



---

# **Universidad de Valladolid**

## **Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Grado en Economía**

### **Infraestructuras y Crecimiento: Un análisis para España**

Presentado por:

***Javier Coco Rodríguez***

Tutelado por:

***M<sup>a</sup> Araceli Rodríguez López***

*Valladolid, Junio de 2019*



## **RESUMEN**

Este trabajo analiza la evolución de la inversión en infraestructuras, así como su relación con el crecimiento económico. Para realizar el análisis, se han utilizado dos variables: la Formación Bruta de Capital, como principal magnitud representativa de la inversión en infraestructura y el PIB, magnitud relativa al crecimiento. El estudio se ha centrado en la comparación de tres Comunidades Autónomas analizando cómo han evolucionado las magnitudes que acabamos de mencionar. Además, para ver si las dos variables tienen alguna relación causal a largo o corto plazo, se ha realizado la prueba econométrica propuesta por Engle y Granger. Se trata de un tema complejo, con gran información disponible, por lo que el análisis se ha realizado buscando muestras representativas para poder conseguir el objetivo propuesto.

**Palabras Clave:** Crecimiento Económico, Infraestructuras, Cohesión territorial, Comunidades Autónomas, Cointegración.

**Clasificación JEL:** C51, H54, O41

## **ABSTRACT**

This work analyzes the evolution of infrastructure investment and its relationship with economic growth. In order to carry out the analysis, Gross Capital Formation has been used as the main magnitude of investment in infrastructure, and GDP of growth. The study has focused on the comparison of three Comunidades Autónomas and how the magnitudes have developed. In addition, an econometric test proposed by Engle and Granger have been done to support the analysis. It is a complex subject, with a great deal of information available, so the analysis has been done looking for representative samples to achieve the proposed goal.

**Key words:** Economic Growth, Infrastructures, Territorial Cohesion, Comunidades Autónomas, Cointegration.

**Jel Classification:** C51, H54, O41



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| 1.- INTRODUCCIÓN .....   | 10 |
| 2.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....   | 12 |
| 3.- EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA EN LOS<br>ÚLTIMOS AÑOS ..... | 23 |
| 4.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN<br>ESPAÑA.....   | 28 |
| 4.1.- Carreteras .....   | 29 |
| 4.2.- Aeropuertos .....  | 32 |
| 4.3.- Puertos.....   | 34 |
| 4.4.- Red Ferroviaria .....  | 37 |
| 5.- COMPARATIVA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS.....                               | 40 |
| 5.1.-Situación de Castilla y León.....                                       | 41 |
| 5.2.- Situación Comunidad de Madrid .....                                    | 49 |
| 5.3.- Situación de Cataluña .....  | 54 |
| 5.4.- Comparativa de las tres Comunidades Autónomas .....                    | 59 |
| 6.- PRUEBA DE COINTEGRACIÓN .....  | 63 |
| 7.- CONCLUSIONES .....   | 72 |

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

Anexos 1: Tablas y Gráficos

Anexos 2: Prueba de Engle y Granger: las variables PIB per cápita y FBC son integradas de orden uno



## **ÍNDICE DE TABLAS, CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS**

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 2.1: Gráfico fundamental del modelo de Solow y Swan .....   | 16 |
| GRÁFICO 2.2: Curva de Ahorro y Depreciación en el modelo de Solow y Swan .....                                | 17 |
| GRÁFICO 2.3: Curva de Ahorro y Depreciación para dos países con igual estado estacionario.....                | 18 |
| GRÁFICO 2.4: Convergencia de diferentes países europeos.....  | 18 |
| GRÁFICO 2.5: Proporción de la producción correspondiente al consumo y a inversión.....                        | 19 |
| GRÁFICO 2.6: Consecuencias del aumento de la tasa de ahorro en el modelo de Solow y Swan.....                 | 20 |
| GRÁFICO 2.7: Curva de Ahorro y depreciación en el modelo AK de Rebelo ..                                      | 21 |
| TABLA 2.1: Comparación de los modelos de Solow-Swan y AK de Rebelo ....                                       | 22 |
| GRÁFICO 3.1: Participación de la inversión pública en la inversión total en España (1954-2012) .....          | 24 |
| GRÁFICO 3.2: Inversión pública por millón de habitantes en diferentes países de la Unión Europea.....         | 24 |
| GRÁFICO 3.3: Peso de la Inversión en Formación Bruta de Capital Fijo sobre el PIB en diferentes países .....  | 25 |
| TABLA 3.1: Gap Renta y situación macroeconómica de España durante el periodo 2006-2013 .....                  | 26 |
| TABLA 3.2: Ratio Inversor en diferentes países de la UE 27 .....  | 27 |
| GRÁFICO 3.4: Comparación de la evolución del PIB per cápita y la inversión en infraestructura en España ..... | 28 |
| MAPA 4.1: Red de Carreteras en España .....   | 30 |
| GRÁFICO 4.1: Gestión de las carreteras en España por organismo gestor ....                                    | 31 |
| GRÁFICO 4.2: Km totales de autopista en diferentes países .....   | 31 |
| GRÁFICO 4.3: Evolución del número de pasajeros en aeropuertos de España .....                                 | 32 |

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 4.4: Distribución de los pasajeros en los aeropuertos españoles ...   | 33 |
| TABLA 4.1: Número de pasajeros y aeropuertos por Comunidad Autónoma (2018).....                                       | 34 |
| GRÁFICO 4.5: Evolución del tráfico de mercancías en los puertos españoles   | 35 |
| GRÁFICO 4.6: Evolución del tráfico de mercancías en los puertos españoles por tipo de mercancía.....                  | 36 |
| GRÁFICO 4.7: Evolución del transporte de viajeros en los puertos españoles  | 36 |
| GRÁFICO 4.8: Distribución de los pasajeros por puertos en el periodo 2007-2016 .....                                  | 37 |
| GRÁFICO 4.9: Evolución del volumen de viajeros transportados por RENFE Operadora .....                                | 38 |
| TABLA 4.2: Miles de viajeros transportados por la red ferroviaria por tipo de medio de transporte .....               | 39 |
| GRÁFICO 4.10: Porcentaje de pasajeros por tipo de transporte ferroviario.....   | 40 |
| TABLA 5.1: Kilómetros de carreteras en Castilla y León.....   | 42 |
| GRÁFICO 5.1: Millones de vehículos por kilómetro en carretera por provincia en Castilla y León.....                   | 43 |
| GRÁFICO 5.2: Número de viajeros transportados en tren en las provincias de Valladolid, León, Segovia y Palencia ..... | 44 |
| GRÁFICO 5.3: Peso del transporte de Larga y Media distancia por Ferrocarril en Valladolid.....                        | 45 |
| TABLA 5.2: Número de pasajeros en los aeropuertos de Castilla y León en 2018 .....                                    | 46 |
| TABLA 5.3: Número de viajeros y destinos con salida del aeropuerto de Valladolid.....                                 | 47 |
| TABLA 5.4: Número de pasajeros y procedencia con llegada al aeropuerto de Valladolid.....                             | 48 |
| GRÁFICO 5.4: Porcentaje de pasajeros en cada aeropuerto respecto al total de la comunidad en Castilla y León .....    | 49 |

|   |    |
|---|----|
| TABLA 5.5: Kilómetros de carretera por tipo de vía en la Comunidad de Madrid .....                            | 50 |
| GRÁFICO 5.5: Destino de los vuelos nacionales que salen del aeropuerto de Valladolid.....                     | 51 |
| GRÁFICO 5.6: Millones de vehículos por kilómetro en carretera en la Comunidad de Madrid .....                 | 52 |
| GRÁFICO 5.7: Volumen de pasajeros transportados por el ferrocarril en la Comunidad de Madrid .....            | 53 |
| GRÁFICO 5.8: Procedencia de los vuelos internacionales que llegan al aeropuerto de Madrid .....               | 53 |
| TABLA 5.6: Kilómetros de carretera por tipo de vía en Cataluña .....  | 55 |
| GRÁFICO 5.9: Destino de los vuelos internacionales que salen del aeropuerto de Madrid .....                   | 55 |
| GRÁFICO 5.10: Millones de vehículos por kilómetro en carretera en Cataluña .....                              | 56 |
| GRÁFICO 5.11: Volumen de pasajeros transportados por el ferrocarril en Cataluña.....                          | 57 |
| GRÁFICO 5.12: Procedencia y destino de los vuelos internacionales que llegan al aeropuerto de Barcelona ..... | 58 |
| GRÁFICO 5.13: Número de pasajeros que pasan por el puerto de Barcelona  | 59 |
| TABLA 5.7: Comparativa de las tres Comunidades a través de diferentes variables.....                          | 60 |
| TABLA 5.8: Renta media por hogar por comunidades autónomas .....  | 61 |
| TABLA 5.9: Tasa de riesgo de pobreza por comunidades autónomas .....  | 62 |
| GRÁFICO 6.1: Valores actuales, ajustados y residuales de la variable PIB per cápita.....                      | 64 |
| GRÁFICO 6.2: Valores actuales, ajustados y residuales de la variable Formación Bruta de Capital.....          | 66 |
| GRÁFICO 6.3: Valores actuales, ajustados y residuales de los residuos .....                                   | 68 |



## **1.- INTRODUCCIÓN**

La elección de este trabajo surge de la curiosidad por saber cómo afectan a los ciudadanos las políticas de inversión en infraestructura que realizan los dirigentes de un país. Esto es debido al recelo que existe hoy en día acerca de este tipo de inversiones por alguna parte de la población, ya que no en todos los casos se han realizado de una manera racional y óptima.

Las infraestructuras permiten modernizar y desarrollar tanto el país como su sistema productivo, al hacerlo más eficiente. También, como veremos en el trabajo, permiten incrementar la cohesión territorial entre diferentes Comunidades, así como cubrir las necesidades básicas de los diferentes agentes económicos.

Poseer una buena infraestructura, permite tener una ventaja competitiva respecto a otros países, que posean infraestructuras obsoletas o en ausencia de estas. Por lo tanto, una mejor infraestructura, permite una mejora en la especialización del país, al poder realizar los procesos de producción con un menor coste. Se deriva pues, que la ausencia de infraestructura frena las posibles políticas de desarrollo en los diferentes territorios. Además, limita que las tasas de crecimiento de un país puedan ser mayores a las tasas de crecimiento de otros países.

Por lo tanto, el objetivo del trabajo será analizar si existe o no una relación entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico de un país, en este caso de España.

El trabajo, como se observa en el índice, se compone de cinco secciones además de la introducción y las conclusiones.

En el primer apartado se analizan los conceptos más importantes que serán la base del trabajo, el de infraestructura y el de crecimiento económico. Respecto a la inversión en infraestructura se dará una visión de la misma, así como una clasificación general. En cuanto al concepto de crecimiento económico, se introducirá una breve definición para analizar la evolución histórica de la teoría del crecimiento económico, haciendo hincapié en el modelo de Solow y Swan.

En la segunda sección, se realiza un análisis de la evolución de las infraestructuras en España, deduciéndose una primera relación entre la inversión en infraestructura y crecimiento económico.

En el tercer punto, se analizará la infraestructura de transporte en España, analizando la evolución de las carreteras, red ferroviaria, aeropuertos y puertos del conjunto del país.

Será en el cuarto apartado donde se realizará una comparación por Comunidades Autónomas de la situación de la infraestructura de transporte. Se analizarán las capitales como muestra representativa de las Comunidades de Castilla y León, Comunidad de Madrid y Cataluña. En el caso de Valladolid y Madrid se analizarán la infraestructura de carreteras, red ferroviaria y aérea y para Barcelona, además de las mencionadas, se realizará un comentario de la infraestructura portuaria. Finalizará el apartado con un análisis comparativo de las tres Comunidades analizando de manera sencilla cual es la calidad de vida en todas ellas y comparándolo con la posible relación que exista con la inversión en infraestructura.

En el último apartado se realizará la prueba de cointegración propuesta por Engle y Granger para corroborar los resultados que hemos obtenido de manera teórica a lo largo del trabajo.

Finalmente, se presentan las conclusiones que servirán de resumen de las ideas claves del trabajo y las referencias bibliográficas que se han utilizado en el trabajo, así como los anexos.

## **2.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

El concepto de infraestructura nos puede resultar actual, pero Karl Marx ya introdujo en el siglo XIX lo que él entendía por infraestructura. Para este pensador, la infraestructura era la base de todo modo de producción y estaba compuesta por las relaciones de propiedad y de producción. La infraestructura entonces era el modo de organizar la producción y distribución de bienes en una sociedad determinada. En este proceso, toda infraestructura asignaba un lugar determinado al ser humano, dependiendo si pertenecía a una u otra clase social<sup>1</sup>.

Una definición más actual y adecuada para este trabajo es la recogida en el diccionario de la Real Academia Española<sup>2</sup>, que define infraestructura como el conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera. Otra acepción es la de obra subterránea o estructura que sirve de base de sustentación a otra.

Es común utilizar como sinónimo de infraestructura el término de obra pública, debido a la gran influencia que ha tenido y tiene el Estado en la financiación de esta. La instrucción para promover y ejecutar las obras públicas de 10 de octubre de 1845 define obra pública como cualesquiera construcciones que se ejecuten para satisfacer objetos de necesidad o conveniencia general (artículo 11). Con la ley general de obras públicas de 13 de abril de 1877<sup>3</sup> queda complementada la definición de obras públicas como las de uso general y aprovechamiento, así como las construcciones destinadas a servicios que se encuentran a cargo del Estado, provincias y pueblos.

Tras los conceptos analizados anteriormente podemos realizar una clasificación de las infraestructuras:

- a) Infraestructura viaria. Estudia lo relacionado con el diseño, la construcción y la operación de vías. Dentro de este tipo de infraestructuras se encuentran las infraestructuras de transporte, que

---

<sup>1</sup> Harnecker, M. (1969)

<sup>2</sup> Real Academia Española (2014)

<sup>3</sup> Rosado, S. (1988)

serán la base principal de este trabajo, que comprenden el transporte terrestre, aéreo y marítimo. Serán analizados posteriormente.

- b) Infraestructura energética. Permiten el acceso de los usuarios a la energía y su correcta implantación favorece el equilibrio social, el desarrollo económico, el ahorro, la eficiencia energética y el uso de las energías renovables. Algún ejemplo de este tipo de infraestructuras son las redes eléctricas o las redes de combustible.
- c) Infraestructura hidráulica. Conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa. Algunos ejemplos de estas infraestructuras son los canales o las presas.
- d) Infraestructura de telecomunicaciones. Infraestructura básica que define unos recursos mínimos como son la telefonía, la radio, la televisión o internet.
- e) Infraestructura de edificación. Infraestructuras relacionadas con la construcción de vivienda, comercio, industria, salud o educación.

Tras definir lo que se entiende por infraestructura y su clasificación, pasemos a introducir la definición de crecimiento económico, ya que el trabajo tratará de analizar la relación entre ambas variables.

El crecimiento económico se define como la tendencia sostenida al aumento de la producción de una economía a lo largo de un periodo de tiempo<sup>4</sup>.

