Pardo	7.491
9	Moncloa-Aravaca	2.934
10	Latina	2.542
11	Carabanchel	2.598
12	Usera	2.462
13	Puente de Vallecas	3.170
14	Moratalaz	904
15	Ciudad Lineal	1.726
16	Hortaleza	5.018
17	Villaverde	361
18	Villa de Vallecas	1.149
19	Vicalvaro	1.060
20	San Blas	1.829
21	Barajas	1.219

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo de la tabla simétrica de la Comunidad de Madrid 2002, las cuentas de las empresas no financieras de la Comunidad de Madrid y La afiliación a la seguridad social en la ciudad de Madrid.

Por último para poner en relación la importancia económica de estas inversiones en un año medio de este período, con respecto al conjunto de la economía de cada distrito, el mapa 4 indica que porcentaje representa el empleo del empleo asociado a las infraestructuras, respecto del empleo en ese distrito en el año 2005.

Respecto a una importancia media del empleo asociado a estas infraestructuras, para el conjunto del municipio de Madrid se obtiene un valor de 0,3%. Por zonas existen un buen número de distritos donde la importancia del fenómeno, en términos de empleo medio anual, supera el 1% del registrado en el año 2005, tal es el caso de Usera, Puente de Vallecas, Moratalaz, Vicalvaro, Latina y Hortaleza. En el extremo opuesto, la



En este sentido, se supone que los impactos económicos no se van a producir en su totalidad en el mismo ejercicio en que se efectúen las inversiones, sino que éstos se escalonan en el tiempo, considerando así efectos tanto a corto como a largo plazo.

Cabe mencionar que se ha considerado el año 2007 como el de entrada en funcionamiento de las nuevas infraestructuras.

### 3.2.1. Impacto sobre la producción de Madrid

A continuación se presentan diversas estimaciones de una función de producción agregada del tipo Cobb-Douglas para la economía madrileña, obtenidas mediante la aplicación de técnicas de análisis de cointegración, descritas en el capítulo 2, y empleando datos anuales que cubren el período 1964-2000. La estrategia del análisis de cointegración, o de la búsqueda de relaciones lineales estacionarias entre las variables, se efectúa en dos etapas.

En la primera se estima la función de producción por mínimos cuadrados ordinarios. En la segunda etapa se estima un modelo dinámico, modelo del mecanismo de corrección del error.

Puesto que los servicios públicos generan economías externas y, en consecuencia, menores costes productivos, podemos afirmar que la producción en el sector privado vendría afectada directamente por aquellos servicios proporcionados por las infraestructuras públicas, que se aproximan habitualmente por el volumen de capital público. De este modo, el punto de partida de nuestro análisis viene dado por una sencilla función de producción agregada para el sector privado de la economía, en la que el capital de propiedad pública aparece como un factor de producción diferente del capital de propiedad privada:

$$Y = A F(N, K, H, KP)$$

Donde:

$Y$  es el nivel de producción privada.

$A$  es un índice de progreso técnico.

$N$  es el trabajo.

$K$  es el volumen de capital privado.

$H$  es el capital humano.

$KP$  es el volumen de capital público.

Por simplicidad, suponemos que la tecnología es del tipo Cobb-Douglas:

$$Y_t = A_t \cdot N_t^\alpha \cdot K_t^\beta \cdot H_t^\delta \cdot KP_t^\gamma$$

En dicha función de producción se incluyen todas las variables en niveles, habida cuenta de los resultados obtenidos del análisis sobre el orden de integrabilidad de las variables. Además, para mitigar posibles problemas de heterocedasticidad, las variables se transforman en términos logarítmicos.

Como es bien conocido, esta transformación permite identificar directamente los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  y  $\gamma$  como elasticidades del *output* frente a los factores productivos trabajo, capital privado, capital humano y capital público, respectivamente.

Para el capital público se han considerado en este trabajo las tres alternativas siguientes: capital público total (PT), *stock* de carreteras (C) y finalmente *stock* de infraestructuras urbanas denotadas por U.

Las estimaciones realizadas para estos tres supuestos sobre el capital público nos muestran que la variable capital público solo se muestra significativa para el caso de infraestructuras urbanas. Una posible explicación de este hecho radicaría en que las infraestructuras madrileñas, en particular sus carreteras, y a diferencia de lo que sucede en otras comunidades más extensas y no situadas en el centro de la península, son utilizadas intensivamente por personas y empresas de todo el territorio español, dado el carácter radial de la red peninsular de infraestructuras y el papel de «hub» desempeñado por el aeropuerto de Barajas.

En definitiva, cabe concluir en que la magnitud que alcanza el denominado efecto desbordamiento es muy importante en el caso madrileño ya que los beneficios asociados a dichas infraestructuras se extienden no solo a la economía madrileña sino por toda la geografía española de forma muy significativa. Tan solo en el caso de las infraestructuras urbanas sus efectos se dirigen prioritaria y muy significativamente hacia la economía madrileña.

En este sentido, cabe considerar a las grandes infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid (como la M-30) como unas infraestructuras específicamente urbanas y por tanto sus efectos sobre la economía madrileña se mostrarían particularmente significativos, confirmando los resultados obtenidos en las estimaciones realizadas. De forma que la ecuación final a estimar se adaptaría a la expresión:

$$Y_t = A_t \cdot N_t^\alpha \cdot K_t^\beta \cdot H_t^\delta \cdot U_t^\gamma$$

Representando ahora « $\gamma$ » la respuesta porcentual del *output* madrileño frente a un cambio porcentual en las dotaciones de infraestructura viaria.

En la tabla 15 se recogen los resultados de estimar la función agregada de producción para la economía de Madrid, durante el período 1964-2000, utilizando como *output* el Valor Añadido Bruto regional al coste de los factores (VAB) y como *inputs* el nivel de ocupación, el capital humano, el capital privado y el *stock* de estructuras urbanas. Los contrastes de ADF y PP permiten rechazar, a los niveles de significatividad habituales, la hipótesis nula de no cointegración, por lo que la relación que se establece entre las variables objeto de estudio, VAB, *Stock* de Capital Privado (K), nivel de empleo (N), capital humano y valor de la infraestructura pública urbana (U) puede considerarse como de equilibrio a largo plazo.

Todos los coeficientes de los *inputs* presentan los signos adecuados y son estadísticamente significativos al 5%.

La elasticidad estimada de la producción privada respecto al *stock* de capital público en infraestructuras urbanas es igual a 0,10. Además, la elasticidad del *output* frente al

capital privado es 0,157, mientras que la elasticidad frente al factor trabajo se sitúa en 0,471, y de 0,345 en el caso del capital humano. Estos valores están en línea con los hallados en el caso español por otros autores que han empleado series temporales.

Función de producción a estimar:

$$\text{Log}(VAB_t) = \text{Log}(A) + \alpha \cdot \text{Log}(N_t) + \beta \cdot \text{Log}(K_t) + \delta \cdot \text{Log}(H_t) + \gamma \cdot \text{Log}(U_t)$$

Tabla 15 Ecuación estática de largo plazo

Variable	Coefficiente	t-Student
Log (A)	8,359	12.635
Log (N)	0,471	7.573
Log (K)	0,157	2.732
Log (H)	0,345	5.001
Log (U)	0,101	6.754
R <sup>2</sup> ajustado = 0,997. Error estándar de la ecuación = 0,020		

Adicionalmente, aplicando el Teorema de Representación de Engle y Granger, un modelo uniecuacional en la forma del Mecanismo de Corrección del Error constituye, en nuestro caso, la estructura más rigurosa y flexible para estimar la función de producción. Esta modelización permitirá, adicionalmente, estimar las elasticidades tanto a corto como a largo plazo y calcular el correspondiente ajuste dinámico hacia el equilibrio.

Así se ha estimado la relación de corto y largo plazo. Los resultados se presentan en la tabla 16, mostrándose los coeficientes que corresponden al ajuste de corto (variables en primeras diferencias) y largo plazo (variables en niveles). En virtud del t-estadístico del coeficiente del MCE (-3,97), no se puede rechazar la existencia de una relación de cointegración entre las variables objeto de estudio.

Por su parte, la respuesta a corto plazo del VAB regional ante un cambio en la dotación del capital público urbano es más reducida, cifrándose en 0,075 (coeficiente  $\theta$ ). Esto significaría que un aumento del 10% en las infraestructuras públicas urbanas provocaría, al año siguiente en que aquéllas resultasen operativas, un incremento del 0,75% del VAB de Madrid. Además, el coeficiente del MCE ( $\lambda$ ) indica que en cada año se corrige casi un 53% de los desequilibrios producidos en el período anterior.

$$\Delta(\text{Log } VAB_t) = \Psi \cdot \Delta(\text{Log } N_t) + \Phi \cdot \Delta K_t + \Omega \cdot \Delta(\text{Log } H_t) + \Theta \cdot \Delta(\text{Log } U_t) + \Xi \cdot (D86_t) - \lambda [( \text{Log } VAB_{t-1}) - \text{Log } A - \alpha \cdot (\text{Log } N_{t-1}) - \beta \cdot (\text{Log } K_{t-1}) - \delta \cdot (\text{Log } H_{t-1}) - \gamma \cdot (\text{Log } U_{t-1})]$$

Donde el operador  $\Delta$  representa la primera diferencia de la variable y  $\lambda$  representa el coeficiente del término de corrección de error. Asimismo D86 es una variable Dummy<sup>2</sup> que aproxima el efecto que supuso para la economía madrileña la incorporación a la UE.

Tabla 16 Ecuación dinámica del mecanismo de corrección del error

Variable	Coefficiente	t-Student
MCE (coef. $\lambda$ )	-0,528	-3.968
$\Delta$ [Log (N <sub>t</sub> )]	0,567	5.201
$\Delta$ [Log (K <sub>t</sub> )]	0,152	2.851
$\Delta$ [Log (H <sub>t</sub> )]	0,267	2.257
$\Delta$ [Log (U <sub>t</sub> )]	0,075	3.075
D86	0,041	9.181

Los principales datos son los siguientes:

- Desviación típica de los residuos = 0,0128.
- R<sup>2</sup> ajustado = 0,917321.
- Estadístico de Durbin-Watson = 1.728.
- Test ADF de cointegración sobre los residuos = -3.140, que es significativo al 5%.  
Test PP de los residuos = -4.518 que es significativo al 5%.
- Test de cointegración<sup>3</sup>: -3,97 (es el t-Student sobre el MCE), que es significativo al 5%.

Sobre la base de las estimaciones obtenidas para la ecuación dinámica expuesta en la tabla 16, se ha procedido a calcular la respuesta del VAB de Madrid ante un cambio porcentual en la dotación de infraestructuras públicas.

El modelo dinámico a resolver, constituido por una ecuación en diferencias finitas, es:

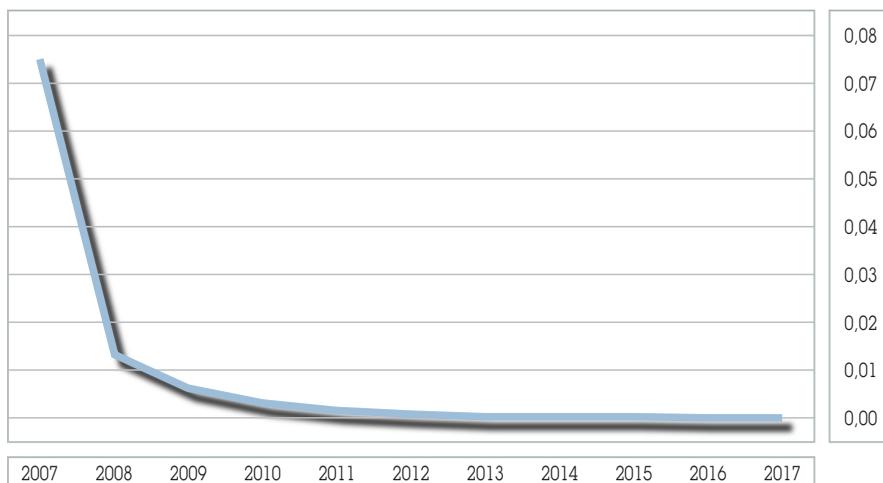
$$\text{Log}(VAB_t) = (1 - 0,528) \cdot \text{Log}(VAB_{t-1}) + 0,075 \cdot \text{Log}(U_t) + (0,528 \cdot 0,1 - 0,075) \cdot \text{Log}(U_{t-1})$$

El efecto, a través del tiempo, de la variación de un punto porcentual en la dotación de infraestructuras públicas urbanas sobre el VAB de la Ciudad de Madrid se muestra en el gráfico 10.

<sup>2</sup> Esta variable toma el valor 0 hasta nuestra incorporación a la actual UE y uno en los años posteriores.

<sup>3</sup> Corresponde a Banerjee *et al.* (1993).