En la teoría del crecimiento económico existen tres corrientes de pensamiento principales:

1.- *Adam Smith*. En el libro “La Riqueza de las Naciones<sup>5</sup>” expone las primeras ideas de lo que se entiende por crecimiento económico. Para este autor el crecimiento económico está relacionado con el aumento de la cantidad y calidad de los factores de producción (tierra, capital y trabajo). Es importante el ahorro porque permite invertir y con ello aumentar el capital. Por último, destaca la importancia para el crecimiento del aumento de la eficiencia a través de la división de trabajo, el comercio exterior, las leyes y las instituciones.

---

<sup>4</sup> Graddy, K., Krugman, P., Wells, R. (2013)

<sup>5</sup> Smith, A. (1776)

Otros autores posteriores como Alfred Marshall<sup>6</sup> o Joseph Alois Shumpeter<sup>7</sup> también fueron influyentes en el estudio del crecimiento económico. Para el primero, el papel del conocimiento es fundamental para el progreso, por tanto, la educación es la mejor política. Para el segundo, la innovación se produce cuando los inventores crean patentes que les aseguran una rentabilidad por sus ideas. Estimular la innovación requiere por tanto permitir mercados de competencia imperfecta.

2.- *Modelo neoclásico*. En 1956 Robert Solow y Trevor Swan<sup>8</sup> publican un modelo de crecimiento que se conocerá como el modelo neoclásico. Más adelante, en los años 60 se desarrollaron ampliaciones al modelo inicial. Pero a partir de los años 70, este tipo de modelos no evolucionan dentro de la teoría del crecimiento económico entre otras razones por la dificultad o la falta de evidencia empírica de los mismos.

El modelo de Solow y Swan muestra la importancia del capital físico en la explicación de las diferencias entre los niveles de renta per cápita de los países y del crecimiento económico.

Parte de una función de producción agregada neoclásica que en este caso supondremos que será del tipo Cobb-Douglas.

$$Y = F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

Donde A mide el estado de la tecnología (constante, el output obtenido es el resultado de combinar los inputs productivos de acuerdo con la tecnología disponible) y  $\alpha$  y  $(1-\alpha)$  la participación del capital y trabajo en la función de producción.  $0 < \alpha < 1$ .

Este tipo de funciones de producción presentan rendimientos constantes a escala y productividades marginales positivas pero decrecientes.

Los rendimientos de escala en una función de producción nos indican como varía la cantidad de output obtenido cuando varían los factores utilizados.

---

<sup>6</sup> Marshall, A. (1890)

<sup>7</sup> Shumpeter, J. A. (1947)

<sup>8</sup> Sala i Martín, X. (2000)

Que los rendimientos sean constantes nos muestra que cuando varían los factores se genera un aumento en la producción en igual cuantía a la variación realizada.

$$Y = F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

$$F(tK, tL) = A(tK)^\alpha (tL)^{1-\alpha} = At^\alpha K^\alpha t^{1-\alpha} L^{1-\alpha} = AK^\alpha L^{1-\alpha} = F(K, L)$$

Por lo tanto, acabamos de demostrar que la función de producción Cobb-Douglas es homogénea de grado uno, o lo que es lo mismo, presenta Rendimientos Constantes a Escala.

Además de presentar Rendimientos Constantes a Escala son funciones con productividades marginales positivas pero decrecientes como se demuestra a continuación.

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = A\alpha K^{\alpha-1} L^{1-\alpha} > 0$$

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} = A\alpha(\alpha - 1)K^{\alpha-2} L^{1-\alpha} < 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial L} = AK^\alpha(1 - \alpha)L^{-\alpha} > 0$$

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial L^2} = AK^\alpha(1 - \alpha)(-\alpha)L^{-\alpha-1} < 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial K \partial L} = A\alpha K^{\alpha-1}(1 - \alpha)L^{-\alpha} > 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial L \partial K} = A\alpha K^{\alpha-1}(1 - \alpha)L^{-\alpha} > 0$$

Solow y Swan dedujeron en su modelo las que son conocidas como las ecuaciones fundamentales, que son las siguientes:

$$\hat{k} = sAk^{\alpha-1} - (n + \delta)$$

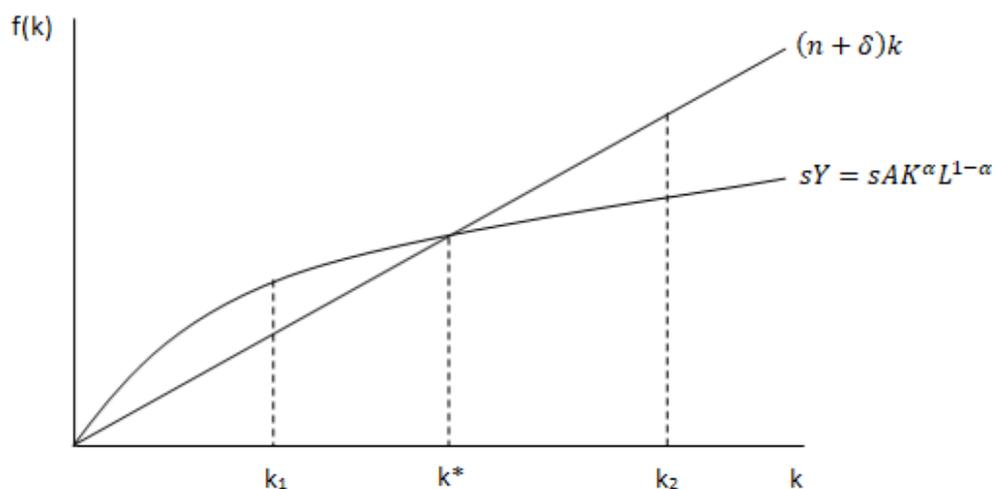
$$\dot{k} = sAk^\alpha - (n + \delta)k$$

Lo que reflejan es como el crecimiento económico, es decir, el crecimiento del capital per cápita, y por lo tanto de la renta per cápita de un país, se obtiene

como la diferencia del ahorro per cápita menos la inversión necesaria para que el capital per cápita permanezca constante.

La representación gráfica de este modelo se recoge a continuación.

### GRÁFICO 2.1: Gráfico fundamental del modelo de Solow y Swan



FUENTE: Elaboración propia.

En el modelo de Solow-Swan existe un estado, conocido como estado estacionario, en el que la relación K/L se mantiene constante. Es el punto gráfico de  $k^*$ . Se observa que un capital mayor al  $k^*$  supondría que la capacidad de inversión es menor que las necesidades de capital que imponen el crecimiento de la población y la amortización del capital existente, por lo que la relación K/L disminuirá y la economía se desplazará hacia el estado estacionario. En el caso de tener un capital menor al  $k^*$  entonces la capacidad de inversión supera las necesidades de capital que imponen el crecimiento de la población y la amortización del capital existente, por lo que la relación K/L aumentará y la economía se desplazará hacia el estado estacionario.

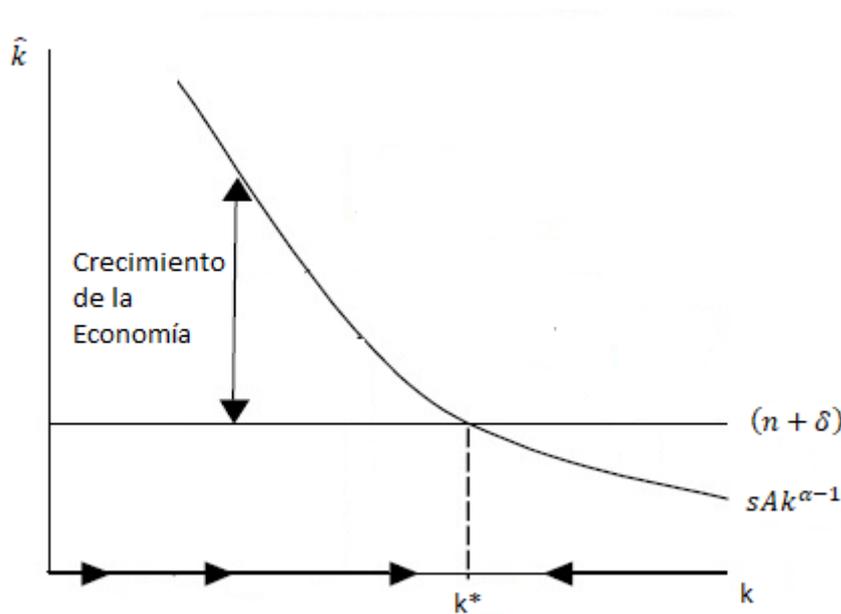
Se pueden analizar las dos principales predicciones del modelo: la ausencia de crecimiento económico a largo plazo y la existencia de convergencia económica entre países.

a. Ausencia de crecimiento económico.

Si partimos de una situación de crecimiento positivo esto tendrá dos efectos, por un lado, la producción crecerá (aunque a un ritmo cada vez menor, debido

a los rendimientos decrecientes del capital) y, por otro lado, será necesaria una inversión mayor para que el capital per cápita permanezca constante (aumento de  $(n+\delta)$ ). Esto provoca que el ahorro sea mayor a la tasa de depreciación del capital, es decir,  $sY > (n+\delta)k$ . Pero esa desigualdad cada vez será menor hasta que se igualen y se llegue al estado estacionario ( $k^*$ ).

**GRÁFICO 2.2: Curva de Ahorro y Depreciación en el modelo de Solow y Swan**



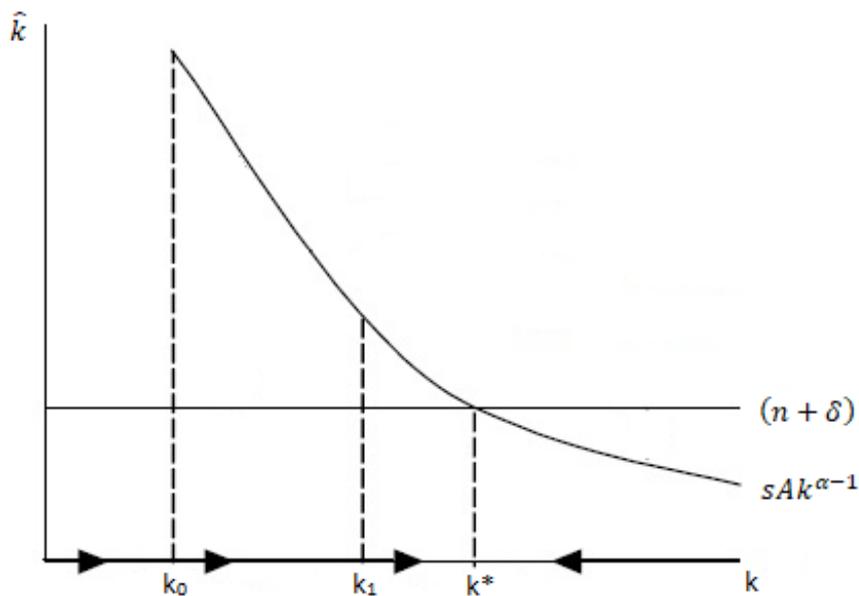
FUENTE: Elaboración propia.

b. Convergencia económica entre países.

El modelo de Solow-Swan predice convergencia condicional en PIB per cápita, es decir, si el estado estacionario es el mismo, el país más alejado (más pobre) crecerá más rápido. Esto se puede analizar en el gráfico 2.3.

Si suponemos dos países, un país con un  $k_0$  y el otro con un  $k_1$ , se observa (gráfico 2.3) como el primer país tendrá una tasa de crecimiento mayor que el segundo, lo que hará que, a largo plazo, como predice el modelo, ambos tiendan al estado estacionario. Es decir, el país más pobre, crece a una tasa mayor que el país rico y convergen hacia el estado estacionario donde ambos países tienen una tasa de crecimiento igual a cero.

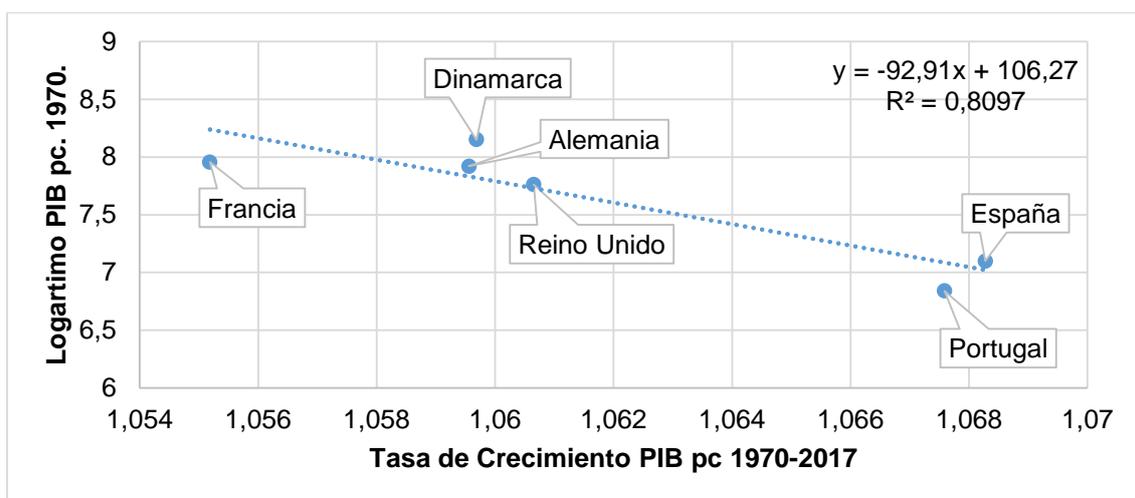
**GRÁFICO 2.3: Curva de Ahorro y Depreciación para dos países con igual estado estacionario**



FUENTE: Elaboración propia.

Podemos decir, que lo que predice el modelo es cierto para países que pertenezcan a la misma zona. Es decir, si comparamos países de la Eurozona, Sudamérica, África o Asia es previsible que converjan como se observa en el gráfico 2.4 para el caso de países europeos.

**GRÁFICO 2.4: Convergencia de diferentes países europeos**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial.

En el gráfico 2.4 se observa claramente como países con un PIB per cápita mayor tienen tasas de crecimiento menores al del resto de países.

A continuación, vamos a demostrar como el modelo explica que un aumento de la inversión en un país genera crecimiento económico.

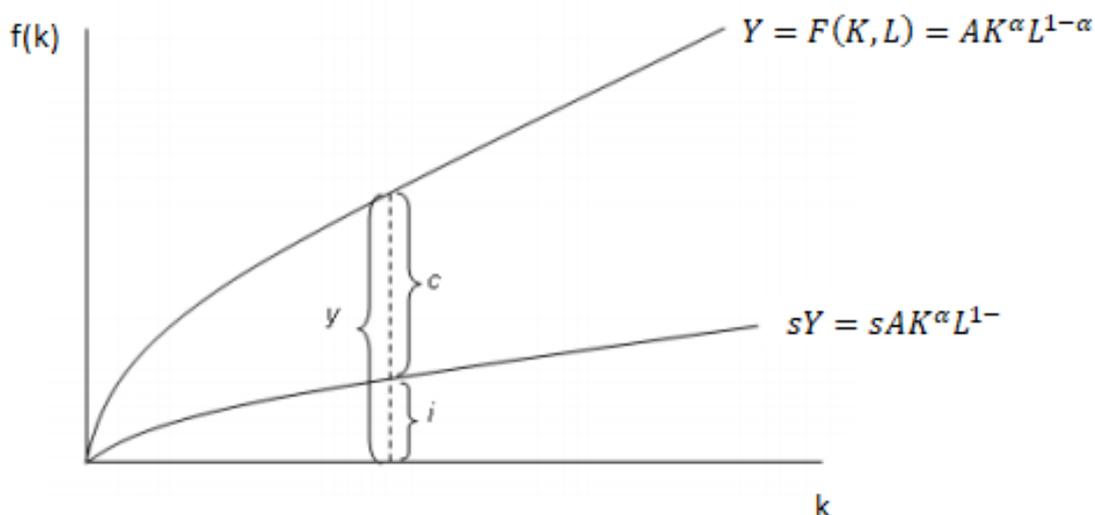
El modelo de Solow supone una economía cerrada donde la demanda está dada por el consumo y la inversión, que en términos per cápita se puede expresar de la siguiente manera:  $y = c + i$ .

Esto es así porque bajo los supuestos del modelo de que no hay mercados ni empresas, la economía está integrada solo por familias productoras, propietarias de los factores de producción, que deciden qué parte de la producción consumen y qué parte ahorran e invierten.

Se conoce que la inversión debe ser igual al ahorro en una economía cerrada, se deduce que:  $i = sy$ . Por lo tanto,  $s$  no es solo la tasa de ahorro, sino la proporción de la producción que se dedica a la inversión.

En el siguiente gráfico (gráfico 2.5) se presenta la proporción de la producción que corresponde al consumo y a la inversión por trabajador.

**GRÁFICO 2.5: Proporción de la producción correspondiente al consumo y a inversión**

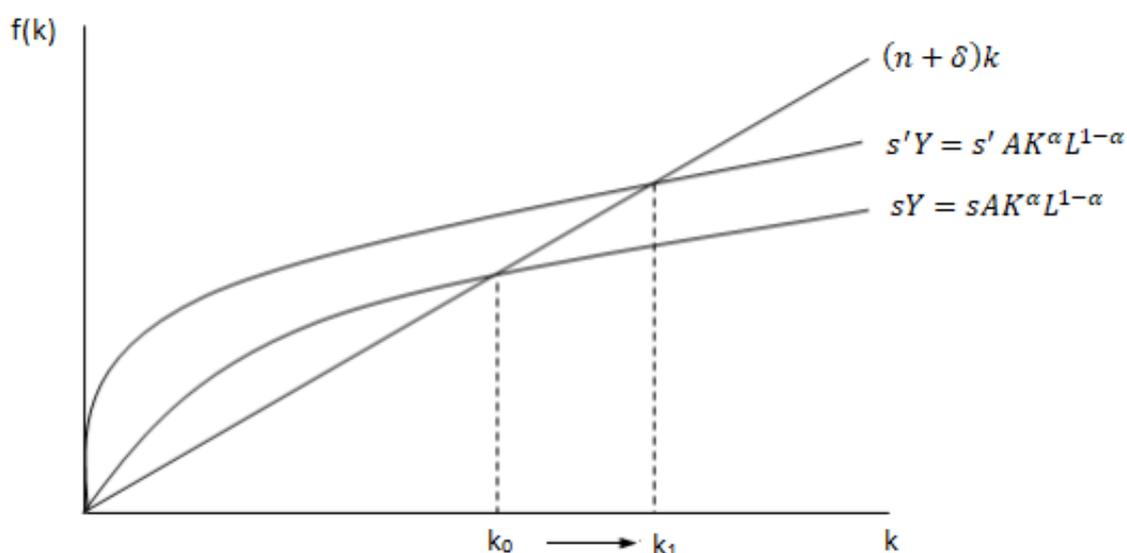


FUENTE: Elaboración propia.

Entonces, en el modelo de Solow, si aumenta la inversión, esto afecta directamente a la tasa de ahorro, que aumentará, suponiendo un mayor nivel de capital y producción.

El nivel de crecimiento será mayor en el corto y medio plazo, pero como ya hemos comentado, a largo plazo la tasa de crecimiento del capital no se mantendrá de manera indefinida.

**GRÁFICO 2.6: Consecuencias del aumento de la tasa de ahorro en el modelo de Solow y Swan**



FUENTE: Elaboración propia.

Para finalizar este análisis, reseñar que en los últimos años los economistas han desechado la idea de que la acumulación de capital sea el eje principal del desarrollo y prestan más atención a factores como la educación, el cambio tecnológico o el funcionamiento de las instituciones.

3.- *Crecimiento endógeno*. La cuestión clave sin resolver era explicar el progreso técnico en sí, que había sido tomado por exógeno. Entre finales de los años ochenta y comienzos de los noventa, Paul Romer<sup>9</sup> publica una primera explicación: se progresa mediante la práctica (“learning by doing”). Más adelante, en 1988, Robert Lucas<sup>10</sup> publica su modelo de capital humano.

<sup>9</sup> Romer, P. M. (1994).

<sup>10</sup> Lucas, R. E. (1988)

Otro de los modelos más importantes dentro de la teoría del crecimiento endógeno es el modelo AK de Rebelo de 1990<sup>11</sup>.

Se le conoce como modelo AK ya que supone una función de producción lineal en capital. Considera que el trabajo es otro tipo de capital, en el cual hay que invertir. La función de producción que utiliza en el modelo es la siguiente:

$$Y_t = AK_t$$

Esta función de producción sigue cumpliendo los rendimientos constantes a escala, pero las productividades ya no son positivas pero decrecientes.

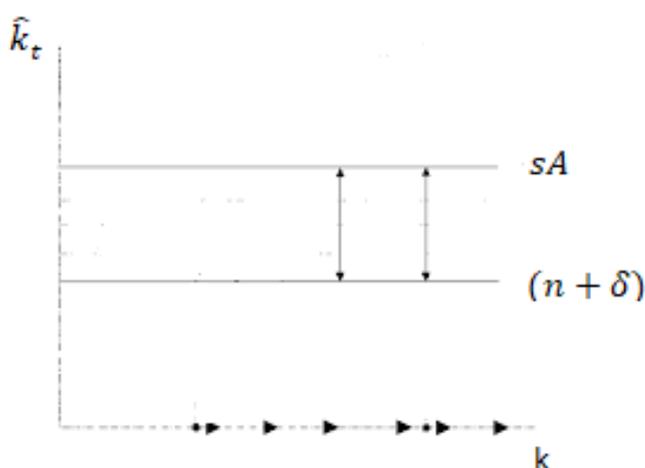
En este caso las ecuaciones fundamentales de crecimiento serían:

$$\dot{k}_t = sAk_t - (n + \delta)k_t$$

$$\hat{k}_t = sA - (n + \delta)$$

Esta versión nos explica que el crecimiento económico del capital per cápita depende de la diferencia del producto de la tasa de ahorro por la tecnología y los ritmos de depreciación del capital. Ambas variables son constantes, y por lo tanto ha desaparecido la ley de rendimientos decrecientes del capital. El escenario en el que nos movemos ahora es en el cual existe crecimiento económico a largo plazo.

**GRÁFICO 2.7: Curva de Ahorro y depreciación en el modelo AK de Rebelo**



FUENTE: Elaboración propia.

<sup>11</sup> Sala i Martín, X. (2000)

Existen diferencias entre el modelo AK de Rebelo y el de Solow y Swan que se analizan en la tabla 2.1.

**TABLA 2.1: Comparación de los modelos de Solow-Swan y AK de Rebelo**

|  | <b>Modelo de Solow-Swan</b>   | <b>Modelo AK Rebelo</b>      |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| <b>Tipo de Modelo<sup>12</sup></b>         | Exógeno                       | Endógeno                     |
| <b>Crecimiento a largo plazo</b>           | No                            | Sí                           |
| <b>Convergencia</b>                        | Sí                            | No                           |
| <b>Dinámica de transición<sup>13</sup></b> | Sí                            | No                           |
| <b>Catástrofes naturales</b>               | Afectan de manera transitoria | Afectan de manera permanente |
| <b>Ineficiencia dinámica</b>               | Sí <sup>14</sup>              | No                           |

FUENTE: Elaboración propia.

Según este modelo las economías con mayor tasa de ahorro van a crecer más a largo plazo. Las políticas económicas encaminadas a fomentar el ahorro tendrán efectos positivos sobre el crecimiento a largo plazo de una economía. Igualmente, el modelo nos dice que economías con un nivel de desarrollo tecnológico mayor A tenderán a crecer más a largo plazo que las economías con menor desarrollo tecnológico. El tamaño de la población afecta negativamente a la tasa de crecimiento, luego, según este modelo las políticas económicas encaminadas a controlar la natalidad tendrán efectos positivos sobre el crecimiento.

<sup>12</sup> En el modelo de Solow-Swan solo hay crecimiento si se meten variables exógenas al modelo, mientras que en el modelo de Rebelo el crecimiento se explica con variables del modelo ( $n, \delta, s, A$ ).

<sup>13</sup> En el modelo de Solow-Swan existe una dinámica de transición hacia el estado estacionario, mientras que en el modelo de Rebelo siempre se está en el estado estacionario.

<sup>14</sup> Existe una situación de ineficiencia dinámica cuando  $s > \alpha$ .

### **3.- EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS**

En este apartado analizaremos la evolución de la inversión en infraestructura en España desde el siglo XX.

El siglo XX se puede considerar como un siglo de profundos cambios en España. En lo social y económico, España se caracterizó por el crecimiento tanto demográfico como de nivel adquisitivo.

Los primeros años del siglo pasado se caracterizaron por un intento de modernización dentro de la estructura económica española, que se vio frenada por la Guerra Civil. La Guerra dejó una situación muy difícil en España y no fue hasta los años 60 con los planes de Estabilización y Liberalización<sup>15</sup> cuando se inició una época de crecimiento económico en España.

Estos planes permitieron iniciar un periodo de acumulación de capital, tanto público como privado. Los ritmos de crecimiento económico se pudieron mantener en el tiempo gracias a la participación del sector público, que realizó una política de inversión pública sin antecedentes desde el desarrollo del ferrocarril en el S. XIX.

Una de las magnitudes que podemos utilizar para medir el volumen de inversión del sector público es la Formación Bruta de Capital (FBC). Esta medida resulta interesante de estudiar ya que cualquier variación en esta se verá reflejada en el nivel de crecimiento de la economía como ya reconoció Keynes en 1936<sup>16</sup>.

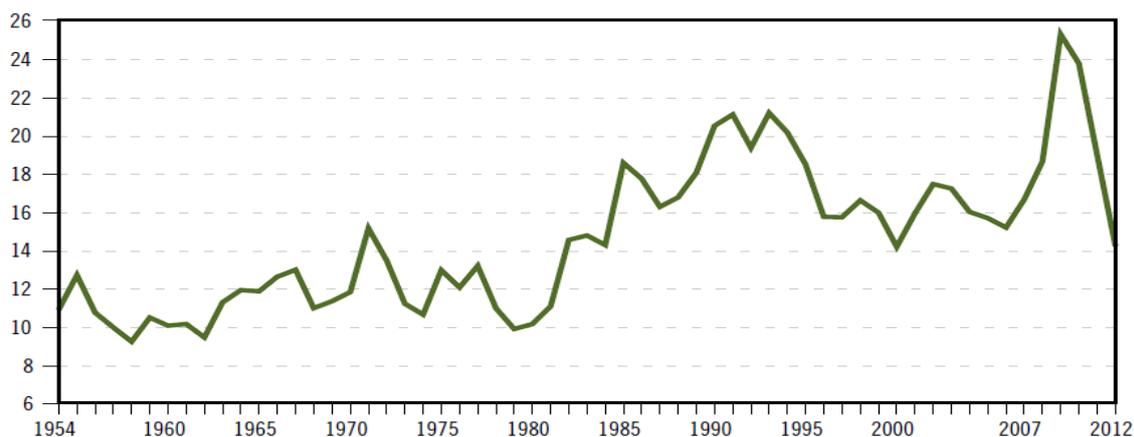
Como podemos observar en el gráfico 3.1, el porcentaje de participación del sector público a lo largo del periodo tiene una tendencia creciente. Cabe destacar como desde 1980, esta participación ha aumentado de manera considerable hasta la llegada de la crisis de 2008, donde descendió de manera brusca. En el periodo 1995-2015 España invirtió 580.000 millones de euros en obra civil. Para poder ver si ese volumen es correcto o insuficiente lo podemos comparar con Francia (1.076.000 millones), Alemania (18.5% más) o Italia (9% más).

---

<sup>15</sup> Beltran, M. (1994)

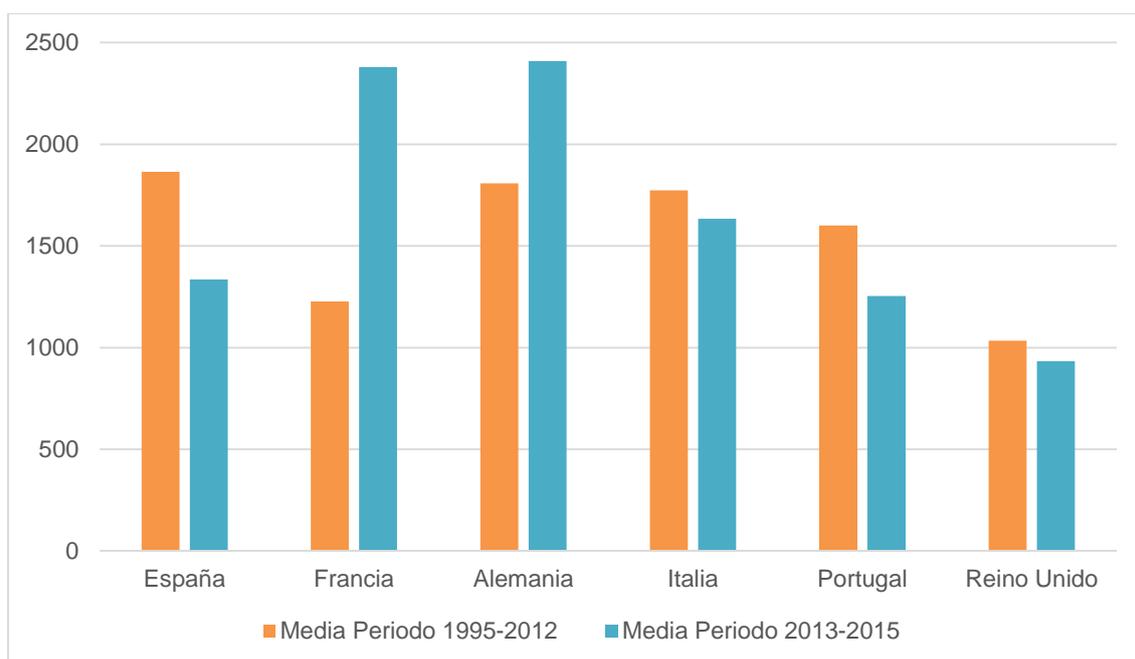
<sup>16</sup> Ros, J. (2012)

**GRÁFICO 3.1: Participación de la inversión pública en la inversión total en España (1954-2012)**



FUENTE: Mas, M., Pérez F., Uriel, E. (2015)