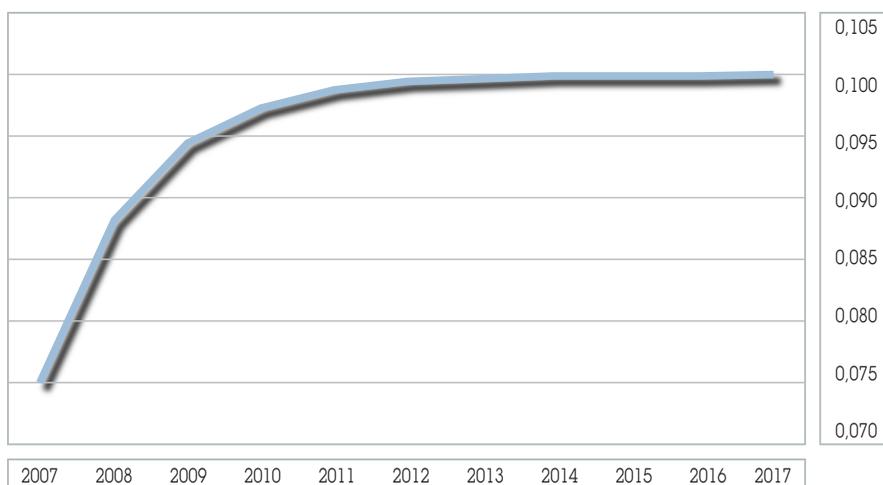
**Gráfico 10** Elasticidad de respuesta del VAB regional por cada incremento de un punto porcentual en las inversiones realizadas



Fuente: Elaboración propia.

En él se aprecia cómo reacciona el *output* regional no sólo durante el mismo año en que la inversión se efectúa sino también durante los años posteriores. Esto es, el gráfico citado resume los efectos provocados en el largo plazo sobre la producción de la Ciudad de Madrid a consecuencia de un incremento de un punto porcentual en la dotación de las infraestructuras urbanas, considerando que se produce en 2007 coincidiendo con la entrada en servicio de la M-30.

**Gráfico 11** Respuesta acumulada del VAB de Madrid (en porcentaje) por cada incremento de un punto porcentual en las inversiones en infraestructuras urbanas



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, las elasticidades acumuladas del VAB de Madrid respecto a los aumentos en el capital público se representan en el gráfico 11. En este caso se muestran los efectos acumulados a largo plazo de un incremento de un 1% en el *stock* de las infraestructuras públicas urbanas, resultado de agregar en el tiempo la respuesta del *output* madrileño en cada período.

Finalmente, cabe destacar que todos los efectos que se exponen hacen referencia a un período temporal amplio, a fin de asegurar que las consecuencias de un aumento en la dotación del capital de un año no se vieran diluidas, de forma que pudiese afectar a la evolución de otras variables. En todo caso, y como se puede apreciar en la tabla 17 el ajuste prácticamente se completa en los cinco años siguientes a la entrada en funcionamiento de las nuevas infraestructuras, cifrándose, como ya ha sido comentado, un efecto acumulado sobre el VAB regional del 0,1% por cada punto porcentual de incremento en el *stock* de las infraestructuras urbanas productivas madrileñas.

Tabla 17

**Efectos acumulados sobre el VAB de Madrid (en porcentaje) ante un aumento de un punto porcentual en las inversiones en infraestructuras urbanas**

Año	Impacto acumulado (%)
2007	0,075000
2008	0,088175
2009	0,094407
2010	0,097354
2011	0,098749
2012	0,099408
2013	0,099720
2014	0,099868
2015	0,099937
2016	0,099970
2017	0,099986

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2. Impacto sobre el empleo de la Ciudad de Madrid

En una economía de mercado las empresas determinan el nivel de empleo que desean contratar a partir de un proceso de maximización de sus beneficios. De manera formal, el problema de las empresas sería alcanzar la mayor diferencia entre sus ingresos y costes, esto es, maximizar una cierta función  $\Pi$ :

$$\Pi = P \cdot Y - (W \cdot N + CK \cdot K + C_{KP} \cdot KP)$$

Donde,  $P$  representa el nivel de precios,  $Y$  el *output*,  $N$  el empleo,  $K$  el *stock* de capital privado,  $KP$  el capital productivo público urbano,  $W$  el salario por trabajador y  $C_K$  y  $C_{KP}$  los precios unitarios o costes de uso del capital privado y público, respectivamente.

En este ejercicio de optimización se considera que el nivel de *output* se deriva de acuerdo con una función de producción agregada, que relaciona la cantidad total de bienes y servicios a producir con el uso que se hace de los factores trabajo y capital, sea éste último de carácter público o privado. Esto es, existiría una relación tecnológica del tipo  $Y = Y(L, K, KP)$  que actúa como restricción en la función objetivo de beneficios  $\Pi$ .

Bajo condiciones de competencia perfecta y en ausencia de costes de ajuste, las empresas resolverán el problema anterior eligiendo el nivel de empleo según una expresión que iguala el salario real ( $W/P$ ) con la derivada de la función de producción respecto del factor trabajo. Dicha condición, que se interpreta como una demanda agregada de trabajo, establece que las empresas demandan trabajo hasta el punto en que el aumento de los ingresos derivados de la contratación de una unidad adicional del factor iguale al incremento de los costes que supondría, o en terminología económica, las empresas elegirán el nivel de empleo de forma que el producto marginal de este *input* coincida con el salario real.

Si se contrasta que en la función de producción de la economía regional aparecen explícitamente tanto el capital productivo privado como el público, la derivada de dicha función respecto del factor trabajo volverá a depender de dichos elementos.

Consecuentemente, derivando la función de producción que se utilizó en el apartado anterior de este estudio,  $Y_t = A_t \cdot N_t^\alpha \cdot K_t^\beta \cdot H_t^\delta \cdot KP_t^\gamma$  con respecto al empleo e igualando el resultado al salario real, se obtiene la expresión:

$$\frac{\partial Y_t}{\partial N_t} = \alpha \cdot A_t \cdot N_t^{\alpha-1} \cdot K_t^\beta \cdot H_t^\delta \cdot KP_t^\gamma = W/P$$

Despejando el nivel de empleo se llega a la función agregada de demanda de trabajo:

$$N_t = \left[ \frac{\alpha A_t K_t^\beta H_t^\delta KP_t^\gamma}{W/P} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Tomando logaritmos, a fin de convertir la ecuación multiplicativa en lineal, y con los parámetros anteriormente estimados para la función de producción de largo plazo, se tendría:

$$\text{Log } N_t = \frac{1}{1-\alpha} \left[ \text{Log } \alpha + \text{Log } A_t + \beta \cdot \text{Log } K_t + \delta \cdot \text{Log } H_t + \gamma \cdot \text{Log } KP_t - \text{Log} \left( \frac{W_t}{P_t} \right) \right]$$

Entonces, en el equilibrio de largo plazo, y considerando los procesos de ajuste, el multiplicador de la inversión pública sobre el empleo creado podría calcularse como:

$$\frac{\partial \text{Log } N_t}{\partial \text{Log } U_t} = \frac{1}{1 - \alpha} \cdot \gamma = 0,19$$

Esto significa que, a largo plazo, por cada punto porcentual de incremento en el *stock* real del capital público productivo urbano, en términos reales, aumentaría el empleo en un 0,019%.

En este sentido, conviene resaltar que no sólo es relevante el valor del coeficiente de la elasticidad estimada, sino también la representatividad porcentual del capital invertido, en términos del *stock* de capital público urbano de Madrid.

Aplicando el ratio entre el total de inversiones efectuadas y el *stock* de infraestructuras urbanas en Madrid a las elasticidades citadas anteriormente obtenemos los siguientes resultados en relación con el aumento de *stock* de capital urbano asociado a las inversiones realizadas.

- a) En el largo plazo, el *output* de la capital española se incrementará un 4,6% respecto de su valor en 2007.
- b) Algo más del noventa por ciento de todos los efectos acumulados se producen antes de que transcurran cinco años desde que las nuevas infraestructuras entren en funcionamiento.
- c) Con respecto al empleo, se obtiene una generación total de 23.030 empleos en el largo plazo, es decir una vez una vez finalizado todo el proceso dinámico de generación de empleo.

## **evaluación del resto de impactos socioeconómicos de la inversión en la M-30**

1. Cifras de inversión
2. Impacto en los tiempos de viaje derivados de la inversión en la M-30
3. Impactos sobre la reducción de la accidentalidad
4. Impacto ambiental
5. Conclusiones de la evaluación socioeconómica

## 4

---

### **EVALUACIÓN DEL RESTO DE IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA INVERSIÓN EN LA M-30**

En este apartado procederemos a resumir los principales resultados que han sido calculados por el equipo de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid en responsable de la elaboración del estudio titulado «Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid», en particular, nos centraremos en los impactos sobre la reducción en el tiempo de viaje de los usuarios, en los derivados de la reducción de accidentes, y en el medio ambiente.

#### 4.1

---

##### **Cifras de inversión**

Hay que considerar que el equipo de la UPM utilizó como cifra total de inversión 4.248,7 millones de euros de 2004, cifra a la que le excluyeron el impuesto sobre el valor añadido (por su carácter de transferencia), manejando la cifra de 3.662,7 millones de 2004. Por otro lado consideraron el proyecto norte, sur, este y oeste, de los cuales parte del proyecto norte finalmente no se ha llevado a cabo en su totalidad. La información final de la que disponemos, esta recogida en la tabla 2, del capítulo 2, con una cifra de inversión en la propia infraestructura de la M-30 de 3.024 millones de euros, lo que nos da una diferencia de 638,7 miles de euros con respecto a la manejada inicialmente por el equipo de la UPM.

#### 4.2

---

##### **Impacto en los tiempos de viaje derivados de la inversión en la M-30**

Para cuantificar los ahorros de tiempo, el equipo de la UPM, ha utilizado un modelo de simulación, con y sin proyectos para los diversos horizontes temporales que se barajan, es decir, 2004, año base sin obras; 2007, año de terminación de las obras y puesta en servicio; 2012, año horizonte del planeamiento urbano programado de Madrid, según el Plan de Ordenación Urbana vigente y 2037, año final del período de vida útil de las obras de mejora de la M-30.

Asimismo, han considerado tanto la cuantificación de los ahorros de tiempo para los usuarios habituales de la M-30 como el tráfico atraído por las mejoras en la M-30, que proviene del propio núcleo urbano de Madrid, y del exterior de la M-30. En ambos casos se atraen flujos porque para algunos usuarios se ha reducido el tiempo y/o el coste de viaje. Se ha supuesto que los ahorros de esos nuevos usuarios son similares al promedio de los ahorros de los usuarios habituales.

Para la transformación de los ahorros de tiempo en valores monetarios entre los escenarios con proyecto y de referencia o base, se exige la consideración del valor del tiempo. Desde el punto de vista conceptual, el valor que los usuarios otorgan a su tiempo se entiende dependiente de su nivel económico y de la actividad (motivo de viaje). Este valor esta compuesto por un coste de oportunidad, que refleja el valor de ese tiempo si fuese libre, y una utilidad o desutilidad inherente a la actividad que se desarrolla durante ese tiempo y que incluye no sólo los ingresos y costes monetarios de la actividad, sino también la que se deriva de los componentes inmateriales de la actividad como placer, esfuerzo, incomodidad, molestias, etcétera.

Para simplificar, al no hacerse una distinción de usuarios, y a pesar de los datos internacionales más elevados, se ha decidido utilizar un valor intermedio de los aplicados a proyectos recientes en España, que es una cifra conservadora frente a las demás evidencias. El valor de ese indicador en precios de 2004 y para cada viajero es:

$$\text{Valor del tiempo (VT)} = 9,0 \text{ €/Pas-h}$$

Para la conversión de ahorros por vehículo a ahorros por viajero se han utilizado las cifras suministradas por el Ayuntamiento de Madrid sobre tasas de ocupación vehicular en la M-30, las cuales dependen del período del día:

Período	Tasa de ocupación (pasajeros/coche)
Punta (mañana y tarde)	1,2
Valle	1,3

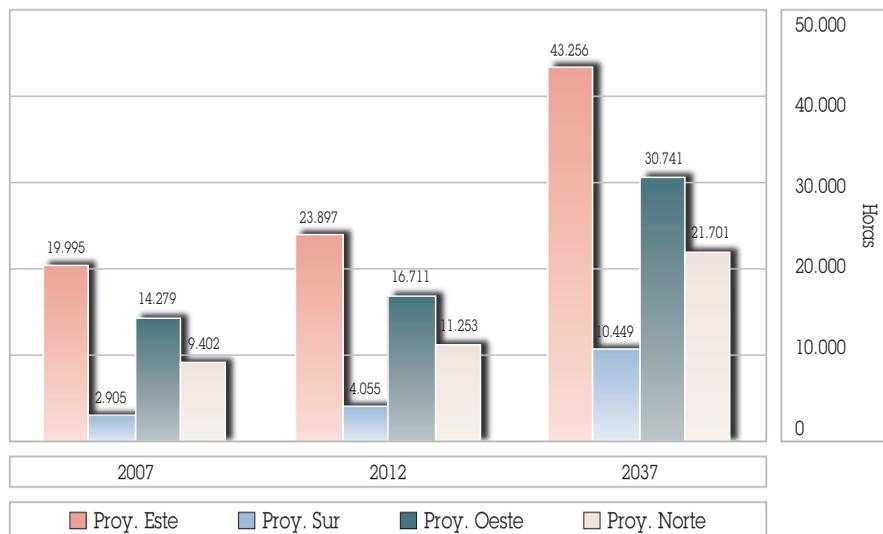
Asimismo, la expresión para cuantificar y valorar los ahorros de tiempo que se ha utilizado, ha sido el producto entre los ahorros totales de tiempo de los usuarios en un año  $n$  y los valores medios del tiempo calculados anteriormente (9 €/pas-h) en ese período  $n$ .