**GRÁFICO 3.2: Inversión pública por millón de habitantes en diferentes países de la Unión Europea<sup>17</sup>**



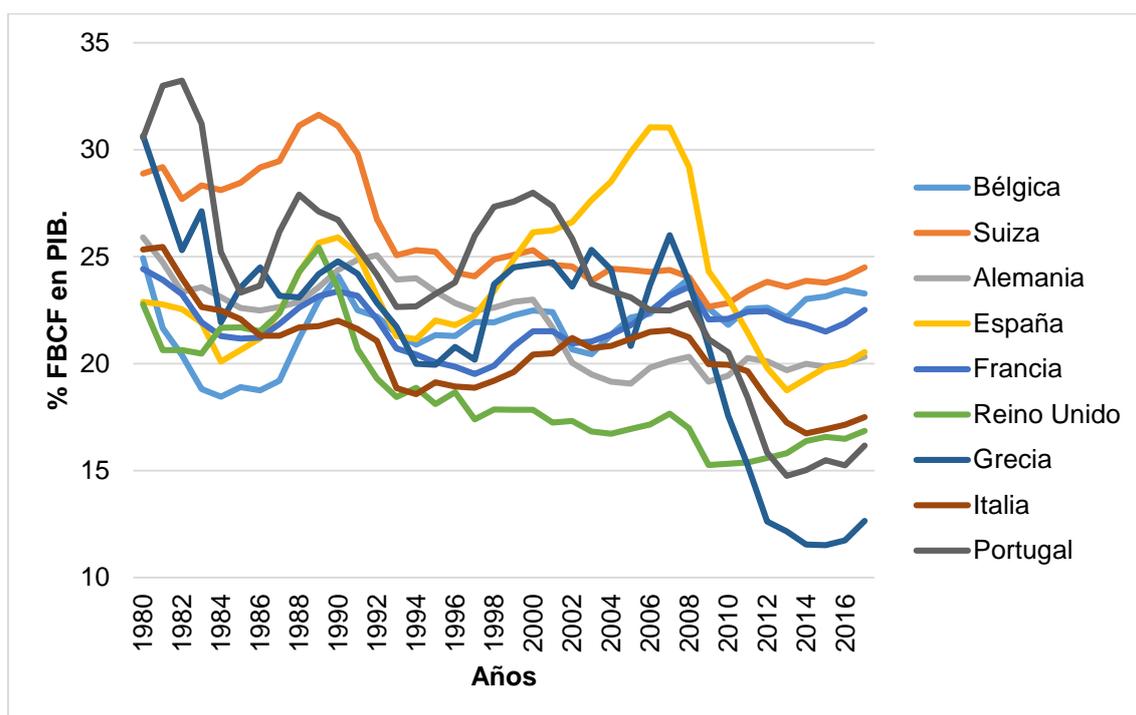
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

Estos datos nos muestran la racionalidad de la inversión en infraestructura que se ha realizado en España durante ese periodo. A pesar de no ser el país

<sup>17</sup> La diferencia en el periodo analizado en diversos gráficos como, por ejemplo, gráfico 3.1, 3.2, 3.3 es debido a que los datos han sido extraídos de diferentes fuentes de información, donde los últimos datos disponibles no coinciden.

donde este tipo de inversión tenga mayor volumen, se puede afirmar que la inversión en infraestructura llevada a cabo ha sido eficiente, ya que España se sitúa en puestos elevados en rankings de calidad de infraestructura. En el gráfico 3.2, se puede observar como la crisis económica afecto de manera más profunda a la economía española en comparación a otros países como Alemania o Francia.

**GRÁFICO 3.3: Peso de la Inversión en Formación Bruta de Capital Fijo sobre el PIB en diferentes países**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial.

Como se puede observar en el gráfico 3.3, el peso de la Formación Bruta de Capital en el PIB tuvo una tendencia creciente hasta la llegada de la crisis económica en 2008. Antes del 2008, España fue el país, de los analizados, que mayor crecimiento en la ratio Formación Bruta de Capital-PIB tuvo, pero, de la misma manera, fue la que soportó una mayor caída en esa ratio a partir del inicio de la crisis. Una de las razones que José Francisco Bellod Redondo<sup>18</sup> expone es el Plan E que puso en funcionamiento el Gobierno de José Luis Rodríguez Zapatero en el año 2008. Durante los años 2008 y 2009 se implementó en España un conjunto de estímulos fiscales conocidos como Plan

<sup>18</sup> Bellod, J.F. (2015)

E para hacer frente a la crisis económica. El tamaño del plan fue muy limitado ya que su importe estuvo entre el 1,43% y el 3,1% del PIB.

El Plan E no logró tener la incidencia esperada: sólo se generaron empleos equivalentes al 2,9% de la población activa y no evitó que el gap de renta<sup>19</sup> pasase del +1,3% de 2008 a -7,7% en el año 2013. En cuanto a su impacto en el déficit y el endeudamiento público, sólo entre un 7% y un 15% del déficit público registrado en 2008 y 2009 puede atribuirse al Plan E, y como mucho un 11,8% del incremento de la deuda pública registrado en esos años.

**TABLA 3.1: Gap Renta y situación macroeconómica de España durante el periodo 2006-2013**

| Variable/<br>Año        | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Gap Renta</b>        | 2,9   | 3     | 1,3   | -3,4  | -4,4  | -5,5  | -7,2  | -7,7  |
| <b>PIB</b>              | 4,2   | 3,8   | 1,1   | -3,6  | 0     | -0,6  | -2,1  | -1,2  |
| <b>Tasa de paro</b>     | 8,5   | 8,2   | 11,3  | 17,9  | 19,9  | 21,4  | 24,8  | 26,1  |
| <b>Ocupados (miles)</b> | 19852 | 20491 | 20372 | 18999 | 18618 | 18320 | 17535 | 17051 |

FUENTE: Bellod (2015).

Como se puede observar en la tabla 3.1, desde el comienzo de la crisis económica el PIB de la economía creció por debajo de su nivel potencial. Bellod explica que parte de la culpa de este resultado fue el Plan E que provocó que, a partir del inicio de la crisis económica, la ratio PIB-Formación Bruta de Capital se redujese de manera considerable. La implementación del Plan E, reabrió el debate acerca de la pertinencia de la política fiscal anticíclica, y de sus aspectos técnicos como el alcance temporal de los multiplicadores fiscales y los estabilizadores automáticos<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Gap de renta =  $(\frac{Y}{\bar{Y}} - 1)$ . Siendo Y e  $\bar{Y}$  el PIB observado y el PIB potencial respectivamente. El gap de renta nos informa de la posición cíclica de la economía, de tal modo que cuando su signo es positivo la economía crece por encima de su nivel potencial. Cuando su signo es negativo sucede lo contrario.

<sup>20</sup> Ramey, V.A. (2009), realiza un análisis de la eficacia de los multiplicadores y estabilizadores desde un punto de vista econométrico.

Si a todo lo anterior añadimos que la ratio de inversión pública española, en términos reales de euros invertidos por kilómetro cuadrado y millón de habitantes, ha sido igual al de Alemania, inferior al de Francia y muy inferior a países como Italia o Reino Unido, el nivel y la eficiencia de la inversión parece incuestionable. Esto es así, como se puede observar en la tabla 3.2, ya que España, dentro de los países comparados, es el que tiene menor nivel de PIB y segunda mayor superficie. Por lo tanto, debido a lo que acabamos de exponer la ratio inversor euros por superficie es de los más eficientes.

**TABLA 3.2: Ratio Inversor en diferentes países de la UE 27**

| <b>UE27</b>            | <b>Superficie<br/>km<sup>2</sup><br/>(miles)</b> | <b>PIB<br/>1995/2012<br/>(€cte<br/>2012)</b> | <b>Población<br/>(miles)</b> | <b>Inv.<br/>Pública<br/>1995/2012<br/>(€cte<br/>2012)</b> | <b>Ratio<br/>inversor<br/>1995/2012 (€<br/>por km<sup>2</sup> y<br/>millón de<br/>hab.)</b> |
|------------------------|--|--|------------------------------|---|---|
| <b>Italia</b>          | 301  | 28038  | 61                           | 642   | 1949  |
| <b>Reino<br/>Unido</b> | 243  | 30526  | 63                           | 497   | 1809  |
| <b>Francia</b>         | 633  | 33334  | 63                           | 1078  | 1496  |
| <b>España</b>          | 506  | 16931  | 46                           | 576   | 1369  |
| <b>Alemania</b>        | 357  | 42818  | 82                           | 712   | 1353  |
| <b>Resto UE<br/>27</b> | 2363   | 58301  | 188                          | 1637  | 204   |
| <b>Total</b>           | 4403   | 209948                                       | 503                          | 5142  | 8180  |

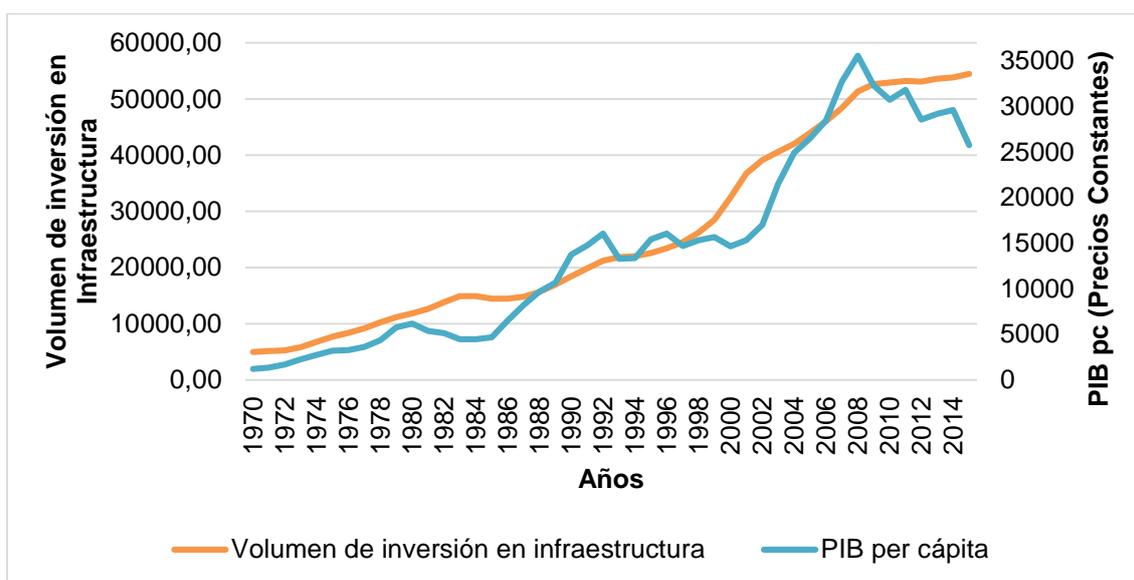
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de CEOE.

A continuación, vamos a intentar obtener una primera aproximación en la relación PIB e inversión pública.

Como acabamos de analizar, la evolución del PIB per cápita y la inversión en infraestructura en España desde mediados del siglo pasado tiene una tendencia creciente, por lo que podemos aproximar que existe una relación positiva entre crecimiento de una economía y el volumen que esta economía hace en infraestructuras.

Si calculamos el coeficiente de correlación de Pearson<sup>21</sup> para analizar el nivel de relación que tienen ambas variables, PIB per cápita e inversión de infraestructuras, éste nos da un valor de 0.97<sup>22</sup>. Ya que el valor que hemos obtenido es positivo y cercano a uno podemos afirmar que ante un incremento del PIB per cápita, la inversión en infraestructura crecerá prácticamente en la misma proporción.

**GRÁFICO 3.4: Comparación de la evolución del PIB per cápita y la inversión en infraestructura en España**



FUENTE: Elaboración propia a través de datos de Eurostat.

#### **4.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN ESPAÑA**

A continuación, vamos a analizar cómo es la situación actual de la infraestructura terrestre, aérea y marítima en España. Para ello utilizaremos el Global Competitiveness Report 2016<sup>23</sup>.

Este artículo, sitúa a España en el décimo segundo lugar en el mundo en infraestructuras.

<sup>21</sup> Martín-Guzmán, P., et al (2006)

<sup>22</sup> Coeficiente de Correlación de Pearson:  $\rho = \frac{\sigma_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y}$ .  $-1 < \rho < 1$ .

<sup>23</sup> World Economic Forum (2016)

Se destacan los Aeropuertos Internacionales, así como las infraestructuras complementarias, como principal vía de entrada de turistas en nuestro país. Respecto a la infraestructura en ferrocarril, distingue la red de alta velocidad que tiene España, que se sitúa en primer lugar en Europa y tercero en el mundo en distancia que cubre. Respecto a los puertos, expone que sirven como puntos estratégicos que permiten la conexión de grandes rutas marítimas internacionales. Otro de los aspectos que comenta, es la red viaria de carreteras y autopistas.

A continuación, profundizamos en los diferentes tipos de infraestructuras, en materia de transporte, que se presentan en España.

#### **4.1.- Carreteras**

Según el diccionario de la Real Academia Española<sup>24</sup>, carretera se define como camino público, ancho y espacioso, pavimentado y dispuesto para el tránsito de vehículos.

La red de carreteras española, se caracteriza por su carácter radial. Esto supone que el origen de esta red está situado en un punto (Madrid) y de él salen las principales carreteras. En el caso de España se da la casualidad que esta estructura radial se forma desde el centro del país que es donde se sitúa Madrid.

La red de carreteras está regida por la Ley 37/2015 de Carreteras<sup>25</sup> donde se detalla que la competencia de la red recae en el gobierno a través del Ministerio de Fomento.

Como se detalla en el Ministerio de Fomento, la red de carreteras de España tiene, a 31 de diciembre de 2018, 165.686 kilómetros, de los cuales 26.393 km (Red de Carreteras del Estado) están administradas por el Ministerio de Fomento y recogen el 52,1% del tráfico total. Además, hay 71.325 km que están gestionados por las Comunidades Autónomas y soportan el 42,6% del tráfico, y 69.968 km por las Diputaciones (que suponen el 5,3% del tráfico restante).

---

<sup>24</sup> Real Academia Española (2014).

<sup>25</sup> Boletín Oficial del Estado (2015).

## MAPA 4.1: Red de Carreteras en España

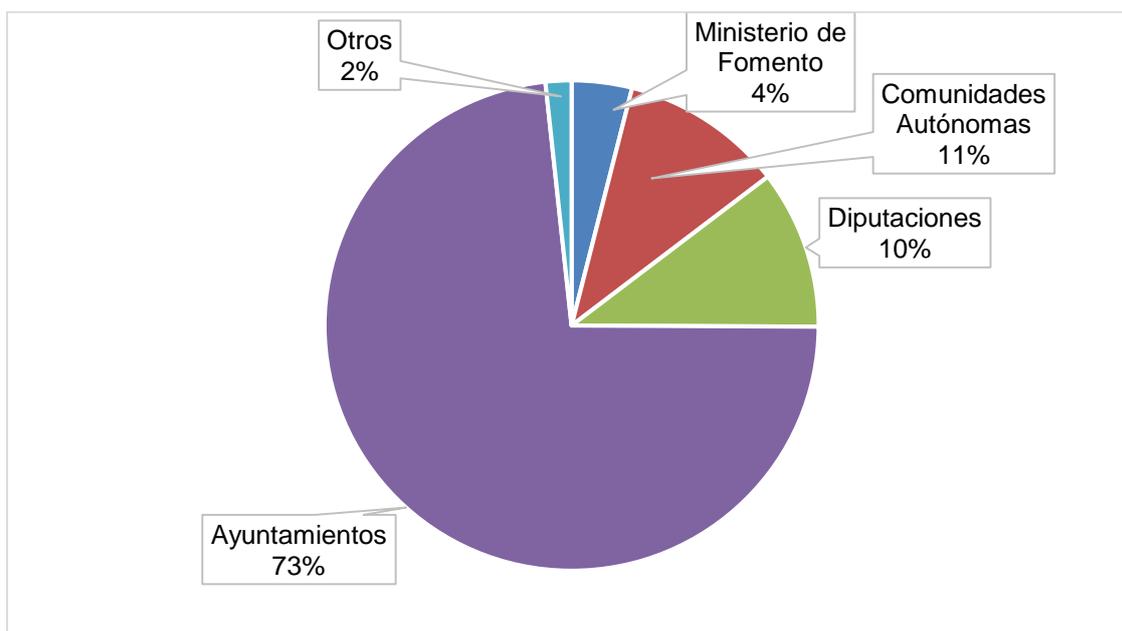


FUENTE: Google Imágenes.

Por otro lado, los ayuntamientos tienen asumida la gestión de 489.698 km de los cuales 361.517 km son interurbanos. Finalmente, existen 11.355 km de viario dependiente de otros organismos, como, por ejemplo, la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT). De esta gran cantidad de viario no existen mediciones de tráfico oficiales, pero su peso respecto al total es muy reducido (según estimaciones de la Dirección General de Carreteras no superarían en ningún caso el 10% del total del resto de la red).

De la totalidad de la red, 17.163 km son vías de gran capacidad (autopistas de peaje, autopistas libres, autovías y carreteras multicarril), de las cuales 11.974 km pertenecen a la Red de Carreteras Estatales.

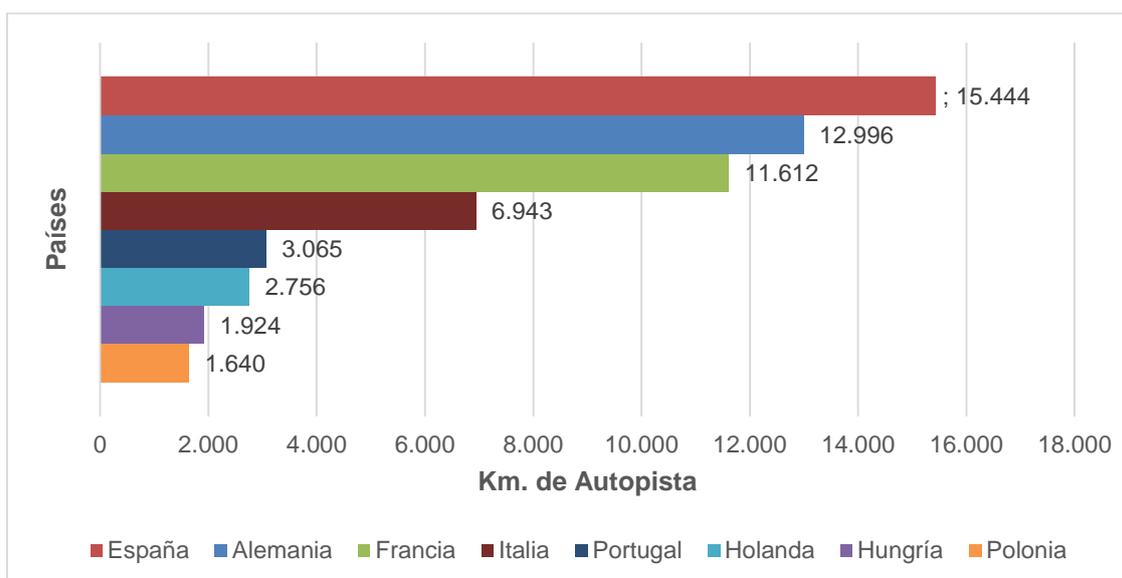
**GRÁFICO 4.1: Gestión de las carreteras en España por organismo gestor**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Fomento.

España tiene la mayor red de autopistas y autovías de la Unión Europea con más de 15.000 kilómetros, lo que supone el 10,33% de la red. Porcentaje muy superior al de la media de la UE que se sitúa en el 1,2% (gráfico 4.2).

**GRÁFICO 4.2: Km totales de autopista en diferentes países**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

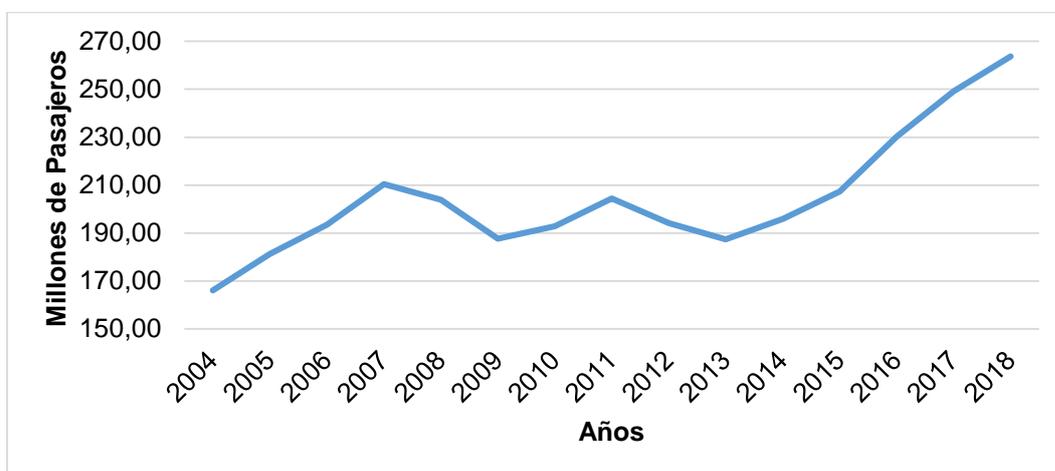
## 4.2.- Aeropuertos

España debido a su situación geográfica es un centro de conexión para la industria aeroportuaria. Permite, por ejemplo, comunicar Europa con otros continentes como África o América. Es en este último, América, donde España tiene una mayor importancia de comunicación y más concretamente con América Latina.

La competencia de los aeropuertos españoles reside en el Estado. En 1991 se crea el Ente Autónomo de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) que es el encargado de la gestión y explotación de los servicios aeroportuarios en España.

En 2019, España cuenta con 48 aeropuertos. Cuenta con dos de los diez aeropuertos más grandes de Europa: Madrid y Barcelona, y ocupa el tercer lugar en el continente en tráfico de pasajeros con más de 250 millones en el año 2018.

**GRÁFICO 4.3: Evolución del número de pasajeros en aeropuertos de España**

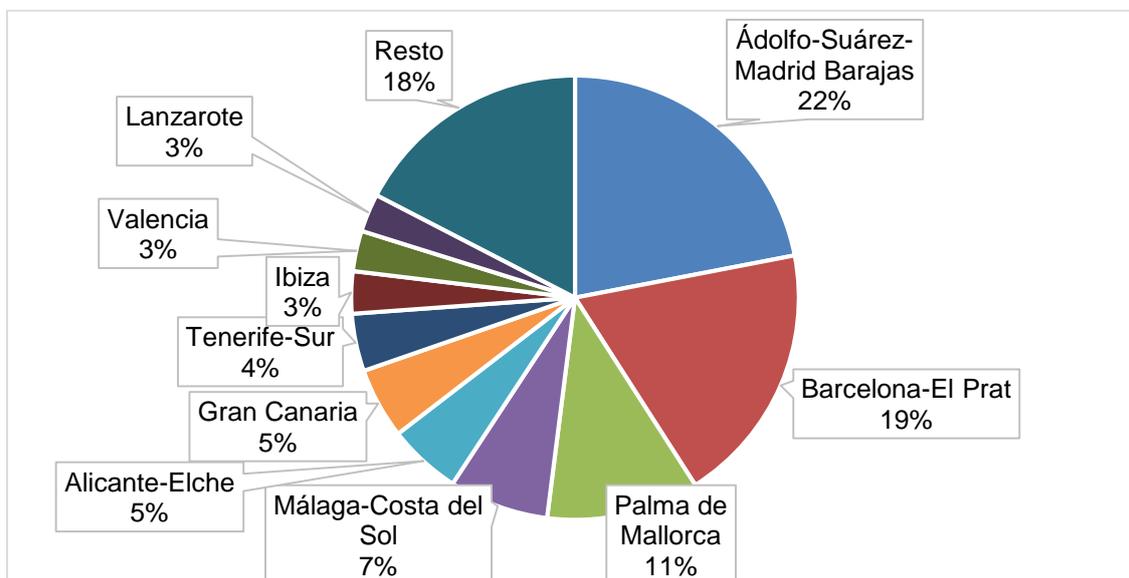


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de AENA.

Como se puede observar en el gráfico 4.3, la evolución del volumen de pasajeros en los aeropuertos españoles tiene una tendencia creciente en el periodo analizado. Cabe destacar que existe una gran diferencia entre los dos principales aeropuertos del país, es decir, el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y el aeropuerto Barcelona- El Prat, y el resto de aeropuertos como se

puede observar en el gráfico 4.4. El 42% del volumen total de pasajeros se concentra en los dos aeropuertos que acabamos de mencionar.

**GRÁFICO 4.4: Distribución de los pasajeros en los aeropuertos españoles<sup>26</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de AENA.

Se observa como los principales aeropuertos españoles, a excepción de Madrid, son aeropuertos situados periféricamente. Por otro lado, uno de los datos más llamativos, es que de los 48 aeropuertos que hay en España, 22 no superan el millón de pasajeros en el año 2018. Esto supone un dato relevante en el estudio que vamos a realizar más adelante, ya que, por ejemplo, en la comunidad de Castilla y León hay cuatro aeropuertos y solo el de Valladolid supera los 100 mil pasajeros en el año 2018.

Por último, analizando el número de pasajeros por Comunidades Autónomas los datos son similares a los analizados anteriormente. La Comunidad de Madrid, Cataluña y las islas (Canarias y Baleares) concentran el mayor número de pasajeros transportados. Destaca como todas las Comunidades Autónomas españolas junto con las ciudades autónomas poseen al menos un aeropuerto.

<sup>26</sup> El sector "Resto" recoge los aeropuertos con un número de pasajeros inferior a siete millones anuales.

**TABLA 4.1: Número de pasajeros y aeropuertos por Comunidad Autónoma (2018)**

| <b>Comunidad Autónoma</b>  | <b>Número de Aeropuertos</b> | <b>Número de Pasajeros</b> |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>Galicia</b>             | 3                            | 5.080.202                  |
| <b>Asturias</b>            | 1                            | 1.400.481                  |
| <b>Cantabria</b>           | 1                            | 1.103.353                  |
| <b>País Vasco</b>          | 3                            | 5.899.842                  |
| <b>La Rioja</b>            | 1                            | 21.381                     |
| <b>Navarra</b>             | 1                            | 205.503                    |
| <b>Aragón</b>              | 2                            | 490.537                    |
| <b>Cataluña</b>            | 5                            | 53.237.421                 |
| <b>Valencia</b>            | 2                            | 21.751.187                 |
| <b>R. Murcia</b>           | 1                            | 1.273.424                  |
| <b>Andalucía</b>           | 7                            | 28.693.606                 |
| <b>Castilla la Mancha</b>  | 1                            | 1.295                      |
| <b>Comunidad de Madrid</b> | 2                            | 57.894.687                 |
| <b>Extremadura</b>         | 1                            | 52.071                     |
| <b>Castilla y León</b>     | 4                            | 334.207                    |
| <b>Ceuta</b>               | 1                            | 52.180                     |
| <b>Melilla</b>             | 1                            | 348.121                    |
| <b>Canarias</b>            | 8                            | 45.285.053                 |
| <b>Baleares</b>            | 3                            | 40.628.855                 |
| <b>Total</b>               | <b>48</b>                    | <b>263.753.406</b>         |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de AENA.

#### **4.3.- Puertos**

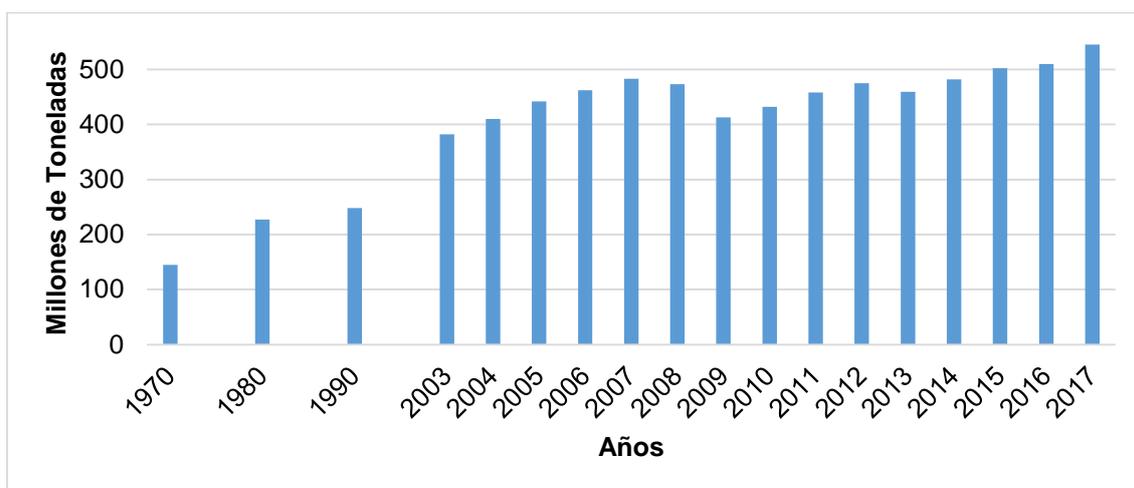
Como se detalla en el ministerio de Fomento, España es el país de la Unión Europea que cuenta con mayor longitud de costa (8.000 Km.). Además, su situación geográfica, próxima al eje de una de las rutas marítimas más importantes del mundo, la beneficia como área estratégica en el transporte marítimo internacional y plataforma logística del sur de Europa.

La gestión y administración de los puertos españoles tiene titularidad estatal. España posee 46 puertos de los cuales 28 son gestionados por el Organismo Público Puertos del Estado. El resto están gestionados por diferentes organismos, como Ayuntamientos o Comunidades Autónomas.

Los puertos son intermediarios del 60% de las importaciones y del 85% de las exportaciones en España. Esto representa el 53% del comercio que realiza España con la Unión Europea y el 96% con terceros países<sup>27</sup>.

Durante el año 2017 se han movido, en el conjunto del Sistema Portuario de Titularidad Estatal, 545,2 millones de toneladas de mercancías, 35,7 millones más que en 2016, lo que supone un aumento del 7,01%. Bahía de Algeciras mantiene el primer puesto con 101,6 millones de toneladas, experimentando un descenso del 1,57%, respecto a 2016.