#### 4.2.1. Resultados

Los resultados obtenidos por el equipo de la UPM después de aplicar la anterior metodología de valoración del tiempo, suponen un ahorro de 708 millones de horas de viaje, que se traduce en 3.915 millones de euros, beneficio fundamental, que justifica por sí solo el Programa de Mejora de la M-30. Su importancia varía según los proyectos y crece con el aumento del tráfico a lo largo de los años. Es de destacar que los principales ahorros en tiempo de viaje se logran con la mejora del Proyecto Este, que es el que tiene más enlaces con carreteras de nivel nacional; se produce, según los resultados del modelo, una clara mejora en la distribución del tráfico, fluidificando la circulación. Por otra parte, se ve claramente que las mejoras a introducir en la M-30 tienen mayores efectos positivos a largo plazo, en condiciones de mayor saturación. La comparación gráfica de resultados se puede ver en la figura siguiente. Donde se pone de manifiesto que el número de horas por persona ahorradas resulta particularmente destacable en el proyecto para la zona Este, aunque existen también considerables ahorros de tiempo en el resto de las zonas, siendo necesario volver a destacar tal y como mencionamos en el epígrafe 1, que del proyecto Norte, prácticamente no se va a realizar nada de lo previsto.

Gráfico 12

Ahorro diario de tiempo de viaje



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

### 4.3

#### Impactos sobre la reducción de la accidentalidad

Uno de los objetivos prioritarios del Programa de Mejora de la M-30 es la reducción de los niveles de accidentalidad. El equipo de la UPM realizó un análisis de la situación actual, para diagnosticar las zonas de actuación y evaluar las mejoras esperables de la inversión en la M-30.

##### 4.3.1. Análisis de la situación de partida

Entre 1998 y 2002 se produjeron 2.964 accidentes con víctimas y 39 víctimas mortales en la M-30, lo que supone una media de cerca de 600 accidentes y 8 muertos al año. En términos de niveles de riesgo por kilómetro recorrido en la vía, el índice de peligrosidad medio en 2002 fue de 29,7 accidentes con víctimas/10<sup>8</sup> vehículos-km, lo que supone un valor del orden del doble del correspondiente al anillo exterior de circunvalación de Madrid (M-40) y del medio en las vías de alta capacidad de la Red del Estado.

A partir de los datos de accidentalidad en la M-30 a lo largo de los últimos años, se han identificado con los criterios establecidos para el desarrollo del Programa de Seguridad Vial de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento una serie de tramos de concentración de accidentes (TCA) en los que los índices de peligrosidad son

significativamente superiores a la media de los tramos de características semejantes en la Red de Carreteras del Estado, los datos de accidentalidad en ellos a lo largo del período 1998-2002 se resumen en la tabla 18.

Tabla 18 Tramos de concentración de accidentes en la M-30 (1998-2002)

TCA	PK inicial	PK final	Índice de peligrosidad medio (accv/10 <sup>8</sup> veh-km)	Accidentes con víctimas	Víctimas mortales	Heridos graves
1 Enlace A2	4,0	5,5	41,3	199	2	29
2 Puente 3 Ojos-Mendez Alvaro	9,9	10,9	45,8	222	3	19
3 Nudo Sur	11,4	12,4	42,4	246	3	36
4 Puente de Praga-Pte. de San Isidro	14,8	16,8	51,4	287	5	30
5 Pte. de San Isidro-Avda. de Portugal	17,1	18,6	55,1	163	2	16
6 Pte. Rey-Avda. Valladolid	18,7	21,3	61,7	234	2	16
7 Nudo de Puerta de Hierro	22,1	23,6	41,2	98	1	20
8 Enlace de la Zarzuela	24,2	25,8	44,2	114	0	11
9 Avda. de la Ilustración oeste	29,1	30,1	46,3	74	4	8
10 Avda. Ilustración Este-Nudo Norte	30,5	32,5	59,6	202	4	24
<b>Total</b>				<b>1.839</b>	<b>26</b>	<b>209</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

En los 10 tramos de concentración de accidentes se registran más del 70% del total de los accidentes con víctimas y de las víctimas mortales que se producen en la M-30, por lo que su tratamiento es prioritario para mejorar los niveles de seguridad vial en ella.

### 4.3.2. Programa de actuaciones

La mejora de la seguridad de la circulación es un aspecto primordial en la reforma de la M-30. Los criterios básicos para la concepción del programa de mejoras desde el punto de vista de la seguridad vial han sido:

- Eliminación de los tramos de concentración de accidentes.
- Mejora de las condiciones de los enlaces y de los tramos de trenzado para resolver los movimientos que plantean problemas de seguridad.

— Aumento de la fluidez de la circulación a través de la mejora de las características de la infraestructura y de la implantación de un sistema avanzado de explotación.

### *Accidentalidad en la M-30 sin remodelación*

Como punto de partida de la evaluación de los efectos de las actuaciones sobre la seguridad vial en la M-30 se ha realizado una estimación de las cifras de accidentalidad que se registrarían si se mantuviese la configuración actual de la vía. La estimación se ha basado en la proyección de la serie temporal de los accidentes con víctimas registrados en cada sector de la M-30 a lo largo de un período de 5 años (1998-2002).

Tabla 19

**Evolución estimada de la accidentalidad en la M-30 sin remodelación**

Sector	Año	Accidentes con víctimas al año	Heridos graves y víctimas mortales/año
Este	2007	188	20
	2012	209	22
	2037	253	27
Sur	2007	233	29
	2012	289	36
	2037	356	44
Oeste	2007	128	20
	2012	121	19
	2037	140	22
Norte	2007	135	18
	2012	138	18
	2037	165	22

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

### *Evaluación de la reducción de accidentalidad*

Para estimar las reducciones de accidentalidad que se producirán tras la ejecución del Programa de Actuaciones se han realizado estudios detallados de los tramos de concentración de accidentes (TCA), los enlaces, los tramos en túnel y el resto de los tramos que componen la M-30. Para la realización de estos estudios detallados de cada tramo de la M-30 se ha partido de la información disponible sobre la accidentalidad registrada en cada tramo, la relación de los accidentes con las características de la vía y el efecto de las medidas proyectadas sobre los factores relacionados con los accidentes registrados. Con todo ello se ha realizado una estimación de las reducciones

de accidentalidad por tipos de accidente, que permiten obtener el porcentaje de reducción total en el tramo. Al establecer las reducciones de accidentalidad en cada caso, se ha tenido en cuenta la disminución de las situaciones de congestión que se producirán como consecuencia de la nueva configuración de las vías deducidas de los resultados del modelo de tráfico.

### *Efecto del conjunto de las actuaciones sobre las cifras de accidentes*

De acuerdo con las estimaciones anteriores, la puesta en servicio del conjunto de medidas incluidas en el programa de mejoras de la M-30 permitirá evitar 395 accidentes con víctimas y 50 muertos o heridos graves, lo que supone un 56% de los que se producirían en el año 2007 de continuar las tendencias actuales.

Tabla 20

**Coste social medio de un accidente con víctimas en la M-30 (€ de 2004)**

Sector	Coste por accidente con víctimas (€)
Este	63.915
Sur	70.921
Oeste	65.043
Norte	86.480
<b>Total M-30</b>	<b>71.100</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

En el resto del viario municipal el índice de mortalidad es de 1,3 víctimas mortales/108 veh-km, del orden de 4 veces más que en la M-30, con lo que el coste medio por accidente resulta superior al de ésta y alcanza los 126.074 €.

Teniendo en cuenta las reducciones estimadas de la accidentalidad esperada en el año 2007, en el primer año de puesta en servicio de las actuaciones de mejora de la M-30 las reducciones de costes debidas a la disminución de la accidentalidad alcanzan la cifra de 31.934.437 €. Esta cifra se incrementa a lo largo del tiempo alcanzando 35.988.314 € en 2012 y 44.295.820 € en 2037. Las siguientes reflejan el reparto por sectores de estas reducciones de costes.

Tabla 21

**Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2007)**

Sector	Accidentes con víctimas esperados en 2007 (tendencia actual)	Reducción estimada por efecto del programa de actuaciones (%)	Accidentes con víctimas evitados	Reducción anual de costes de lo accidentes (€)
Este	188	46,4	87	5.580.543
Sur	233	52,8	123	8.731.700
Oeste	128	48,1	62	4.002.433
Norte	135	48,1	47	4.038.137
Tráfico atraído			76	9.581.624
<b>Total</b>	<b>684</b>		<b>395</b>	<b>31.934.437</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Tabla 22

**Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2012)**

Sector	Accidentes con víctimas esperados en 2012 (tendencia actual)	Reducción estimada por efecto del programa de actuaciones (%)	Accidentes con víctimas evitados	Reducción anual de costes de lo accidentes (€)
Este	209	45,1	94	6.023.731
Sur	289	50,0	144	10.239.555
Oeste	121	48,5	59	3.819.351
Norte	121	30,8	43	3.676.499
Tráfico atraído			97	12.229.178
<b>Total</b>			<b>437</b>	<b>35.988.314</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Tabla 23

**Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2037)**

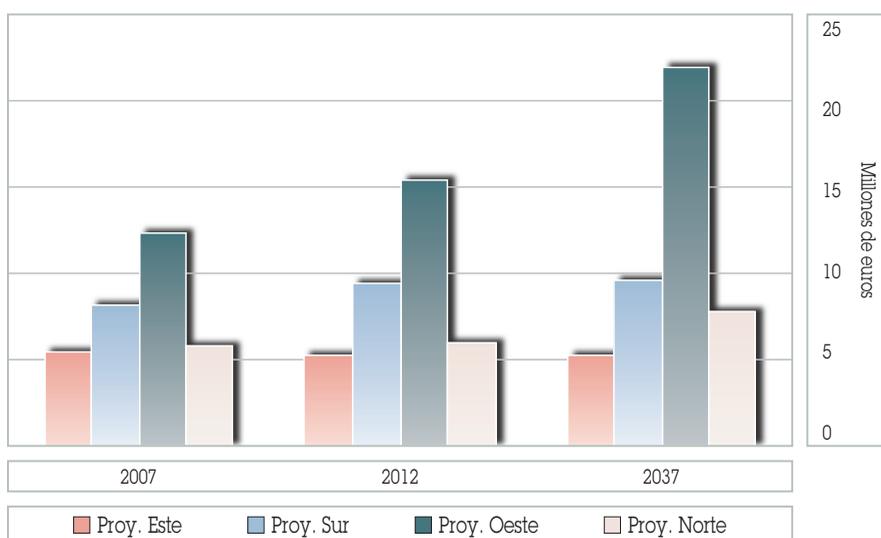
Sector	Accidentes con víctimas esperados en 2037	Reducción estimada por efecto del programa de actuaciones (%)	Accidentes con víctimas evitados	Reducción anual de costes de lo accidentes (€)
Este	253	31,5	80	5.085.910
Sur	356	48,1	171	12.147.521
Oeste	140	46,0	64	4.187.752
Norte	165	21,6	36	3.081.019
Tráfico atraído			157	19.793.618
<b>Total</b>			<b>508</b>	<b>44.295.820</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

### Valoración económica de las mejoras de seguridad vial

Los beneficios globales estimados por el equipo de la UPM, ascienden a 770 millones de euros a lo largo de la vida útil de proyecto. Los mayores beneficios se concentran en el sector del proyecto Sur en consideración a la intensidad de los flujos y dicho efecto positivo crece enormemente a largo plazo. La comparación de resultados puede analizarse en la figura siguiente.

Gráfico 13 Beneficios anuales por reducción accidentalidad



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

## 4.4

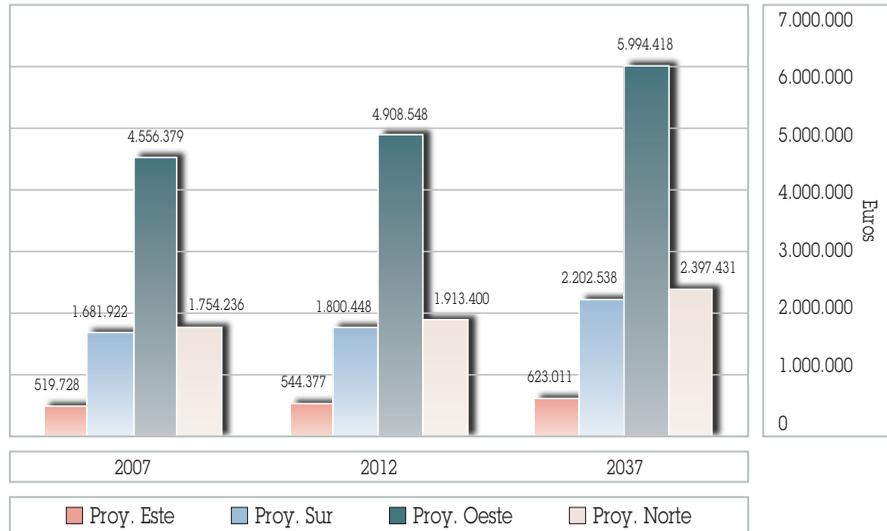
### Impacto ambiental

#### Reducción de impactos ambientales debidos al tráfico

El primero de los impactos analizados por el equipo de la UPM es el ruido. La mejora se debe a los túneles, tanto en el tronco principal de la M-30, como en las incorporaciones y salidas. El beneficio total se cifra en 197 millones de euros. Aproximadamente la mitad de este valor corresponde al Proyecto Oeste, de soterramiento del Río Manzanares, en que la totalidad del tráfico circulará en túnel.