#### **GRÁFICO 4.5: Evolución del tráfico de mercancías en los puertos españoles**

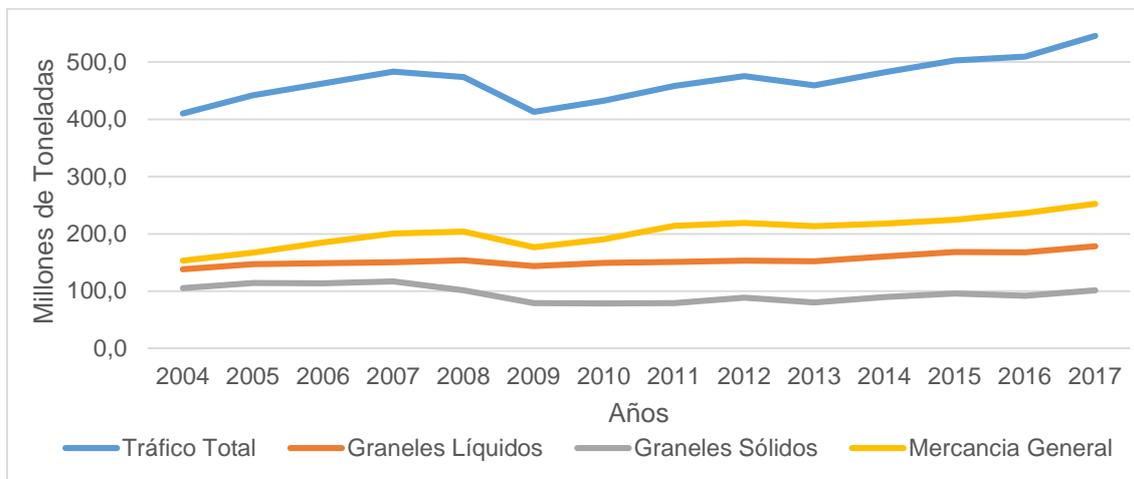


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

El comercio en todo tipo de mercancías, relacionado con los puertos españoles, ha tenido una tendencia creciente desde las dos últimas décadas.

<sup>27</sup> Información recogida de la página Web de Puertos del Estado.

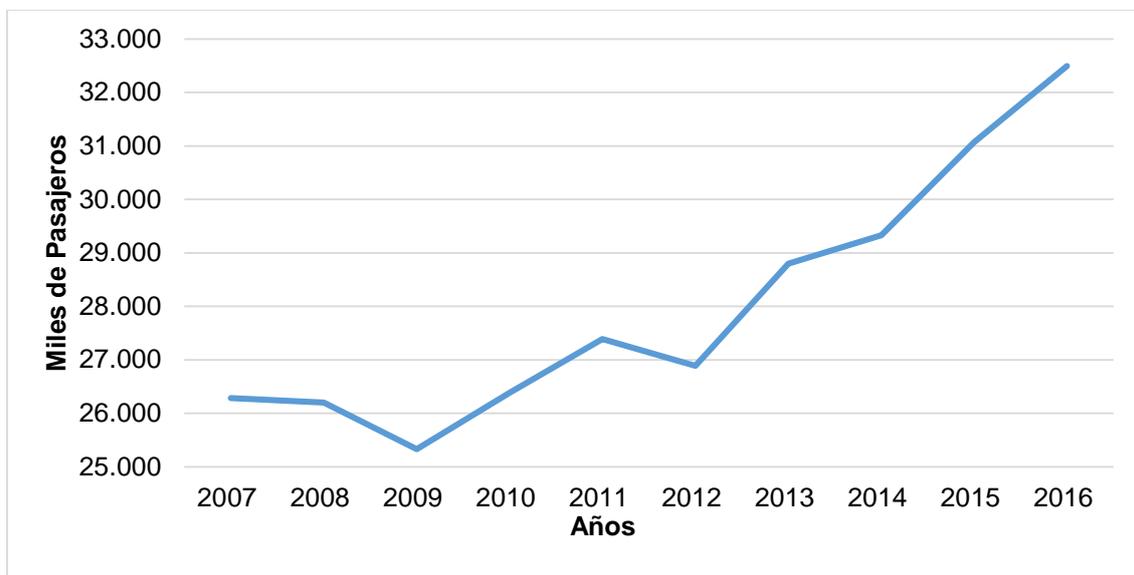
**GRÁFICO 4.6: Evolución del tráfico de mercancías en los puertos españoles por tipo de mercancía<sup>28</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

Además, el transporte de viajeros tiene una gran importancia dentro de los puertos españoles como analizaremos a continuación.

**GRÁFICO 4.7: Evolución del transporte de viajeros en los puertos españoles**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

<sup>28</sup> El concepto de “Graneles” hace referencia a todo tipo de producto (ya sea líquido o sólido) que no se encuentre empaquetado.



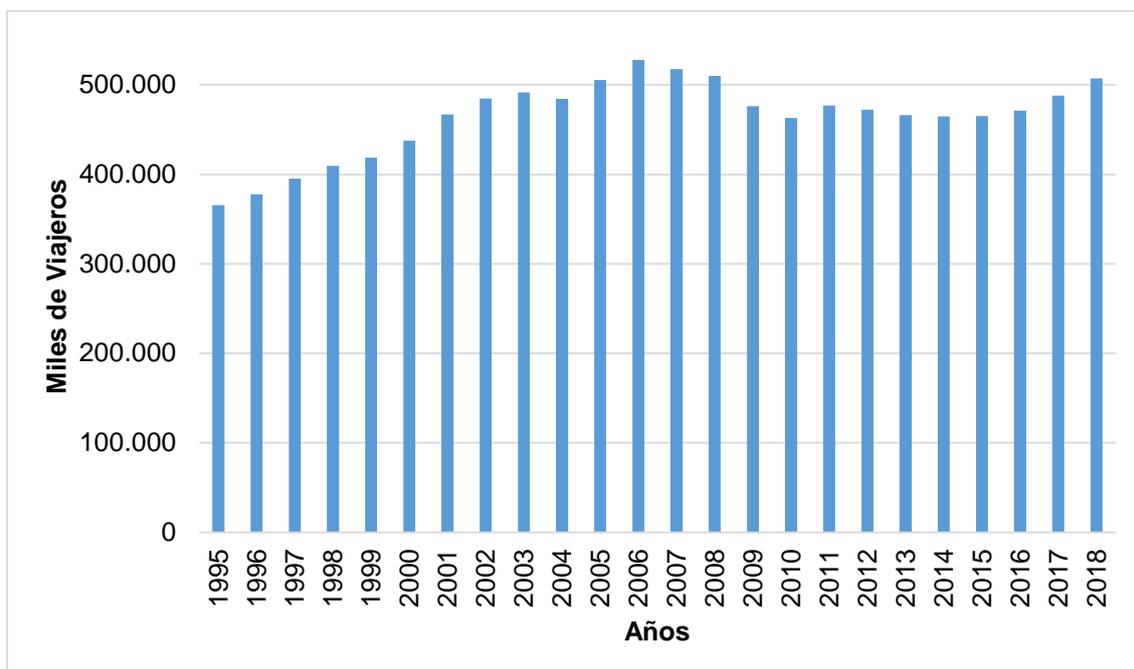
Mucho más adelante, en 1941, se forma la Red de Ferrocarriles Españoles (RENFE) que más adelante, en 2005 se renombrará a RENFE Operadora. Ese mismo año se creó el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), que es el actual gestor del mantenimiento y funcionamiento de la red ferroviaria de España.

Otro de los hitos más importantes en la historia ferroviaria fue la creación de la primera línea de alta velocidad, en 1992, que conecta Madrid y Sevilla.

Como acabamos de mostrar, la red ferroviaria es importante tanto en el transporte de pasajeros como de mercancías.

El transporte de pasajeros es el de mayor importancia. La tendencia en este tipo de transporte es ligeramente creciente desde 1995. El volumen de pasajeros transportado anualmente en España se recoge en el gráfico 4.9.

**GRÁFICO 4.9: Evolución del volumen de viajeros transportados por RENFE Operadora**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

Si realizamos un estudio de la evolución del número de pasajeros por tipo de transporte ferroviario, obtenemos lo recogido en la tabla 4.2. Destacar que las

diferentes formas de transporte ferroviario en España son: Cercanías, Media distancia convencional, Media distancia alta velocidad, Alta velocidad y Larga distancia convencional<sup>30</sup>.

**TABLA 4.2: Miles de viajeros transportados por la red ferroviaria por tipo de medio de transporte**

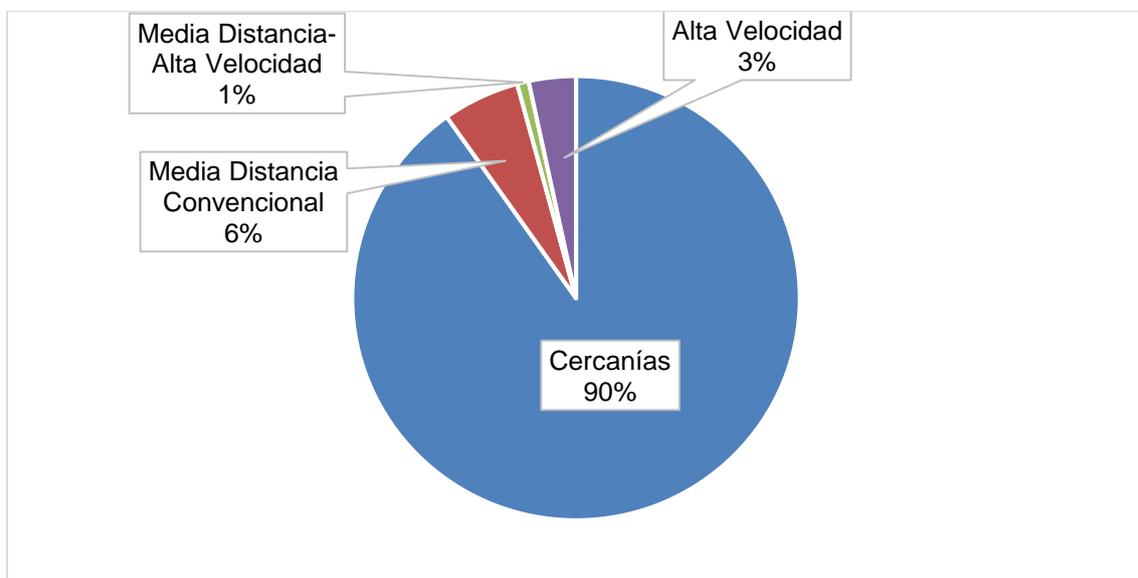
| <b>Años</b> | <b>Cercanías</b> | <b>Media distancia convencional</b> | <b>Media distancia alta velocidad</b> | <b>Alta velocidad</b> |
|-------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| <b>1995</b> | 328.651          | 21.390                              | 1.100                                 | 14.362                |
| <b>1996</b> | 339.892          | 22.324                              | 1.200                                 | 14.478                |
| <b>1997</b> | 354.357          | 23.945                              | 1.277                                 | 15.644                |
| <b>1998</b> | 366.653          | 24.369                              | 1.309                                 | 17.140                |
| <b>1999</b> | 375.038          | 24.818                              | 1.344                                 | 17.717                |
| <b>2000</b> | 392.847          | 25.745                              | 1.412                                 | 17.815                |
| <b>2001</b> | 420.950          | 26.234                              | 1.505                                 | 18.111                |
| <b>2002</b> | 438.773          | 26.320                              | 1.503                                 | 18.030                |
| <b>2003</b> | 446.048          | 26.778                              | 1.534                                 | 17.285                |
| <b>2004</b> | 439.746          | 26.082                              | 1.475                                 | 17.144                |
| <b>2005</b> | 458.091          | 27.585                              | 2.064                                 | 17.707                |
| <b>2006</b> | 477.745          | 28.709                              | 3.289                                 | 4.878                 |
| <b>2007</b> | 467.213          | 28.197                              | 3.576                                 | 5.559                 |
| <b>2008</b> | 453.635          | 28.443                              | 4.842                                 | 11.461                |
| <b>2009</b> | 420.531          | 27.054                              | 5.652                                 | 11.250                |
| <b>2010</b> | 408.887          | 26.032                              | 5.900                                 | 10.851                |
| <b>2011</b> | 421.149          | 26.866                              | 6.070                                 | 12.536                |
| <b>2012</b> | 417.881          | 25.872                              | 6.044                                 | 12.101                |
| <b>2013</b> | 409.670          | 24.264                              | 6.526                                 | 14.697                |
| <b>2014</b> | 405.321          | 23.713                              | 6.251                                 | 17.967                |
| <b>2015</b> | 403.748          | 23.946                              | 6.699                                 | 19.428                |
| <b>2016</b> | 408.910          | 23.319                              | 7.309                                 | 20.352                |
| <b>2017</b> | 423.650          | 23.674                              | 7.653                                 | 21.108                |
| <b>2018</b> | 440.583          | 24.215                              | 8.654                                 | 21.332                |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

<sup>30</sup> A partir de 2005, la distinción de larga distancia convencional desapareció. Se agrupó en el resto de categorías.

Podemos observar como a lo largo del periodo analizado, el medio de transporte que mayor número de viajeros ha transportado ha sido el cercanías debido a la importancia que tiene como medio de transporte para grandes ciudades como Madrid o Barcelona. Destaca también cómo el resto han tenido una tendencia creciente en el periodo, sobre todo la media distancia de alta velocidad que ha multiplicado por cuatro el volumen de viajeros, aunque sigue lejos del resto de transportes. Si lo analizamos en porcentajes, el 90% del transporte total en el periodo analizado, lo ha realizado el cercanías, mientras que el 10% restante se ha realizado en las otras formas de transporte, como se puede observar en el grafico 4.10.

**GRÁFICO 4.10: Porcentaje de pasajeros por tipo de transporte ferroviario**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

## **5.- COMPARATIVA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS**

En este apartado analizaremos la situación de la infraestructura terrestre en diferentes Comunidades Autónomas de España. Realizaremos un estudio en las Comunidades de Castilla y León, Comunidad de Madrid y Cataluña. Para simplificar y realizar un análisis más sencillo, tomaremos las capitales de provincia como muestra significativa de la Comunidad. En el caso de la Comunidad de Madrid y Cataluña, Madrid y Barcelona son las ciudades de

provincia más importantes tanto en volumen de pasajeros como de infraestructura por lo que el análisis de estas ciudades representara de manera muy fiel lo que sucede en el conjunto de la Comunidad Autónoma. En el caso de Castilla y León sucede algo parecido, ya que Valladolid es la principal ciudad de la Comunidad en cuanto a número de viajeros e infraestructura se refiere.

Finaliza el apartado con una comparativa de las Comunidades Autónomas, así como un análisis somero de la calidad de vida en cada una de ellas.

### **5.1.-Situación de Castilla y León**

Como realizaremos a lo largo de este apartado, comenzaremos analizando la situación de la infraestructura terrestre. Dentro de esta analizaremos la situación de la red de carreteras y ferroviaria.

En cuanto a la infraestructura de carreteras, Castilla y León se rige por el Plan Regional Sectorial de Carreteras 2008-2020<sup>31</sup>. Este plan presenta una serie de objetivos básicos y otros más concretos. Respecto a los primeros destacan, por ejemplo, la potenciación del desarrollo económico, la disminución de los desequilibrios territoriales, la mejora global de la red de carreteras o la mejora de las condiciones de circulación y seguridad vial. En cuanto a los segundos destacan la adecuación de la red complementaria local, completar la modernización de la red o el incremento de la accesibilidad en las áreas periféricas de la región.

Se puede observar como la red de carreteras de Castilla y León está caracterizada por el gran número de kilómetros que posee de carretera convencional. Tras los kilómetros de carretera convencional destacan el número de kilómetros de autovía. En el conjunto del país, representan el 17% de las carreteras convencionales y autovías y el 9.65% de las autopistas y del 8.2% de carreteras multicarril.

---

<sup>31</sup> Plan Regional Sectorial de Carreteras 2008-2020 (2008).

**TABLA 5.1: Kilómetros de carreteras en Castilla y León<sup>32</sup>**

| Clase de vía | Gran capacidad      |                              |                        | Resto de vías             |
|--------------|---------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
|              | Autopistas de peaje | Autopistas libres y Autovías | Carreteras multicarril | Carreteras convencionales |
| Ávila        | 37,40               | 86,97                        | 3,24                   | 1.332,76                  |
| Burgos       | 76,29               | 258,12                       | 25,05                  | 2.440,74                  |
| León         | 93,68               | 299,80                       | 21,58                  | 2.288,66                  |
| Palencia     | 0,00                | 255,63                       | 0,00                   | 1.715,40                  |
| Salamanca    | 0,00                | 300,43                       | 8,64                   | 1.527,52                  |
| Segovia      | 69,47               | 111,52                       | 8,16                   | 944,76                    |
| Soria        | 0,00                | 131,74                       | 1,85                   | 1.306,08                  |
| Valladolid   | 0,00                | 302,57                       | 16,45                  | 1.314,01                  |
| Zamora       | 0,00                | 333,69                       | 16,97                  | 1.570,38                  |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

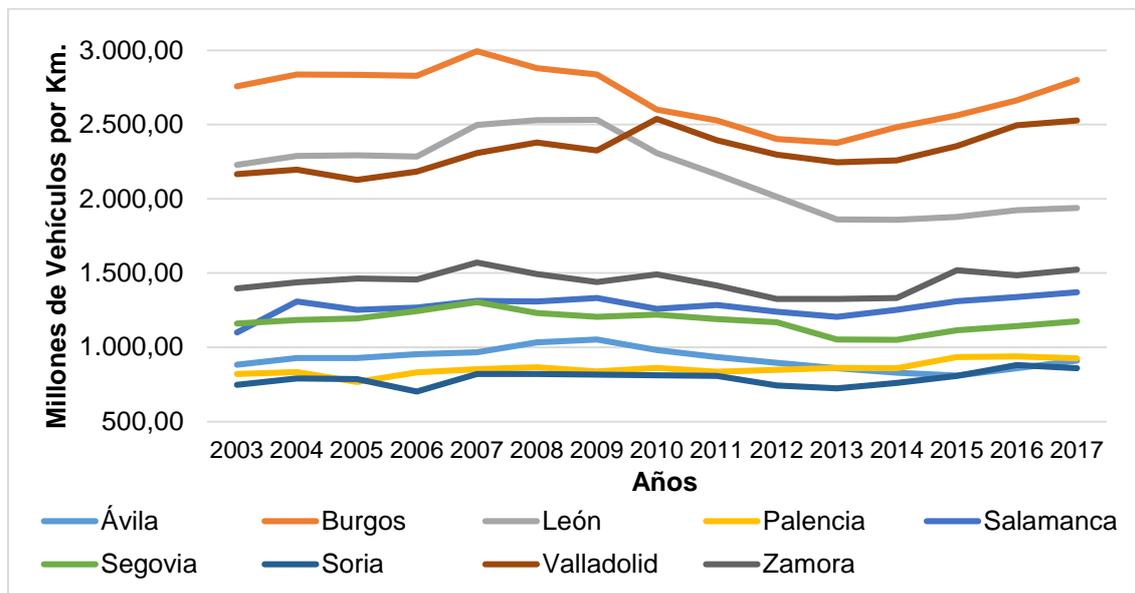
Lo que resulta interesante estudiar no son los kilómetros totales de las vías sino la densidad de vehículos que transcurren por ellas, como se analiza en el gráfico 5.1.

El gráfico nos indica una evolución más o menos constante a lo largo del periodo analizado diferenciando dos grupos de provincias. Burgos, León y Valladolid tienen un volumen de viajeros por sus carreteras muy superiores al de resto de provincias. Se observa también como a partir del inicio de la crisis económica del 2008 el volumen de viajeros varió en mayor proporción en las provincias con mayor volumen de pasajeros que en las que tienen un volumen menor.

En lo que respecta a la situación actual de red ferroviaria en Castilla y León. La red ferroviaria de Castilla y León se caracteriza por unir todas las provincias, así como el resto de Comunidades Autónomas y Portugal.

<sup>32</sup> Los kilómetros que se presentan son la suma de los kilómetros de titularidad estatal más los de titularidad en manos de la Comunidad Autónoma.

**GRÁFICO 5.1: Millones de vehículos por kilómetro en carretera por provincia en Castilla y León**

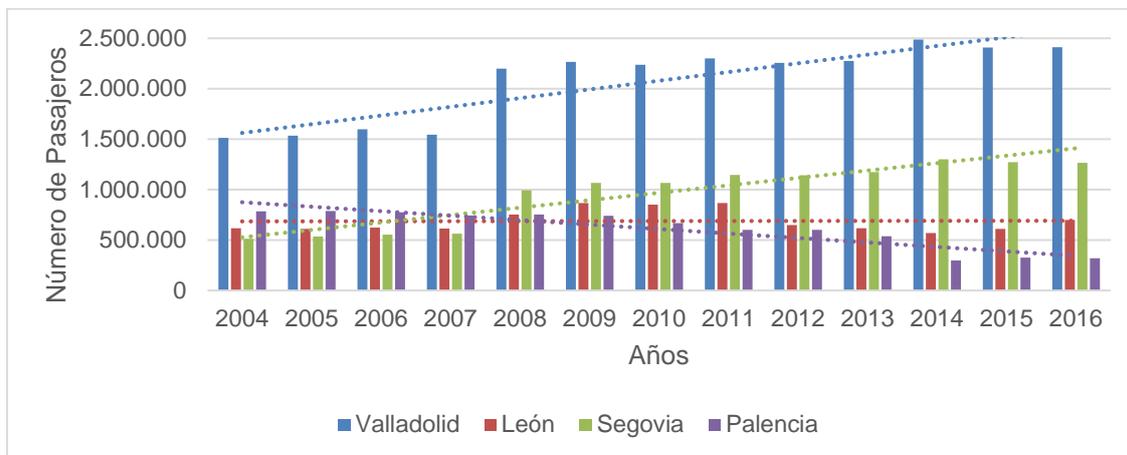


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

En términos de mercancías, la red ferroviaria mueve más de 3.200 toneladas diarias. Esto es así debido al diseño del mapa ferroviario español que concede a Castilla y León el papel de conectar el tráfico de mercancías entre el sur peninsular y el norte, especialmente hacia Galicia, País Vasco, Cataluña y Francia. Esto favorece, además, el acceso de estas mercancías a los principales puertos mercantes del país.

En términos de pasajeros, el protagonismo recae en las líneas de Alta Velocidad que transcurren por la región. Sobre ellas, el Tren de Alta Velocidad sitúa a Madrid a 55 minutos de Valladolid y 20 minutos de Segovia, a la vez que comunica la capital con el Norte peninsular. En el gráfico 5.2 se muestra el número de viajeros anuales que tienen las principales ciudades de la Comunidad.

**GRÁFICO 5.2: Número de viajeros transportados en tren en las provincias de Valladolid, León, Segovia y Palencia<sup>33</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de los informes del Observatorio del Ferrocarril en España.

Se observa que, salvo Valladolid y Segovia, con tendencia creciente, el resto de ciudades tienen una tendencia constante (León) y decreciente (Palencia) en el volumen de pasajeros en el periodo 2004-2016. Además, es fácilmente observable que el volumen total de pasajeros es muy superior en Valladolid frente al resto, llegándose a triplicar en el periodo 2008-2016. Cabe destacar que el volumen superior de pasajeros de Segovia es debido al tren de alta velocidad Valladolid-Madrid. Ocurre algo parecido en el caso de Palencia y León, donde parece observarse que ambas ciudades siguen un patrón parecido (con una reducción de pasajeros en los últimos años en el caso de Palencia), derivado también del tren de alta velocidad que conecta León y Valladolid.

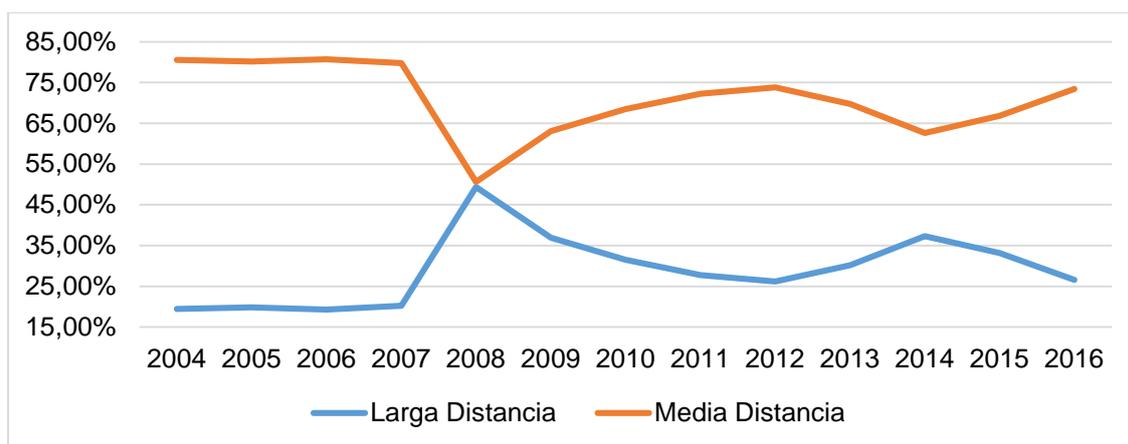
Si analizamos de manera separada el caso de Valladolid podemos destacar algunas características.

Como se observa en el gráfico 5.3, las tendencias en el transporte de larga y media distancia antes del año 2007 eran opuestas ya que mientras que el peso

<sup>33</sup> La línea discontinua refleja la tendencia de las series a lo largo del periodo analizado. La ausencia de otra ciudad importante como es Burgos es debido a que los informes del Observatorio del Ferrocarril en España solo muestran las 30 principales estaciones en volumen de pasajeros, y Burgos, en diferentes años no presenta un número de pasajeros suficiente para estar en esa clasificación.

del transporte de larga distancia crecía año a año, el de media distancia disminuía. La respuesta al cambio de tendencia y creciente importancia del transporte de media distancia fue la llegada del AVE a Valladolid con el trayecto Valladolid-Madrid. Al considerarse transporte de media distancia, el peso que ganó fue considerable.

**GRÁFICO 5.3: Peso del transporte de Larga y Media distancia por Ferrocarril en Valladolid**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de los informes del Observatorio del Ferrocarril en España.

La línea de alta velocidad que conecta Madrid y Valladolid movió un volumen de pasajeros en 2017 de 3.1 millones. Este volumen de pasajeros tiene una tendencia creciente desde la inauguración de la línea en 2007. Algunos datos que se conocen son que en el año 2016, 2.4 millones de pasajeros utilizaron la línea o en el año 2015, 2.31 millones. Según RENFE el perfil del pasajero medio de la línea Madrid-Valladolid es el de un hombre (52,4%) de más de 37 años, asalariado y que es un viajero muy frecuente. Lo utiliza en sus desplazamientos para ir a su trabajo y lo elige por su rapidez. Esto nos muestra la necesidad de la red y los beneficios que esta tiene en la economía de Valladolid y, por ende, en la de Castilla y León. Permite a personas que viven en Valladolid y áreas cercanas ir en menos de una hora a Madrid, lo que le permite compatibilizar vivir en Valladolid y trabajar en Madrid.

Podemos concluir por lo tanto que la llegada del AVE a Valladolid fue muy importante para el desarrollo y modernización del sector ferroviario en la

ciudad, así como en la Comunidad Autónoma. Valladolid fue la primera línea de alta velocidad de la región, pero pronto la red se expandió hacia el norte.

Para finalizar el análisis de la situación de la infraestructura de transporte en Castilla y León debemos explicar cuál es su situación aeroportuaria.

Como hemos visto anteriormente, Castilla y León posee cuatro aeropuertos, los de Valladolid, Salamanca, Burgos y León. La existencia de cuatro aeropuertos en la Comunidad parece exagerada respecto al volumen de población que hay en Castilla y León, 2.409.164 de habitantes a finales de 2018.

Hay que destacar que los aeropuertos de la Comunidad no distan entre sí más de 141 km. Esta distancia se reduce en el caso de compararlos con Valladolid, que es el aeropuerto con mayor volumen de pasajeros anuales. Como se observa en la tabla 5.2 el volumen de pasajeros en el aeropuerto de Valladolid cuadruplica al del segundo aeropuerto, que es León, y aumenta su diferencia con los otros dos aeropuertos.

**TABLA 5.2: Número de pasajeros en los aeropuertos de Castilla y León en 2018**

| <b>Aeropuerto</b> | <b>Número de pasajeros</b> |
|-------------------|----------------------------|
| <b>Valladolid</b> | 253.271                    |
| <b>León</b>       | 55.946                     |
| <b>Salamanca</b>  | 14.649                     |
| <b>Burgos</b>     | 10.341                     |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Destaca que el volumen de pasajeros que maneja el aeropuerto de Valladolid hacia territorio europeo es el de aquellos países que se encuentran dentro del espacio Shengen. La tendencia ha sido creciente desde los inicios del siglo XXI hasta 2008, llegando su máximo en ese año. A partir del año 2008, la tendencia ha sido decreciente. También sorprenden los datos de viajeros con destino a países fuera del espacio Shengen desde el año 2004 hasta el 2008, ya que presentan un volumen elevado en esos años.