También hay mejoras importantes en el proyecto Sur (hay que destacar que el Norte al final no se ha llevado a cabo), debido los bypass, que derivarán una buena proporción del tráfico. Lógicamente los beneficios aumentan con el crecimiento de

Gráfico 14 Reducción del ruido



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

viajes en los diversos horizontes temporales, como pone de manifiesto la siguiente figura.

También se producen mejoras en las emisiones, tanto de contaminantes atmosféricos, como de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>).

Gráfico 15 Reducción anual emisiones CO<sub>2</sub> (€)

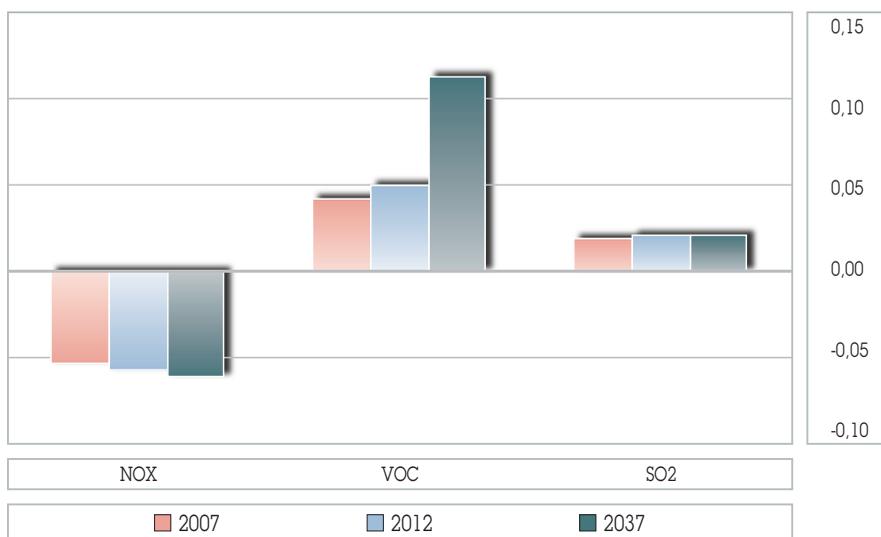


Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

En lo que se refiere a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la mayor fluidez del tráfico produce unas reducciones significativas de los coeficientes de emisión, que van variando con el nivel de congestión a lo largo de los años. Concretamente se producen reducción en las emisiones de 35.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en 2007, que crecen hasta los 64.800 en el horizonte 2037. Estas reducciones suponen unos valores económicos que varían de los 5,5 a los 10,1 millones de euros anuales. La figura siguiente recoge esta evolución.

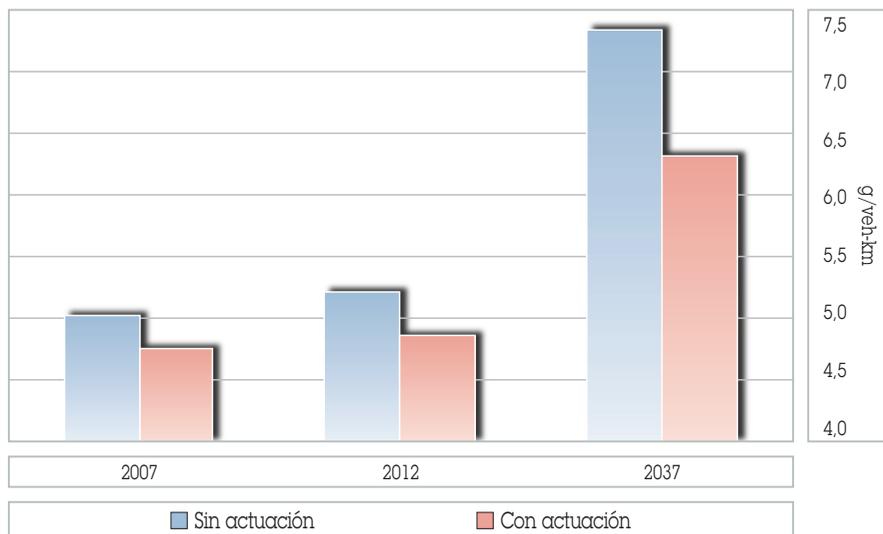
En las emisiones de contaminantes atmosféricos se obtiene también una mejora en términos globales, aunque varía en el caso de cada contaminante: hay que tener en cuenta que las emisiones siguen curvas en función de la velocidad, que son diferentes para cada contaminantes: por lo tanto, los cambios de velocidad que son beneficiosos para algunos, aumentan los ratios de emisión de otros. Lo que beneficia en todos los casos son las velocidades moderadas y la reducción de situaciones de congestión.

Gráfico 16 Reducción de emisiones (g/Veh-km)



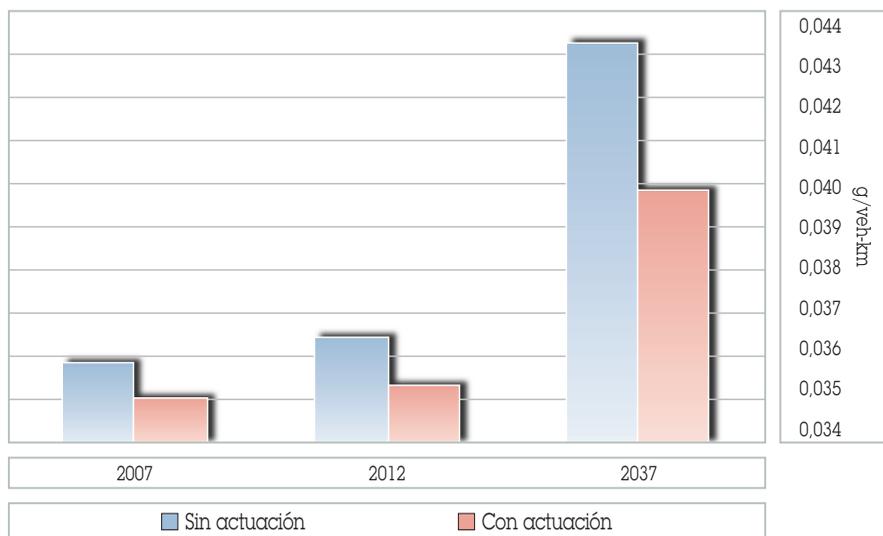
Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Gráfico 17 Tasas de emisión de CO



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Gráfico 18 Tasas de emisión de partículas



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

De los gráficos comparativos anteriores, para los contaminantes evaluados cabe concluir lo siguiente. Los óxidos de nitrógeno aumentan con la velocidad, pero este empeoramiento se compensa con la reducción de emisiones de óxidos de azufre y compuestos orgánicos volátiles.

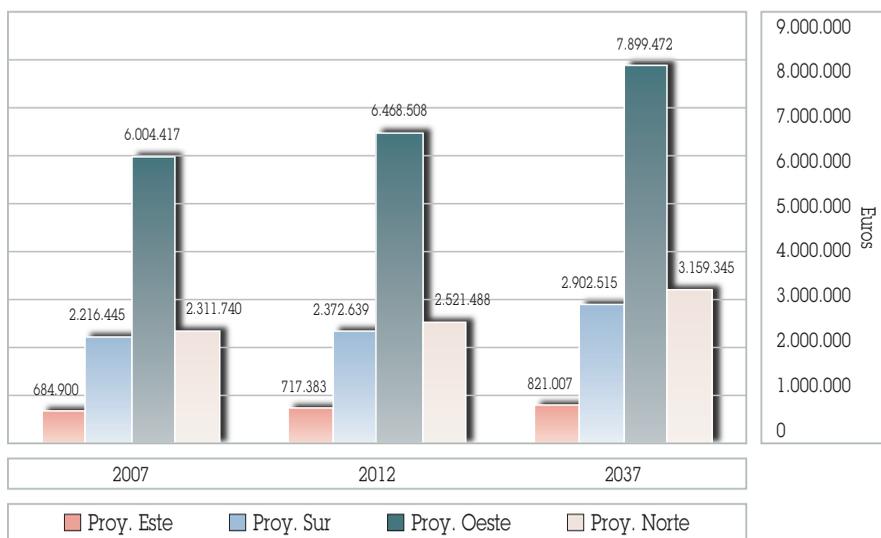
El monóxido de carbono se reduce sustancialmente, sobre todo en los horizontes a largo plazo, en los que las velocidades bajan, y por ende, las reducciones crecen.

Por último, las emisiones de partículas siguen una tendencia a reducirse, aunque con diferencias según escenarios.

### Mejora de la calidad de vida para los ciudadanos

Además de las mejoras ambientales, que percibirán los ciudadanos, hay otros efectos sobre la calidad de vida de los barrios. El más importante, desde el punto de vista de la accesibilidad, es la supresión del efecto barrera en las zonas en túnel, que se ha cuantificado en 259 millones €. Este efecto es paralelo a la eliminación del ruido, pues tienen la misma causa. Las diferencias entre proyectos y su evolución pueden analizarse en la figura siguiente.

Gráfico 19 Reducción efecto barrera



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

La población directamente beneficiada por las mejoras de los túneles es de 270.000 vecinos, a los que habrá que sumar los que visitan la zona, por motivos de trabajo, ocio, relaciones, etcétera.

Por otra parte, en las zonas de túnel se realizan 18 millones de viajes en autobús, correspondientes a 10 líneas de la EMT, que discurren por un viario de poca capacidad, con bajas velocidades medias de circulación; la recuperación del espacio ocupado por la M-30, permitirá un diseño más rápido y económico de dichas líneas.

### Mejora del medio natural en el Río Manzanares

La eliminación de contaminación atmosférica y vertidos sobre el río y la supresión de la presión de las dos vías rápidas que lo rodean en la actualidad, supone una clara mejora del entorno natural del Río Manzanares.

**Tabla 24** Evaluación de las actuaciones en le Río Manzanares

Indicador	Año 2004	Año 2007	Evaluación
M <sup>2</sup> superficie asfaltada	249.111	95.058	Positiva
M <sup>2</sup> superficie de zona verde	501.200	806.300	Positiva
Número de árboles por hectárea	35,25	71,66	Positiva
Distancia media entre zonas verdes (m)	353	205	Positiva
M <sup>2</sup> zona verde por habitante	1,98	2,4	Positiva
Usuarios potenciales de las zonas verdes	489	1.573	Positiva
Número de tanques de laminación	—	33 más	Positiva
Grado de dilución de las aguas	1:1	1:10	Positiva
Carga contaminante	—	Disminución	Positiva
Calidad escénica	Baja	Alta	Positiva
Continuidad del Parque Lineal	Inexistente	Existente	Positiva

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Se puede afirmar, en conclusión, que el Programa de Mejoras de la M-30 de Madrid, contribuye claramente a la reducción de los tres problemas principales diagnosticados reduce la congestión al resolver los problemas funcionales del trazado actual; elimina la presión ambiental del tráfico de la M-30 en la zona del Río Manzanares y mejora la calidad de vida en los los barrios colindantes; y reducirá las tasas de accidentalidad al mejorar los defectos funcionales de los tramos de concentración de accidentes.

Además, la evaluación socioeconómica y ambiental realizada permite afirmar que el proyecto presenta, aún teniendo en cuenta su elevado coste, un beneficio social claramente positivo.

## 4.5

### Conclusiones de la evaluación socioeconómica

Los resultados obtenidos por el equipo de la UPM les llevan a la conclusión final que el programa global de actuaciones es altamente rentable desde el punto de vista socioeconómico, aunque hay diferencias significativas entre los proyectos como se muestra a continuación:

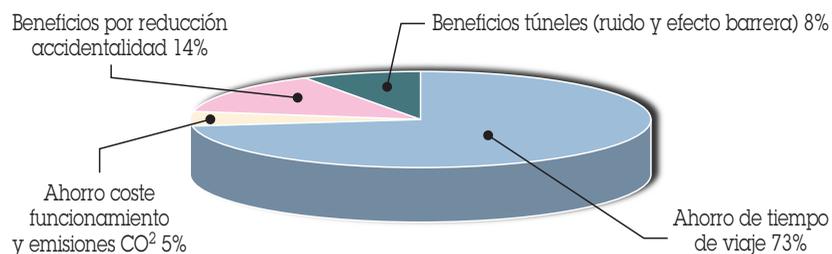
**Tabla 25 Rentabilidad de los distintos proyectos de inversión acometidos en la M-30**

Proyecto	Inversiones (excluido el IVA) (€)	Valor Actual Neto (2004) (€)	Tasa de retorno (%)
Norte	1.176.748.549	-62.944.167	2,06
Este	434.363.632	1.501.145.432	16,00
Sur	797.055.603	-24.629.623	2,24
Oeste	1.254.478.567	334.071.543	4,08
<b>Agregado M-30</b>	<b>3.662.696.351</b>	<b>1.747.643.185</b>	<b>5,24</b>

Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

En estas cifras se incluyen sólo los beneficios que se han monetizado; es decir: ahorros de tiempo de viaje, reducción de accidentes, ahorros en el consumo de carburantes, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y cuantificación de beneficios por túneles (ruido y efecto barrera). Su contribución individual al VAN obtenido es el que muestra el siguiente gráfico.

**Gráfico 20 Valoración de beneficios**



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

capítulo **5**

## **conclusiones generales**

**Infraestructuras**  
madrid

## CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo de este trabajo ha sido el de analizar los diferentes impactos económicos a corto —los derivados de las propias inversiones— y largo plazo —por una mayor y más eficiente actividad productiva— que la inversión en las infraestructuras viarias ha tenido sobre la Ciudad de Madrid. También se han incluido los resultados otros efectos socioeconómicos, en el caso de las actuaciones sobre la M-30, diferentes de los analizados específicamente en este trabajo, pero que fueron objeto de un análisis anterior por parte de un equipo de investigación de la UPM.

Las principales actuaciones objeto de las inversiones municipales en infraestructura viaria son:

Tabla 26

**Total de las Inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)**

Acción	Miles de euros
<b>Proyecto M-30:</b>	
Remodelación enlace M-30 (Nudo La Paloma) y las calles Pío XII y Avenida de Burgos	52.874,7
Remodelación de la C/Costa Rica y Plaza José María Soler y sus entronques con M-30	32.011,3
Remodelación enlace M-30 con Avenida de América/A2	23.830,9
Enlace entre el eje N-100-O'Donnell y M-30	21.653,4
Enlace de la M-30 con la N-III	190.625,8
Bypass Sur. Túnel Norte-III-Sta María de la Cabeza. Calzada izquierda	412.253,1
Bypass Sur. Túnel Norte-III-Sta María de la Cabeza. Calzada derecha	456.544,4
Remodelación vía de servicio M-30 Noroeste y ampliación a 3 carriles enlace Oeste M-30	38.983,9
Construcción nuevo acceso Avenida de la Ilustración con la carretera de Colmenar M-607	32.548,3
Construcción de rampas de los túneles Bypass Norte con N-I	9.901,5
Conexión de la C/Embajadores con la M-40	137.572,9
Avenida de Portugal	196.868,5
Marqués de Monistrol-Puente Segovia	439.727,7
Puente Segovia-Puente de San Isidro	299.222,2
Puente San Isidro-Puente Praga	319.552,6
Puente de Praga-Nudo Sur	325.835,2
Centro de control de túneles	33.840,5
Otros gastos	59.722,2
<b>Total M-30</b>	<b>3.083.569,0</b>

Tabla 26

Total de las Inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros)

Acción	Miles de euros
<b>Resto de infraestructuras viarias:</b>	
Supresión paso elevado Gta. Cuatro Caminos	27.942,1
Remodelación Vías de servicio de la A-I entre M-30 y M-40	36.132,2
Prolongación Norte de la C/Ventisquero de la Condesa	11.440,3
Construcción del Enlace con la M-40 en el PAU de Sanchinarro	10.060,4
Prolongación tunel C/O'donnell	34.151,1
Anillo Verde Ciclista (segunda y tercera fase)	34.826,7
Gran Vía Sureste, límite sur P. P. y la N-III Ensanche de Vallecas	19.612
Vía Borde del Suroeste (Vial 18) Ensanche de Vallecas	18.511,4
Nuevo tunel Avda Pio XII	56.505,8
Anillo distribuidor APR 08.04 (Ciudad Deportiva Real Madrid)	111.808,8
Enlace M-40 con PAU Las Tablas	36.931,8
Conexión Avda. Ilustración-Ventisquero de la Condesa	73.652,6
Conexión distrito Tetuán con M-30, eje Sor Ángela de la Cruz-Marques Viana	84.415,5
Nuevos accesos a los vertederos de Madrid	15.300,7
Otras Obras externas a la M-30	88.131,0
<b>Total resto infraestructuras viarias</b>	<b>659.422,4</b>
<b>Total</b>	<b>3.742.991,2</b>

Para extraer el análisis de corto plazo, se ha utilizado la metodología *input-output*, pudiendo resaltar los siguientes resultados:

- a) Con respecto a los efectos sobre el empleo, en términos generales, estas inversiones generarían un nivel de empleo de más de 60.000 puestos de trabajo, supone un aumento del 3,3% del empleo existente en el inicio de las inversiones.
- b) Con respecto a los efectos sobre el Valor de Añadido se generaría un aumento del mismo de 2.913 millones de euros para todo el período contemplado, lo que representa un aumento del 3,2% del valor de 2003.
- c) Por ramas de actividad, la actividad de construcción es la gran beneficiada del conjunto de los efectos casi la mitad de la actividad y el empleo generados.
- d) Dentro de las actividades industriales destacan las actividades que suministran bienes de inversión y las más ligadas a la actividad de construcción, tal es el caso de las estructuras metálicas o la maquinaria industrial.

Las actividades de servicios más beneficiadas, son las relacionadas con la construcción como los servicios técnicos (con un 10% de los efectos totales) y las actividades inmobiliarias (con más de un 6%).

En el reparto del empleo asociado a este fenómeno inversor destaca el caso de las actividades de comercio (más del 8% del empleo generado por todo el proyecto), hostelería (casi el 5%), servicios técnicos (el 5,6%) o incluso el servicio doméstico (más del 5%).

El multiplicador de estas inversiones se cifraría en 1,79, que indica que por cada euro que se invierte, se generan 1,79 euros a lo largo de toda la economía interior de la Comunidad de Madrid.

Aunque la mayoría de los efectos obtenidos se localizarían en el municipio de Madrid, se constata la existencia de efectos más allá del propio municipio, en el resto de la Región, e incluso en el resto de la economía española. El carácter abierto de la economía madrileña posibilita unos importantes flujos de productos importados, tanto desde el resto de España, como desde el resto del mundo. Este nivel de importaciones representa un 20% respecto de la cifra de los efectos totales que se producen en la economía interior de la Comunidad de Madrid.

Con respecto a los efectos a largo plazo, se ha utilizado una metodología basada en la estimación del impacto en la función de producción agregada, detectando la relación entre la producción, el empleo, el capital humano, la inversión privada y las infraestructuras urbanas. Siendo complementarios de los obtenidos para el corto plazo, y la evaluación social de proyectos.

La metodología empleada en este trabajo posibilita evaluar los impactos que se provocarán una vez que las inversiones previstas se hayan ejecutado, cuantificándose sus efectos desde el momento en que la nueva oferta de infraestructuras urbanas pueda ser utilizada por el sector privado, bien para generar más actividad económica o bien para incrementar su eficiencia productiva.

Entre los resultados obtenidos por este tipo de análisis destacan los siguientes:

- a) En el largo plazo, el Valor Añadido Bruto de la Ciudad se incrementará en 3.925 millones de euros, un 4,6% respecto de su valor en el inicio de la inversión.
- b) Algo más del 90% de todos los efectos acumulados se producen antes de que transcurran cinco años desde que las nuevas infraestructuras entren en funcionamiento.
- c) Con respecto al empleo, se obtendrá una generación adicional de 23.000 empleos en el largo plazo, es decir una vez una vez finalizado todo el proceso dinámico de generación de empleo.

Por tanto, los resultados finales del estudio en el que se presentan conjuntamente los resultados del corto plazo y los obtenidos en el análisis de largo plazo, son los reflejados en la tabla 27.

**Tabla 27 Síntesis de los efectos totales sobre el Empleo (en miles) y el Valor añadido de las inversiones en infraestructuras viarias de la Ayuntamiento (millones de euros)**

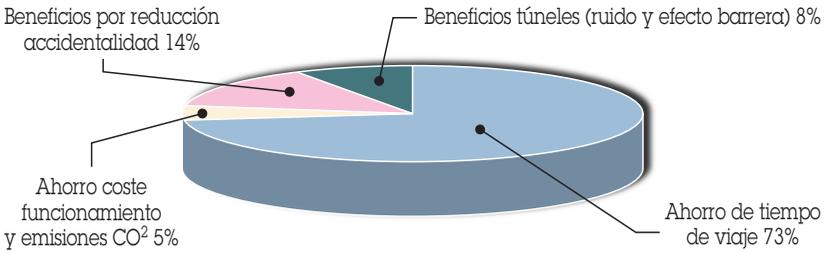
	Efectos a corto plazo. Realización de las obras 2003-2012	Efectos a largo plazo. Estructura productiva	Suma ambos (cp y lp) efectos en todo el período	Porcentaje sobre la Ciudad*
Empleo	60,8	23	83,8	4,5%
Valor añadido	2.814	3.925,3	6.739,3	7,8%

\* El año de referencia para el VAB de la Ciudad de Madrid es 2004 y para el empleo 2006.  
Fuente: Elaboración propia.

Mostrando de forma agregada los resultados del corto y largo plazo, el volumen de valor añadido asociado a las inversiones supera los 6.700 millones de euros, los resultados en términos de empleo son de unos 83.000 puestos de trabajo, lo que supone un aumento en términos porcentuales de un 7,8 y 4,5 respectivamente.

Con respecto a los resultados obtenidos por el equipo de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid en un estudio titulado «Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid», se obtiene la conclusión que el programa global de actuaciones es altamente rentable desde el punto de vista socio-económico. En estas cifras se incluyen sólo los beneficios de ahorros de tiempo de viaje, reducción de accidentes, ahorros en el consumo de carburantes, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y cuantificación de beneficios por túneles (ruido y efecto barrera). Su contribución individual demuestra que los usuarios se beneficiarán mayoritariamente de un ahorro en los tiempos de viaje, y habrá una importante reducción de la accidentalidad (gráfico 21).

**Gráfico 21 Valoración de los distintos beneficios derivados de la inversión en la M-30**



Fuente: Evaluación socio-económica y ambiental del programa de mejoras de la M-30 de Madrid (2006). UPM.

Como colofón a todo lo dicho, podemos establecer que la aportación de las inversiones que está realizando el Ayuntamiento de Madrid en la mejora de las infraestructuras viarias de la Ciudad son generadoras de un importante dinamismo económico, como queda claramente expuesto en este estudio: los más de 83.000 puestos de trabajo que se generarán y los más de 6.700 millones de euros que se adicionarán al Valor Añadido de la Ciudad así lo atestiguan. Además las nuevas infraestructuras también van a conllevar mejoras en aspectos como ahorro de tiempos de viaje, reducción de la accidentalidad, menor contaminación, reducción del efecto barrera y mejor calidad paisajística, lo que implica que las inversiones sean rentables tanto económica, como socialmente.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Argimón, I.; González-Páramo, J. M. y Roldán, J. M. (1993): «Productividad e infraestructuras en la economía española», *Documento de Trabajo 9313*, Banco de España, Madrid.

Aschauer, D. A. (1989): «Is public expenditure productive?», *Journal of Monetary Economics*, 23, págs. 177-200.

Bajo, O. y Sosvilla, S. (1993): «Does public capital affect private sector performance? An analysis of the Spanish case, 1964-1988», *Papeles de Trabajo*, 1/93, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

Banerjee, A.; Dolado, J.; Galbraith, J. y Hendry, D. F. (1993): *Co-integration, error-correction and the econometric analysis of non-stationary data*. Oxford University Press, Oxford.

Comunidad Valenciana, Actualización de la Evaluación Intermedia del programa operativo integrado de la Comunidad Valenciana (POICV) 2000-2006.

De la Fuente, A. (1996): «Infraestructuras y productividad: un panorama de la evidencia empírica», *Información Comercial Española*, 757, págs. 25-39.

Dickey, D. A. y Fuller, W. A. (1979): «Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root», *Journal of the American Statistical Association*, 74, págs. 427-431.

Dickey, D. A. y Fuller, W. A. (1981): «Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root», *Econometrica*, 49, págs. 1057-1072.

Draper, M. y Herce, J. A. (1994): «Infraestructuras y crecimiento: un panorama», *Revista de Economía Aplicada*, n.º 6 (vol. II), págs. 129-168.

Engle, R. F. y Granger, C. W. J. (1987): «Cointegration and error correction: representation, estimation and testing», *Econometrica*, vol. 55, págs. 251-276.

Ford, R. y Poret, P. (1991): «Infrastructure and private sector productivity», *OCDE Economic Studies*, 17, otoño, págs. 63-88.

Fuller, W. A. (1976): *Introduction to statistical time series*, John Wiley & Sons, New York.

Fundación BBVA (varios años): *Renta nacional de España y su distribución provincial*, Bilbao.

Granger, C. W. J. (1981): «Some properties of time series data and their use in econometric model specification», *Journal of Econometrics*, 16, págs. 121-130.

Granger, C. W. J. y Newbold, P. (1974): «Spurious regressions in econometrics», *Journal of Econometrics*, 2, págs. 111-120.

Gramlich, E. M. (1994): «Infrastructure investment: a review essay», *Journal of Economic Literature*, XXXII(3), septiembre, págs. 1176-1196.

Holtz-Eakin, D. (1994): «Public sector capital and the productivity puzzle», *Review of Economics and Statistics*, 76 (1), págs. 12-21.

Instituto Nacional de Estadística. Contabilidad Regional de España y Cuentas Satélites del Turismo.

Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, *Tabla input-output 2000 de la Comunidad de Madrid*.

Kremers, J.; Ericsson, N. y Dolado, J. (1992): «The power of co-integration tests», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, págs. 325-348.

Mas, M.; Maudos, J.; Pérez, F. y Uriel, E. (1994): «Capital público y productividad en las regiones españolas», *Moneda y Crédito*, 198, págs. 163-192.

Munnell, A. H. (1990): «How does public infrastructure affect regional economic performance?», *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, septiembre/octubre, págs. 11-32.

Pulido, A. y Fontela, E. (1993) *Análisis input-output*, Editorial Pirámide.

Phillips, P. C. B. (1987): «Time series regression with an unit root», *Econometrica*, 55, págs. 277-301.

Phillips, P. C. B. y Perron, P. (1988): «Testing for a unit root in time series regression», *Biometrika*, 75, págs. 335-346.

Ratner, J. (1983): «Government capital and the production function for US private output», *Economics Letters*, 13, págs. 213-217.

**anexos**

**Infraestructuras**  
madrid

## ANEXOS

---

### METODOLOGÍA UTILIZADA

---

#### 1

---

#### **Análisis *Input-Output***

La metodología aplicada en este estudio se basa en el modelo *Input-Output* de demanda, considerando como elemento exógeno del modelo y desencadenante de los diversos efectos económicos, el volumen de inversión en infraestructuras viarias del ayuntamiento de Madrid para un período dado.

#### **1.1. Metodología general aplicada**

Más allá de una metodología detallada del análisis económico mediante la técnica *Input-Output*, en esta parte se pretende ofrecer una explicación de la construcción del modelo y la información de base utilizada además de exponer diversas implicaciones de este análisis.

El modelo construido para este análisis está basado en el marco *Input-Output* de la Comunidad de Madrid del año 2002, en torno a la Matriz Simétrica de origen interior.

Los modelos del tipo IO de demanda atienden a una metodología general ampliamente contrastada que, brevemente reseñada, se basa en el siguiente análisis.

La herramienta económica constituida por las tablas *input-output*, permiten observar los flujos de las diferentes transacciones intersectoriales en una economía dada para un año de referencia, de igual modo también recoge los distintos vectores de la demanda final y los *inputs* primarios. El modelo que se basa en esta herramienta, y que se estandariza en la metodología general en el sistema cerrado de Leontief se define por la ecuación fundamental que en forma matricial:

$$X = AX + DF$$

Donde:

$X$  es la matriz de las producciones de las diferentes ramas de actividad homogéneas.  
 $A$  es la matriz de coeficientes sobre producción (cada consumo intermedio dividido por la producción de dicha rama).

$DF$  es el vector de demanda final del sistema.

De manera que el modelo se define por la ecuación basada en la matriz inversa de Leontief:

$$X = (I - A)^{-1} DF$$

Este modelo permite observar una serie de efectos sobre la producción del sistema, ligados a la demanda final, exógena del mismo. Estos efectos aparecen desglosados entre efectos inicial, directos, indirectos y totales, que recogen la suma de los dos anteriores.

En la terminología de análisis *Input-Output*, más académica, los efectos aparecen desglosados en inicial, que es aquel que responde al mismo *shock* de demanda ( $DF^*$ ), directos, que engloban además de los iniciales, los de la primera ronda de transacciones económicas ( $DF^* [I+A]$ ), los indirectos que recogen el efecto de sucesivas rondas de transacciones económicas ( $DF^* [A^2 + A^3 \dots A^n]$ ) y los totales que engloban a todos anteriores ( $DF^* [I - A]^{-1}$ ). En este sentido se respeta dicha metodología con el fin de obtener una mejor comprensión de estos resultados.

El modelo construido de esta manera sin incorporar información adicional, basado en los coeficientes técnicos interiores de producción, permite aproximar los efectos directos e indirectos de esta metodología pero no permite alcanzar los inducidos, estos efectos necesitan de la ampliación del modelo. El modelo se amplía endogeneizando una parte de la demanda final, el consumo de los hogares residentes, este análisis no es trivial y aparte de necesitar de información adicional implica la adopción de diversos supuestos, por ello merece la pena detenerse en este proceso.

La explicación económica de estos efectos es la introducción en el análisis, de las implicaciones que un incremento de la renta de los hogares tiene en el aumento del consumo de los mismos, por ello se necesita construir un vector que introduzca dentro de la matriz intermedia una parte de los *inputs* primarios (VAB) y una parte de la demanda final (consumo de los hogares residentes).

La ampliación del modelo necesita incorporar como «rama productiva» imbricada con el resto de la matriz intermedia a los hogares residentes de este modo la columna de esta nueva «rama», es el consumo de los hogares residentes, en esta parte aparece el primer problema pues el consumo de la tabla simétrica de Madrid 2002 presenta conjuntamente el consumo de los hogares residentes y no residentes en el territorio económico, por ello se debe estimar un consumo de los residentes en el territorio económico que en cualquier caso siempre formará parte de la demanda final exógena del modelo.

La solución adoptada se basa en el total del consumo de los residentes en el territorio económico que ofrece la tabla y una estructura general que es la que ofrece la Cuenta Satélite del Turismo de España para el año 2002, esta estructura es nacional y a un nivel de productos de menor detalle que la tabla, por ello en el caso de un mayor nivel de desagregación se ha contemplado la misma estructura del consumo de la tabla de Madrid.

Detrayendo este consumo de no residentes, por productos, en el territorio económico se obtiene el total por productos del consumo de los residentes en el territorio económico y la nueva columna de la matriz intermedia del modelo ampliado, estos resultados pueden observarse en la tabla 28.

Tabla 28

Estimación del consumo de los residentes en el territorio económico y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado

	Consumo de los residentes en el territorio económico	Coeficientes
1. Productos de la agricultura y ganadería	197.585	0,00417
2. Productos energéticos y de minería	860.828	0,01818
3. Productos de la metalurgia básica y fundición	0	0,00000
4. Estructuras metálicas	0	0,00000
5. Productos de forja y talleres	0	0,00000
6. Artículos metálicos	12.333	0,00026
7. Maquinaria industrial	178.226	0,00376
8. Material eléctrico	1.407	0,00003
9. Material electrónico	443.634	0,00937
10. Máquinas oficina y precisión	23.438	0,00049
11. Vehículos y sus piezas	129.539	0,00274
12. Otro material de transporte	510	0,00001
13. Productos cárnicos	259.115	0,00547
14. Productos lácteos	317.740	0,00671
15. Otros productos alimenticios	313.050	0,00661
16. Bebidas y tabaco	302.167	0,00638
17. Productos textiles	5.092	0,00011
18. Productos de la confección	808.725	0,01708
19. Productos de cuero y calzado	108.699	0,00230
20. Papel y productos de papel	32.605	0,00069
21. Productos impresos	514.735	0,01087
22. Productos de la edición	117.328	0,00248
23. Productos farmacéuticos	192.686	0,00407
24. Otros productos químicos	330.053	0,00697
25. Productos de la química industrial	9.801	0,00021
26. Productos de la química básica	0	0,00000
27. Productos del vidrio	20.898	0,00044
28. Cemento y derivados	20.880	0,00044
29. Productos de otras industrias no metálicas	7.041	0,00015
30. Madera, corcho y sus productos	0	0,00000
31. Productos de caucho y materias plásticas	0	0,00000

Tabla 28

Estimación del consumo de los residentes en el territorio económico y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado (continuación)

	Consumo de los residentes en el territorio económico	Coefficientes
32. Muebles	314.725	0,00665
33. Otras manufacturas	86.951	0,00184
34. Trabajos de construcción	241.389	0,00510
35. Servicios de comercio al por mayor e intermediarios	0	0,00000
36. Servicios de comercio de vehículos y combustibles	661.293	0,01396
37. Servicios de comercio al por menor y reparación	7.428.473	0,15686
38. Servicios de hostelería	4.953.872	0,10460
39. Servicios de transporte terrestre	1.693.339	0,03576
40. Servicios de transporte no terrestre	266.358	0,00562
41. Servicios anexos al transporte	586.970	0,01239
42. Comunicaciones	1.817.505	0,03838
43. Servicios inmobiliarios y de alquiler	6.869.881	0,14506
44. Servicios de informática	8.758	0,00018
45. Servicios de asesoramiento	113.383	0,00239
46. Servicios técnicos	34.000	0,00072
47. Servicios de publicidad	32.996	0,00070
48. Otros servicios profesionales	355.220	0,00750
50. 1. Servicios de educación de mercado	2.371.999	0,05009
50. 2. Servicios de educación de no mercado	0	0,00000
51. 1. Servicios sanitarios de mercado	2.761.263	0,05831
51. 2. Servicios sanitarios de no mercado	0	0,00000
52. 1. Servicios recreativos de mercado	4.900.301	0,10347
52. 2. Servicios recreativos de no mercado	0	0,00000
53. Servicios personales	367.403	0,00776
54. Servicios de intermediación financiera	2.537.992	0,05359
55. Servicios de seguros y planes de pensiones	982.700	0,02075
56. Servicios de saneamiento público	1.420.779	0,03000
57. Servicios de asociaciones	0	0,00000
58. Servicio doméstico	1.342.866	0,02836
59. Servicios de administración pública	0	0,00000
<b>Total interior a precios básicos</b>	<b>47.358.529</b>	

La estimación de la fila de los hogares es todavía más compleja, pues debería aproximarse al concepto de renta disponible dedicada al consumo que en cada rama de actividad llevan a cabo los hogares, encuadrados como elemento productivo en cada rama. Para esta tarea se han consultado diversas fuentes que contemplan la información que descompone el total del Valor añadido Bruto a precios de mercado de la tabla en distintos conceptos, que permitan aproximar el concepto buscado<sup>4</sup>, además de observar los resultados de análisis de idéntica naturaleza llevados a cabo en otros ámbitos.

Finalmente la fuente principal de esta estimación se ha basado en operaciones similares en entornos IO de naturaleza análoga, en concreto la experiencia de la Comunidad Valenciana, el modelo IO ampliado construido sobre la tabla de esta comunidad para el año 1995, que ofrece una proporción de renta disponible sobre el total de cada rama en una sectorización muy parecida a la de la tabla de la Comunidad de Madrid del año 2002. Observando esta operación de análisis, las otras fuentes disponibles<sup>5</sup> y la propia tabla se construyó el vector de proporción de la renta disponible de los hogares residentes respecto de la producción de cada rama de actividad, cuyos resultados de exponen en la tabla 29.

## 1.2. Precisiones sobre los efectos sobre el empleo

En la estimación de los efectos sobre el empleo, la metodología se basa en la aplicación de un vector  $v'$  que transforma los efectos sobre la producción en efectos sobre el empleo, obteniendo los requerimientos de empleo asociados a un nivel de producción dado por los efectos de las inversiones. Este vector de transformación está constituido en último caso por una estimación de las productividades por ramas de actividad, que permiten asociar un nivel de empleo a una producción.

El vector original  $v'$  referido a las productividades por rama de actividad se obtiene del marco IO de la Comunidad de Madrid y aparece referido temporalmente al año 2002. Debido a la extensión de los efectos de las inversiones del Ayuntamiento desde el año 2003 al 2012 y al hecho de tratar con inversiones valoradas en términos constantes, se hace evidente la necesidad de llevar a cabo un tipo de corrección sobre este vector  $v'$  que al menos indique la tendencia temporal de la productividad en los últimos años.

Esta corrección de la productividad original extraída del Marco IO de la Comunidad de Madrid se basa en la evolución de la misma a grandes agregados de actividad de la productividad de la CRE<sup>6</sup>, en términos de VAB por ocupado para el período 2002-05, atendiendo a los grupos desagregados para los años 2002 al 2003, la general para la Comunidad de Madrid en el período 2004 y 2005 y la media del período 2001 a 2005 para el período 2006 a 2012.

<sup>4</sup> Esta explicación muy general puede ampliarse en lo que se crea necesario, detallando todos los conceptos que descomponen este VABpb hasta llegar al concepto objetivo de la Renta Disponible.

<sup>5</sup> Fundamentalmente la Contabilidad Regional de España para Madrid, y la información de la Fundación BBVA.

<sup>6</sup> Agricultura, Industria, Construcción y Servicios.

Tabla 29

Estimación de la Rentas Disponible de los Hogares Residentes y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado

	Rentas disponible de los hogares residentes dedicada al consumo	Coefficientes sobre la producción
1. Productos de la agricultura y ganadería	67.279	0,20266
2. Productos energéticos y de minería	1.084.205	0,25676
3. Productos de la metalurgia básica y fundición	83.862	0,09713
4. Estructuras metálicas	181.820	0,13057
5. Productos de forja y talleres	90.463	0,13770
6. Artículos metálicos	93.230	0,11737
7. Maquinaria industrial	373.990	0,14045
8. Material eléctrico	168.853	0,11264
9. Material electrónico	202.123	0,11449
10. Máquinas oficina y precisión	205.293	0,12862
11. Vehículos y sus piezas	311.772	0,06665
12. Otro material de transporte	174.863	0,13738
13. Productos cárnicos	104.047	0,08804
14. Productos lácteos	62.346	0,10443
15. Otros productos alimenticios	186.810	0,09864
16. Bebidas y tabaco	100.154	0,12004
17. Productos textiles	12.477	0,12296
18. Productos de la confección	187.427	0,11212
19. Productos de cuero y calzado	18.851	0,10768
20. Papel y productos de papel	100.449	0,12534
21. Productos impresos	428.013	0,14454
22. Productos de la edición	352.081	0,13814
23. Productos farmacéuticos	278.781	0,11423
24. Otros productos químicos	122.364	0,09970
25. Productos de la química industrial	68.936	0,09627
26. Productos de la química básica	52.478	0,09657
27. Productos del vidrio	44.932	0,14537
28. Cemento y derivados	165.383	0,12548
29. Productos de otras industrias no metálicas	96.775	0,13679
30. Madera, corcho y sus productos	69.547	0,10157
31. Productos de caucho y materias plásticas	134.851	0,14292
32. Muebles	208.760	0,12991

Tabla 29

**Estimación de la Rentas Disponible de los Hogares Residentes y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado (continuación)**

	Rentas disponible de los hogares residentes dedicada al consumo	Coefficientes sobre la producción
33. Otras manufacturas	71.396	0,08811
34. Trabajos de construcción	3.955.422	0,16124
35. Servicios de comercio al por mayor e intermediarios	3.616.710	0,20253
36. Servicios de comercio de vehículos y combustibles	786.164	0,17155
37. Servicios de comercio al por menor y reparación	2.401.724	0,28695
38. Servicios de hostelería	1.109.146	0,16018
39. Servicios de transporte terrestre	844.381	0,09361
40. Servicios de transporte no terrestre	581.277	0,12985
41. Servicios anexos al transporte	620.657	0,29291
42. Comunicaciones	3.258.290	0,18332
43. Servicios inmobiliarios y de alquiler	5.126.206	0,24011
44. Servicios de informática	1.096.968	0,16133
45. Servicios de asesoramiento	1.211.521	0,18625
46. Servicios técnicos	1.129.652	0,13129
47. Servicios de publicidad	436.491	0,12314
48. Otros servicios profesionales	1.702.410	0,21187
50. 1. Servicios de educación de mercado	644.109	0,19677
50. 2. Servicios de educación de no mercado	1.112.917	0,34848
51. 1. Servicios sanitarios de mercado	579.642	0,18189
51. 2. Servicios sanitarios de no mercado	892.120	0,24769
52. 1. Servicios recreativos de mercado	1.250.805	0,15502
52. 2. Servicios recreativos de no mercado	448.844	0,21840
53. Servicios personales	169.724	0,20005
54. Servicios de intermediación financiera	3.246.719	0,29626
55. Servicios de seguros y planes de pensiones	1.239.362	0,24532
56. Servicios de saneamiento público	403.503	0,21484
57. Servicios de asociaciones	270.866	0,21949
58. Servicio doméstico	573.735	0,40443
59. Servicios de administración pública	2.744.551	0,30598
<b>Total interior a precios básicos</b>	<b>47.358.529</b>	

Fuente: Marco Input-Output de la Comunidad de Madrid 2002, Actualización de la Evaluación Intermedia del Programa Operativo Integrado de la Comunidad Valenciana (POICV) 2000-2006, Contabilidad Regional de España y Cuenta Satélite del turismo de España y elaboración propia.

### 1.3. Precisiones y limitaciones de la metodología aplicada

El modelo así construido recoge todos los efectos de la metodología IO, tanto directos como indirectos e inducidos.

Sin ánimo de ser exhaustivo este modelo en función de la metodología empleada está sujeto a los siguientes supuestos o limitaciones inherentes a todo modelo de esta naturaleza.

Es un modelo de Corto Plazo, pues supone la constancia de los coeficientes estructurales de un año dado y proporciona los efectos que un *shock* de demanda exógena tiene en este período.

La estructura productiva es constante y no se ve afectada por la inversión realizada. El efecto económico que se recoge de la inversión en infraestructuras es el consecuente que tiene que efectuar la economía existente para satisfacer plenamente esa demanda, sin que se contemplen otros beneficios económicos inherentes a la mejora productiva de esta estructura.

El modelo IO es lineal y no contempla ni sustitución de factores, ni economías de escala. Este hecho es especialmente relevante a la hora de observar el efecto de creación/mantenimiento del empleo, pues al fin y al cabo el modelo acaba asociando de manera lineal una demanda exógena a un nivel de producción y empleo que la satisface, por ello no se puede hablar estrictamente de creación de empleo, en último caso este empleo dependerá de múltiples factores y especialmente los institucionales del mercado de trabajo.

## 2

### La función agregada de producción. Análisis de largo plazo

#### 2.1. Metodología general empleada

Los estudios econométricos existentes sobre los determinantes de la productividad nacional o regional parten del supuesto de que existe una relación estable entre el *output* agregado, por un lado, y las dotaciones de factores productivos (trabajo y distintos tipos de capital) y el nivel de eficiencia técnica, por otro. Esta relación, ya comentada, suele representarse mediante una función de producción agregada del tipo Cobb-Douglas:

$$Y_t = A_t \cdot N_t^\alpha \cdot K_t^\beta \cdot H_t^\delta \cdot KP_t^\gamma \quad (\text{Ecuación I})$$

Donde  $Y$  representa el *output* y las variables explicativas son: progreso técnico ( $A$ ); empleo ( $N$ ); capital privado ( $K$ ); capital humano ( $H$ ) y capital público ( $KP$ ).

En Ratner (1983) se puede observar la primera estimación de una función de producción agregada en la que se incluye el capital público como un *input* adicional. Tras ajustar los *stocks* de capital público y privado por la tasa de utilización de la capacidad pro-

ductiva, este autor estima una función de producción en niveles con datos anuales para el sector privado de Estados Unidos y encuentra que el coeficiente del capital público es positivo y significativo, aunque bastante reducido (0,056).

Aschauer (1989) estima una especificación muy similar, con series más largas para el mismo país, obteniendo un coeficiente superior (0,39). Este autor desagrega el *stock* total de capital público en distintas categorías y concluye que los tipos de equipamiento con un mayor impacto sobre la productividad son las infraestructuras de transportes, de suministro de energía e hidráulicas.

Una primera crítica al análisis de Aschauer, muy común en la literatura económica, consiste en que no considera otros posibles determinantes de la productividad. Como observa Holtz-Eakin (1994), los datos de la economía de Estados Unidos de posguerra contienen esencialmente un único aspecto: el descenso simultáneo de la inversión pública y el crecimiento de la productividad. Podría pensarse, sin embargo, que se tratase de una mera coincidencia.

En esta línea apunta el trabajo de Ford y Poret (1991), que extiende el análisis de Aschauer a once países miembros de la OCDE, encontrando una correlación significativa entre inversión pública y productividad sólo en la mitad de los casos.

Un segundo indicio en esta misma dirección es la notable diferencia entre los resultados de Aschauer y los de Ratner. Ambos trabajan con datos muy similares, excepto que la muestra del segundo autor termina en 1973. Por tanto, el elevado coeficiente obtenido por Aschauer podría deberse a la influencia de las observaciones de los últimos años del período analizado, que recogen ya la profunda crisis económica de los años setenta.

Otra crítica a los resultados de Aschauer hace referencia a ciertas cuestiones econométricas que resultan especialmente relevantes en los estudios de series temporales. En esta línea, algunos trabajos sugieren que los resultados de este autor podrían ser un ejemplo de «regresión espuria», identificado por Granger y Newbold (1974). Estos autores argumentan que en muchos casos, los aparentemente buenos resultados de regresiones en niveles entre variables no estacionarias (es decir, que presentan una tendencia) no son fiables, sugiriendo realizar las regresiones en diferencias para obtener estimadores consistentes.

Esto es, se trataría de tomar, para cada variable  $x$ , su primera diferencia,  $\Delta x_t = x_{t+1} - x_t$ . Así, reconstruyendo en términos logarítmicos la expresión de la Ecuación I mostrada anteriormente para el período  $t + 1$  y restándole la misma ecuación en  $t$ , se obtiene una función que relaciona la tasa de crecimiento del producto en cada período ( $\Delta \text{Log } Y_t$ ), con las tasas de acumulación de los distintos factores productivos y el ritmo del progreso técnico ( $\Delta \text{Log } A_t$ )<sup>7</sup>.

$$\Delta \text{Log } Y_{i,t} = \Delta \text{Log } A_{i,t} + \alpha \cdot \Delta \text{Log } N_{i,t} + \beta \cdot \Delta \text{Log } K_{i,t} + \Delta \text{Log } KP_{i,t} \quad (\text{Ecuación II})$$

<sup>7</sup> Recuérdese que el incremento del logaritmo entre dos períodos consecutivos es aproximadamente igual al incremento porcentual de la variable.

La Ecuación I es una especificación en niveles de la función de producción, mientras que la Ecuación II sería la misma función pero especificada en primeras diferencias.

Cuando se efectúa la estimación en primeras diferencias de todas las variables, los resultados tienden a ser menos favorables a la hipótesis de que las infraestructuras tienen un impacto sustancial sobre la productividad. Asimismo, cabe señalar que una estimación simple en diferencias presenta sus propios problemas. Munnell (1990) observa que tal especificación tiende a dar resultados poco creíbles sobre la contribución del *stock* de factores privados al crecimiento.

Sin embargo, los recientes avances en la econometría de las series temporales sugieren que los resultados de una estimación en niveles podrían ser bastante más fiables de lo que se pensó en un principio. En concreto, la estimación en niveles de una relación entre series no estacionarias es consistente cuando las variables están cointegradas, es decir, cuando existe una combinación lineal de ellas que sí es estacionaria. De hecho, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios así obtenidos serán, en muestras grandes, mejores de lo habitual, aunque también es cierto que sus distribuciones no corresponderán a las estándar, por lo que los contrastes usuales de inferencia pierden su validez.

### 2.1.1. **Análisis univariante de los datos**

Las propiedades univariantes de las series se pueden analizar desde tres puntos de vista: gráficos de las series, funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, y tests de no estacionariedad. En esta investigación, la determinación del orden de integrabilidad de cada una de las series se ha llevado a cabo siguiendo la metodología de los contrastes de raíces unitarias. Más concretamente, se han utilizado los tests propuestos por Phillips y Perron (1988), que son robustos a heterocedasticidad y cuya hipótesis nula es que la variable contiene una raíz unitaria.

#### **Contraste de raíces unitarias**

Fuller (1976) y Dickey-Fuller (1979,1981) consideran el problema de contrastar raíces unitarias en procesos autorregresivos. En un Proceso Generador de Datos (PGD) sencillo, un AR (1) que carezca de componentes deterministas,

$$y_t = \rho y_{t-1} + e_t; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [1]$$

Donde se supone que  $e_t \sim N(0, \sigma^2)$  e  $y_0$  es fijo, el contraste sobre la existencia de una raíz unitaria en  $y$ , esto es, que la hipótesis nula sea  $\rho = 1$  frente a la alternativa de que  $\rho < 1$ <sup>8</sup>, se realiza mediante el estadístico  $t$  de la estimación minimocuadrática de [1]. Aunque de una manera más sencilla se puede calcular a partir de la siguiente parametrización de [1]:

$$\Delta y_t = \varphi y_{t-1} + e_t \quad [2]$$

<sup>8</sup> Luego la hipótesis alternativa sería que  $y_t$  sigue un proceso estacionario AR (1).

con  $\Delta y_t = (y_t - y_{t-1})$ , siendo  $\varphi = \rho - 1$ , por lo que nuestro interés radicaría en contrastar la  $H_0: \varphi = 0$  sobre la alternativa  $H_1: \varphi < 0$ .

El  $t$  estadístico del estimador  $\varphi$ ,  $\tau$ , bajo la hipótesis nula no está basado en una distribución estándar, y su distribución asintótica, obtenida por simulación, así como los valores críticos de  $\tau$ , se pueden encontrar en Fuller (1976). Pero debe hacerse notar que dichos valores críticos sólo serían válidos si se cumplen los supuestos de no existencia de tendencia y constante en la ecuación [1].

Por ello se consideran, entonces, tres posibles PGD:

$$y_t = \rho y_{t-1} + e_t; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [3]$$

$$y_t = \alpha + \rho y_{t-1} + e_t; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [4]$$

$$y_t = \alpha + \beta t + \rho y_{t-1} + e_t; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [5]$$

donde en cualquier caso se supone que  $e_t$  sigue un proceso IID. Si  $\rho < 1$ , en valor absoluto, entonces [3] sería un proceso estacionario AR (1), mientras que [4] sería un proceso AR (1) estacionario en torno a una constante, y [5] un proceso AR (1) estacionario en torno a una tendencia lineal.

Por otra parte debe remarcarse que en [1], Dickey y Fuller supusieron que el proceso generador de datos (PGD) era un AR (1). Si se considera que el PGD es un AR (p), Dickey y Fuller definieron un nuevo estadístico aumentado (DFA) que está basado en la siguiente regresión:

$$\Delta y_t = \alpha + \varphi y_{t-1} + \rho \sum_{i=1}^p \delta \Delta y_{t-i} + u_t$$

donde  $p$  es el orden óptimo de los retardos de  $y_t$ , lo suficientemente largo para asegurar que los residuos  $u_t$  sean ruido blanco.

Como una alternativa a la inclusión de valores retardados para eliminar la correlación serial en [1], Phillips (1987) y Phillips-Perron (1988) sugieren unos ajustes no paramétricos del estadístico de Dickey-Fuller que generalizan la especificación del proceso generador de los datos, permitiendo que  $y_t$  siga un proceso bastante general y, en especial, cualquier modelo ARMA (p, q).

Estos estadísticos se representan mediante  $Z(\tau\mu)$ , y su distribución asintótica es idéntica a la tabulada por Fuller (1976). Luego se trataría de comparar el valor crítico de  $Z(\tau\mu)$  con el valor crítico  $\tau\mu(T, \alpha)$  y rechazar la hipótesis nula sobre la existencia de una raíz unitaria en el caso de que:

$$|Z(\tau\mu)| > |\tau\mu(T, \alpha)|$$

Aunque no suele ser frecuente, algunas series temporales económicas pueden estar caracterizadas como procesos integrados de orden dos, por lo que se puede contrastar la presencia de más de una raíz unidad.

El procedimiento concreto propuesto para contrastar la hipótesis nula de existencia de  $d$  raíces unidad frente a la alternativa de  $d - 1$  no es más que la aplicación de los tests de Phillips-Perron, pero considerando inicialmente el mayor número posible de raíces unitarias.

### 2.1.2. Resultados

Los resultados de aplicar el contraste de Phillips y Perron (1988) (PP) a las series objeto de análisis se muestran en la tabla 30, tanto para las primeras diferencias como para los niveles de las variables, respectivamente. Las conclusiones que se obtienen indican que, para todas las series analizadas, se puede rechazar la existencia de dos raíces unitarias, Además, se puede afirmar que todas las series son integradas de orden uno,  $I(1)$ , o estacionarias en primeras diferencias. Por todo ello se sugiere tomar todas las series utilizadas, producción, ocupación, capital humano, capital privado, capital público, capital público en carreteras y capital público urbano, en primeras diferencias.

Tabla 30 Contrastes de raíces unitarias y estacionariedad. Variables en logaritmos

Variables en logaritmos	PP Z (ta)*		Conclusión
	Niveles	Primera diferencia	
Log Y	-1,556	-3.011	I (1)
Log N	-0,478	-2.956	I (1)
Log K	-1,658	-4.964	I (1)
Log KP	-1,792	-4.307	I (1)
Log U	0,167	-4.986	I (1)
Log C	-1,858	-2.972	I (1)
Log H	-2,058	-2.933	I (1)

\* Z (ta) es el test de Phillips-Perron para la hipótesis nula de no estacionariedad (ver Perron, 1988).

### 2.2. Conceptos básicos del análisis de cointegración

Tras el análisis univariante de las series a incluir en el modelo, es preciso estudiar las posibles relaciones a largo plazo que existen entre las variables. Al tratarse de series no estacionarias, podrían aparecer relaciones de cointegración entre las mismas que, en caso de no ser identificadas e incorporadas al modelo, provocaría que las estimaciones no fueran consistentes. En otros términos, se trata de determinar si existen o no relaciones lineales estacionarias entre variables no estacionarias (integradas de

orden uno), lo que permite contrastar las posibles relaciones de equilibrio entre dichas variables, tal y como sugiere la teoría económica.

El concepto de cointegración proporciona un marco adecuado para contrastar las relaciones relevantes a largo plazo entre series temporales no estacionarias<sup>9</sup>.

Si se estima un modelo económico compuesto por un conjunto de series integradas de orden uno, existe el peligro de realizar inferencia incorrecta sobre la relación econométrica existente entre las mismas, incurriendo en el denominado problema de la «regresión espuria» (Granger y Newbold, 1974). Por tanto, la posible existencia de relaciones a largo plazo entre un conjunto de series no estacionarias, que son las que interesan desde la perspectiva de la teoría económica, debe asociarse al número de relaciones de cointegración entre las mismas. En este sentido, se dice que  $n$  series no estacionarias  $x_{it}$ , cada una de las cuales sigue un proceso no estacionario I (1), están cointegradas, CI (1,1), si existe una combinación lineal de las mismas dada por:

$$z_t = \sum_{i=1}^n \beta_i x_{it} \text{ que es un proceso estacionario [I (0)]}^{10}.$$

Dicha relación de cointegración entre las variables se interpreta como de equilibrio a largo plazo, puesto que las situaciones de desequilibrio son estacionarias y, por tanto, transitorias.

Para evitar el problema de las regresiones espurias de las series con tendencia ha constituido una práctica frecuente estimar regresiones en diferencias de las variables. Sin embargo, este tipo de modelización se reveló incapaz de describir el comportamiento de largo plazo. Por esta razón, diferentes autores han tratado el tema de la estacionariedad a través de los modelos de corrección del error, que, en principio, permiten una interpretación económica consistente al incluir no sólo las variables en diferencias sino también en niveles. Engle y Granger (1987) establecieron rigurosamente el vínculo entre los conceptos de cointegración y modelos de mecanismo de corrección del error (MCE), demostrando que las variables cointegradas siempre pueden representarse en términos de MCE y viceversa.

Desde que Granger (1981) introdujo el concepto de cointegración, han sido varios los procedimientos sugeridos en la literatura para contrastar esta propiedad.

El más conocido es el que aplica los contrastes estándares de raíces unitarias sobre los residuos de una regresión estática estimada por mínimos cuadrados ordinarios.

Se trataría, por tanto, de contrastar la hipótesis  $\lambda = 1$  en la siguiente regresión:

$$\hat{u}_t = \lambda \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t$$

<sup>9</sup> Una variable es integrada de orden  $d$  si su diferencia de orden  $d$  admite una representación ARMA estacionaria e invertible. En ese caso  $x_t$  es I ( $d$ ). En particular, el concepto de cointegración se ha aplicado frecuentemente a series que son integradas de orden uno, I (1).

<sup>10</sup> Si las variables son I ( $d$ ) y existe una combinación lineal de las mismas que es I ( $d-b$ ), se dice que están cointegradas de orden ( $d, b$ ), CI ( $d, b$ ).

donde  $\hat{u}_t$  es el residuo de la estimación estática minimocuadrática de las variables de interés en niveles. Con este fin se pueden usar varios contrastes, como el Dickey-Fuller (DF) o el Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

Adicionalmente, Engle y Granger (1987), propusieron también un procedimiento de estimación en dos etapas para determinar los parámetros del MCE, demostrando que después de estimar el vector de cointegración por MCO, los restantes parámetros del MCE pueden ser estimados consistentemente introduciendo los residuos de la regresión estática retardada un período en el MCE. Esto es, en la primera etapa se estimaría la regresión estática entre los niveles de las variables<sup>11</sup> utilizando MCO, contrastándose si los residuos de esa regresión son I (1). Si se rechaza la hipótesis nula de que sean I (1), entonces la dinámica a corto plazo puede estimarse en la segunda etapa.

Cabe afirmar que si el parámetro de velocidad del ajuste resulta no significativo en la estimación del MCE, las variables no serían cointegradas. Por consiguiente, el contraste sobre la significación de esos parámetros se convierte en un contraste de cointegración. Pero otra vez la inferencia sobre esos parámetros no es la estándar, y sus valores críticos se recogen en Banerjee *et al.* (1993). Además, Kremers *et al.* (1992) y Banerjee *et al.* (1993)<sup>12</sup> demuestran que esta estimación del MCE y el contraste sobre la significación del coeficiente de ajuste es un test más potente que aquellos planteados por Engle y Granger (1987).

<sup>11</sup> Recuérdese que estas variables son no estacionarias.

<sup>12</sup> En esta estimación, bajo la hipótesis nula de no cointegración, el término que acompaña al coeficiente del MCE es I (1), mientras que la variable dependiente es I (0).

---

## RELACIÓN DE TABLAS, GRÁFICOS Y MAPAS

---

### Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros).....	21
<b>Tabla 2.</b>	Total de las inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros).....	22
<b>Tabla 3.</b>	Estructura genérica de las inversiones.....	23
<b>Tabla 4.</b>	Estructura por productos del Marco IO de la economía de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid .....	24
<b>Tabla 5.</b>	Asignación por distritos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros).....	25
<b>Tabla 6.</b>	Efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros).....	31
<b>Tabla 7.</b>	Efectos sobre el empleo y el Valor Añadido de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 .....	33
<b>Tabla 8.</b>	Requerimientos totales de importaciones, según procedencia, asociadas a las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (miles de euros)...	34
<b>Tabla 9.</b>	Efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012. Detalle por ramas de actividad y años (miles de euros y porcentaje).....	36
<b>Tabla 10.</b>	Importancia de los efectos medios en relación a los totales de la producción y el empleo de la Ciudad de Madrid del año 2003, de las inversiones del Ayuntamiento, en los distintos períodos en que se producen (niveles e importancia relativa) .....	38
<b>Tabla 11.</b>	Detalle regional de los efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros) .....	40
<b>Tabla 12.</b>	Detalle por distritos municipales de la ciudad de Madrid de los efectos sobre el total de la producción de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros).....	42
<b>Tabla 13.</b>	Detalle regional de los efectos sobre el Empleo de la Comunidad de Madrid de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 .....	44
<b>Tabla 14.</b>	Detalle por distritos municipales de la ciudad de Madrid de los efectos sobre el empleo de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 .....	46
<b>Tabla 15.</b>	Ecuación estática de largo plazo .....	50
<b>Tabla 16.</b>	Ecuación dinámica del Mecanismo de Corrección del Error .....	51
<b>Tabla 17.</b>	Efectos acumulados sobre el VAB de Madrid (en porcentaje) ante un aumento de un punto porcentual en las inversiones en infraestructuras urbanas.....	53
<b>Tabla 18.</b>	Tramos de concentración de accidentes en la M-30 (1998-2002) .....	62

<b>Tabla 19.</b>	Evolución estimada de la accidentalidad en la M-30 sin remodelación .....	63
<b>Tabla 20.</b>	Coste social medio de un accidente con víctimas en la M-30 (€ de 2004)....	64
<b>Tabla 21.</b>	Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2007).....	65
<b>Tabla 22.</b>	Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2012).....	65
<b>Tabla 23.</b>	Reducciones estimadas de los costes de la accidentalidad como consecuencia del Programa de Mejora (2037).....	65
<b>Tabla 24.</b>	Evaluación de las actuaciones en el Río Manzanares .....	71
<b>Tabla 25.</b>	Rentabilidad de los distintos proyectos de inversión acometidos en la M-30 .....	72
<b>Tabla 26.</b>	Total de las Inversiones anuales de las obras del Ayuntamiento 2003-2012 (miles de euros).....	75
<b>Tabla 27.</b>	Síntesis de los efectos sobre el Empleo (en miles) y el Valor añadido de las inversiones en infraestructuras viarias de la Ayuntamiento (millones de euros) .	78
<b>Tabla 28.</b>	Estimación del consumo de los residentes en el territorio económico y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado.....	87
<b>Tabla 29.</b>	Estimación de la Rentas Disponible de los Hogares Residentes y su vector de coeficientes para el modelo IO ampliado .....	90
<b>Tabla 30.</b>	Contrastes de raíces unitarias y estacionariedad. Variables en logaritmos ...	96

## Gráficos

<b>Gráfico 1.</b>	Evolución de la importancia de la construcción en la economía de la Comunidad de Madrid (2000-2005) .....	18
<b>Gráfico 2.</b>	Reparto del valor añadido en la economía del Municipio de Madrid. Año 2005 .....	18
<b>Gráfico 3.</b>	Reparto del valor añadido en la economía del Municipio de Madrid. Año 2003 .....	19
<b>Gráfico 4.</b>	Desglose por productos/actividades de la Formación Bruta de Capital Fijo de origen interior de la Comunidad de Madrid.....	19
<b>Gráfico 5.</b>	Estructura productiva de las ramas de actividad homogéneas de Construcción y total de la economía de Madrid. Año 2002.....	20
<b>Gráfico 6.</b>	Desglose porcentual de los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 .....	32
<b>Gráfico 7.</b>	Desglose territorial de los efectos de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 (efectos sobre la producción + requerimientos totales de importaciones) .....	34
<b>Gráfico 8.</b>	Importancia de los efectos medios en relación a los totales de la producción y el empleo de la Ciudad de Madrid del año 2003, de las inversiones del Ayuntamiento, en los distintos períodos en que se producen .....	37
<b>Gráfico 9.</b>	Importancia de los efectos medios (del período 2003-2008) en relación a los totales de la producción y el empleo de la Ciudad de Madrid del año 2003, de las inversiones del ayuntamiento, en las distintas actividades económicas de la ciudad .....	39
<b>Gráfico 10.</b>	Elasticidad de respuesta del VAB regional por cada incremento de un punto porcentual en las inversiones realizadas .....	52
<b>Gráfico 11.</b>	Respuesta acumulada del VAB de Madrid (en porcentaje) por cada incremento de un punto porcentual en las inversiones en infraestructuras urbanas .....	52
<b>Gráfico 12.</b>	Ahorro diario de tiempo de viaje .....	61
<b>Gráfico 13.</b>	Beneficios anuales por reducción accidentalidad .....	66
<b>Gráfico 14.</b>	Reducción del ruido .....	67
<b>Gráfico 15.</b>	Reducción anual emisiones CO <sub>2</sub> (€) .....	67
<b>Gráfico 16.</b>	Reducción de emisiones (g/Veh-km) .....	68
<b>Gráfico 17.</b>	Tasas de emisión de CO .....	69
<b>Gráfico 18.</b>	Tasas de emisión de partículas.....	69
<b>Gráfico 19.</b>	Reducción efecto barrera.....	70
<b>Gráfico 20.</b>	Valoración de beneficios.....	72
<b>Gráfico 21.</b>	Valoración de los distintos beneficios derivados de la inversión en la M-30 .....	78

---

## Mapas

<b>Mapa 1.</b>	Desglose territorial en la Comunidad de Madrid de los efectos sobre la producción (distintos de la propia inversión) de las inversiones del Ayuntamiento 2003-2012. Porcentajes .....	41
<b>Mapa 2.</b>	Desglose territorial en el municipio de Madrid de los efectos sobre la producción de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012. Porcentajes .....	43
<b>Mapa 3.</b>	Desglose territorial en la Comunidad de Madrid de los efectos sobre el empleo de las inversiones del Ayuntamiento de Madrid 2003-2012. Puestos de Trabajo .....	45
<b>Mapa 4.</b>	Importancia del empleo asociado a las Ayuntamiento de Madrid 2003-2012 en un año tipo (media), respecto al empleo de cada distrito en el año 2005 .....	47