**TABLA 5.3: Número de viajeros y destinos con salida del aeropuerto de Valladolid**

| <b>Total Salidas</b> | <b>U.E. Schengen<sup>34</sup></b> | <b>U.E. no Schengen</b> | <b>Europa no U.E. sí Schengen</b> | <b>Europa no U.E. no Schengen</b> | <b>Resto<sup>35</sup></b> |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| <b>2000</b>          | 17.297                            | 40                      |                                   |                                   | 334                       |
| <b>2001</b>          | 15.611                            | 315                     | 2                                 | 124                               | 1.008                     |
| <b>2002</b>          | 18.747                            | 1.011                   | 11                                | 1.303                             | 1.196                     |
| <b>2003</b>          | 21.184                            | 8.383                   |                                   | 1.443                             | 1.916                     |
| <b>2004</b>          | 78.528                            | 54.909                  |                                   | 555                               | 2.615                     |
| <b>2005</b>          | 81.622                            | 55.552                  | 29                                | 362                               | 2.142                     |
| <b>2006</b>          | 79.357                            | 55.653                  | 9                                 | 1.160                             | 2.583                     |
| <b>2007</b>          | 84.084                            | 47.440                  |                                   | 2.126                             | 1.745                     |
| <b>2008</b>          | 87.658                            | 42.762                  | 64                                | 2.780                             | 1.283                     |
| <b>2009</b>          | 68.844                            | 34.501                  | 1.814                             | 1.876                             | 2.272                     |
| <b>2010</b>          | 65.714                            | 25.881                  | 1.887                             | 2.902                             | 2.328                     |
| <b>2011</b>          | 53.100                            | 23.721                  | 1.951                             | 1.503                             | 341                       |
| <b>2012</b>          | 43.253                            | 22.930                  | 1.589                             | 1.345                             | 327                       |
| <b>2013</b>          | 13.700                            | 4.022                   | 1.607                             | 1.682                             | 465                       |
| <b>2014</b>          | 11.097                            | 2.406                   | 1.791                             |                                   | 310                       |
| <b>2015</b>          | 7.822                             | 1.452                   | 445                               | 153                               | 159                       |
| <b>2016</b>          | 10.324                            | 2.246                   | 671                               |                                   | 166                       |
| <b>2017</b>          | 7.783                             | 1.698                   | 979                               | 193                               | 935                       |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Una vez analizado el destino de los pasajeros desde el aeropuerto de Valladolid, pasamos a analizar el origen de los viajeros que llegan a este aeropuerto. No sorprende que el mayor número de pasajeros proceda de la

<sup>34</sup> El espacio Schengen hace referencia a una zona en la que 26 países europeos diferentes reconocen la abolición de sus fronteras interiores con otras naciones miembros y fuera de ellas para la libre circulación y sin restricciones de personas, bienes, servicios y capital.

<sup>35</sup> El sector "Resto" recoge el número de viajeros con destino en África, América del Norte, América Latina y Caribe, Asia y Pacífico y Oriente medio.

zona Schengen y, como ocurría con las salidas, la tendencia ha sido creciente hasta 2008 y decreciente desde entonces.

**TABLA 5.4: Número de pasajeros y procedencia con llegada al aeropuerto de Valladolid**

| <b>Total Salidas</b> | <b>U.E. Schengen<sup>36</sup></b> | <b>U.E. no Schengen</b> | <b>Europa no U.E. sí Schengen</b> | <b>Europa no U.E. no Schengen</b> | <b>Resto<sup>37</sup></b> |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| <b>2000</b>          | 16.617                            | 200                     | 6                                 |                                   | 339                       |
| <b>2001</b>          | 15.026                            | 155                     | 11                                | 51                                | 1.085                     |
| <b>2002</b>          | 18.077                            | 1.333                   | 11                                | 1.304                             | 1.188                     |
| <b>2003</b>          | 20.726                            | 8.611                   |                                   | 1.262                             | 1.815                     |
| <b>2004</b>          | 77.804                            | 53.723                  |                                   | 395                               | 2.573                     |
| <b>2005</b>          | 79.569                            | 55.292                  | 32                                | 256                               | 2.042                     |
| <b>2006</b>          | 77.944                            | 55.159                  | 1                                 | 946                               | 2.781                     |
| <b>2007</b>          | 84.129                            | 44.512                  | 6                                 | 2.002                             | 1.681                     |
| <b>2008</b>          | 87.373                            | 40.621                  | 202                               | 2.596                             | 1.602                     |
| <b>2009</b>          | 67.432                            | 32.212                  | 1.608                             | 1.968                             | 2.220                     |
| <b>2010</b>          | 67.665                            | 24.205                  | 1.778                             | 2.800                             | 2.386                     |
| <b>2011</b>          | 52.880                            | 21.991                  | 1.828                             | 1.471                             | 321                       |
| <b>2012</b>          | 42.580                            | 21.635                  | 1.604                             | 1.250                             | 326                       |
| <b>2013</b>          | 13.282                            | 3.452                   | 1.520                             | 1.620                             | 540                       |
| <b>2014</b>          | 10.901                            | 2.349                   | 1.683                             |                                   | 295                       |
| <b>2015</b>          | 8.463                             | 1.392                   | 544                               | 153                               | 157                       |
| <b>2016</b>          | 10.636                            | 2.465                   | 814                               |                                   | 148                       |
| <b>2017</b>          | 8.433                             | 1.686                   | 1.085                             | 182                               | 787                       |

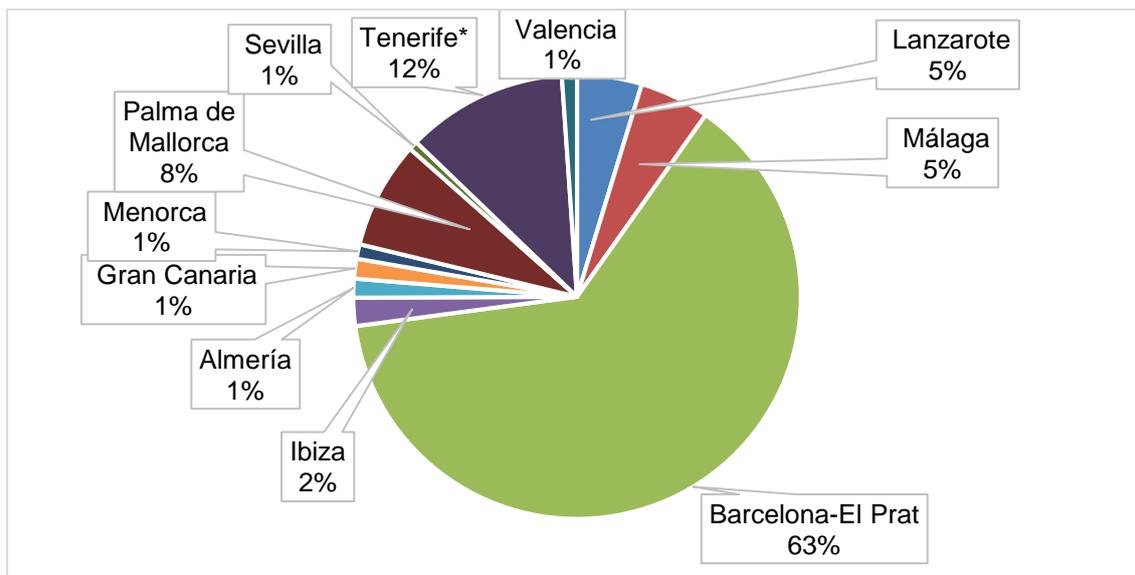
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

<sup>36</sup> El espacio Schengen hace referencia a una zona en la que 26 países europeos diferentes reconocen la abolición de sus fronteras interiores con otras naciones miembros y fuera de ellas para la libre circulación y sin restricciones de personas, bienes, servicios y capital.

<sup>37</sup> El sector "Resto" recoge el número de viajeros con destino en África, América del Norte, América Latina y Caribe, Asia y Pacífico y Oriente medio.

Por último, en el gráfico 5.4 analizamos el volumen de pasajeros que se transportan desde el aeropuerto de Valladolid, pero con destino a un aeropuerto nacional.

**GRÁFICO 5.4: Destino de los vuelos nacionales que salen del aeropuerto de Valladolid<sup>38</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Como se puede observar en el gráfico 5.5, es indudable que el mayor volumen de pasajeros tiene su llegada al aeropuerto de Barcelona. El resto de aeropuertos que también son importantes son los situados en las islas Canarias y Baleares.

## 5.2.- Situación Comunidad de Madrid

Comenzamos analizando la situación de la red de carreteras de la Comunidad de Madrid. Esta red se rige por la Ley 3/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la Comunidad de Madrid<sup>39</sup>. Fue promulgada al asumir la Comunidad de Madrid las competencias plenas en materia de carreteras cuyos itinerarios se desarrollen íntegramente en su territorio.

<sup>38</sup> Los porcentajes se obtienen del peso medio de cada aeropuerto respecto al total en el periodo 2004-2017.

\* El porcentaje de Tenerife es la suma de los aeropuertos de Tenerife-Norte y Tenerife-Sur.

<sup>39</sup> Boletín Oficial del Estado (1991).

Debido a que la Comunidad de Madrid no posee un área geográfica extensa, es previsible pensar que la red de carreteras no sea muy grande. Esto es cierto, pero es la excepción dentro de las infraestructuras de transporte ya que, como veremos más adelante, la infraestructura aérea y de ferrocarril es de las más grandes de España.

Si analizamos los kilómetros de carretera en la Comunidad de Madrid, como ocurre en el resto de Comunidades, el mayor número de kilómetros se concentra en carreteras convencionales (tabla 5.5).

**TABLA 5.5: Kilómetros de carretera por tipo de vía en la Comunidad de Madrid**

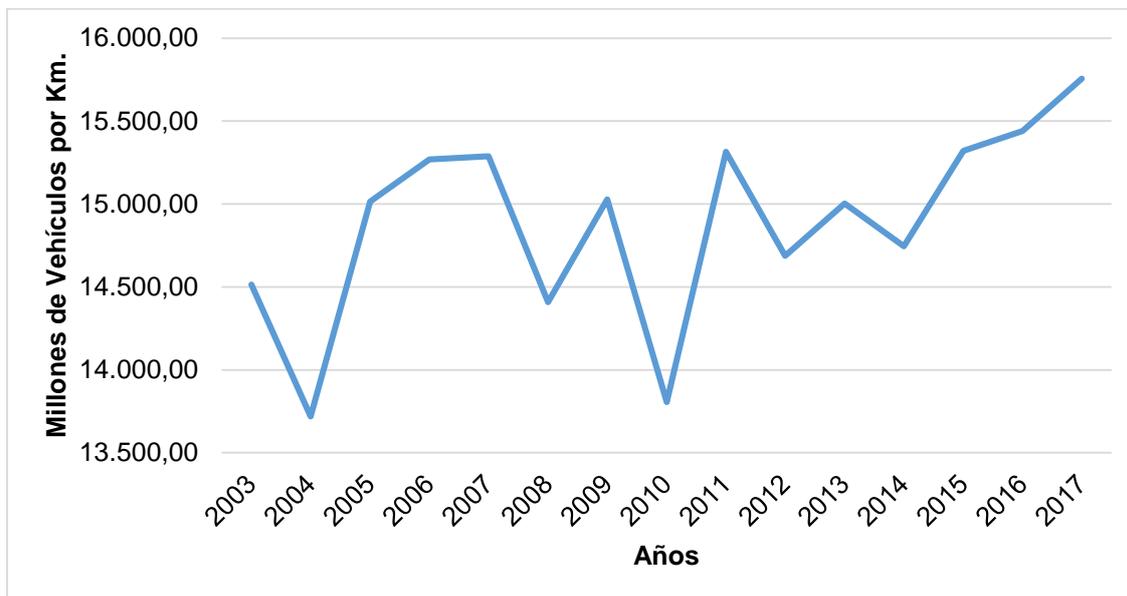
| <b>Clase de vía</b> | <b>Gran capacidad</b>      |                                     | <b>Resto de vías</b>          |                                  |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| <b>Tipo de vía</b>  | <b>Autopistas de peaje</b> | <b>Autopistas libres y Autovías</b> | <b>Carreteras multicarril</b> | <b>Carreteras convencionales</b> |
|                     | 160,82                     | 609,93                              | 208,61                        | 2.338,72                         |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

El resto de vías poseen unos kilómetros acordes al área geográfica que abarcan.

El volumen de vehículos que transitan por las carreteras de la Comunidad de Madrid (gráfico 5.5) presenta una tendencia creciente a lo largo del periodo analizado. Destaca como esa evolución a lo largo del tiempo es bastante irregular, con mínimos en el año 2004 y 2010. El mínimo del año 2010 se puede deber a la crisis económica, ya que a partir del 2008 se ve una tendencia muy negativa. Es lógico pensar que, en épocas de crisis económicas, las familias tiendan a reducir los costes y uno de ellos puede ser restringir el transporte privado y utilizar más el transporte público. A continuación, en el análisis del transporte ferroviario observaremos esa posible sustitución.

**GRÁFICO 5.5: Millones de vehículos por kilómetro en carretera en la Comunidad de Madrid**

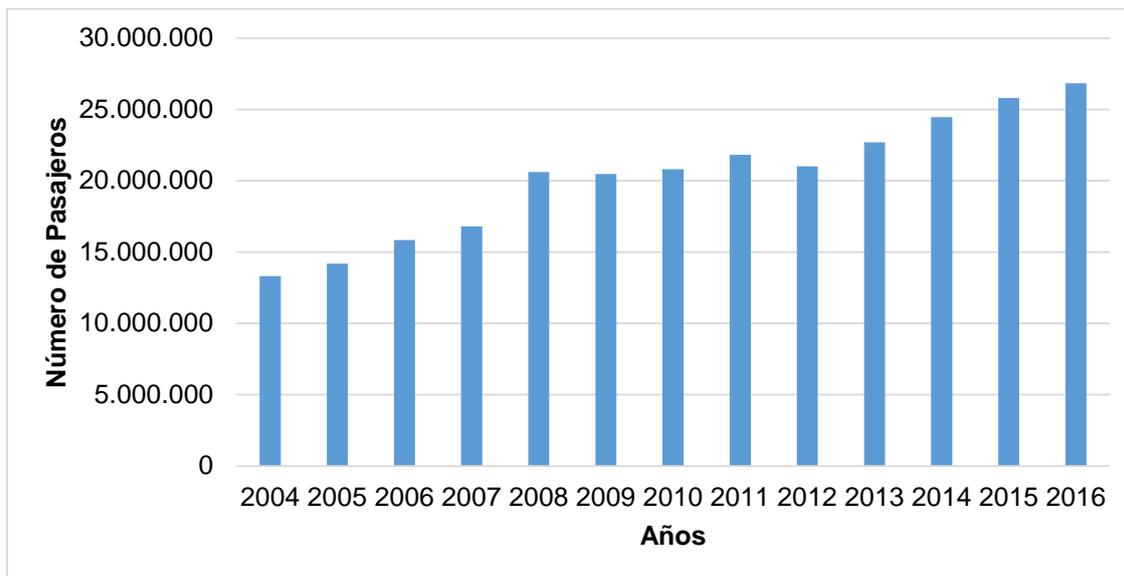


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Suponer que el transporte ferroviario sea muy importante dentro de la red de transportes de esta Comunidad no ha de ser una hipótesis extraña, debido a la necesidad de conexión entre los diferentes municipios que colindan Madrid. Por otro lado, el transporte de alta velocidad también es muy relevante debido a la centralidad geográfica de Madrid, que permite ser el enlace entre las diferentes regiones españolas. Según el ministerio de Fomento, de enero a abril del año 2019, la línea de alta velocidad con mayor volumen de pasajeros fue la que conecta Madrid con Barcelona, seguida muy de cerca por la que conecta Madrid con Sevilla. En el caso de la línea entre Madrid y Valladolid, ésta no se sitúa entre las diez líneas más transitadas en este primer cuatrimestre del año 2019.

En términos generales, la red ferroviaria madrileña tiene una tendencia creciente en volumen de pasajeros. En el gráfico 5.6 se observa lo que acabamos de estudiar. Se observa un repunte en el número de pasajeros en el año 2008 y 2011 lo que indica que, efectivamente, el volumen de pasajeros que no utilizaron como transporte el coche, utilizaron el transporte en tren.

### GRÁFICO 5.6: Volumen de pasajeros transportados por el ferrocarril en la Comunidad de Madrid

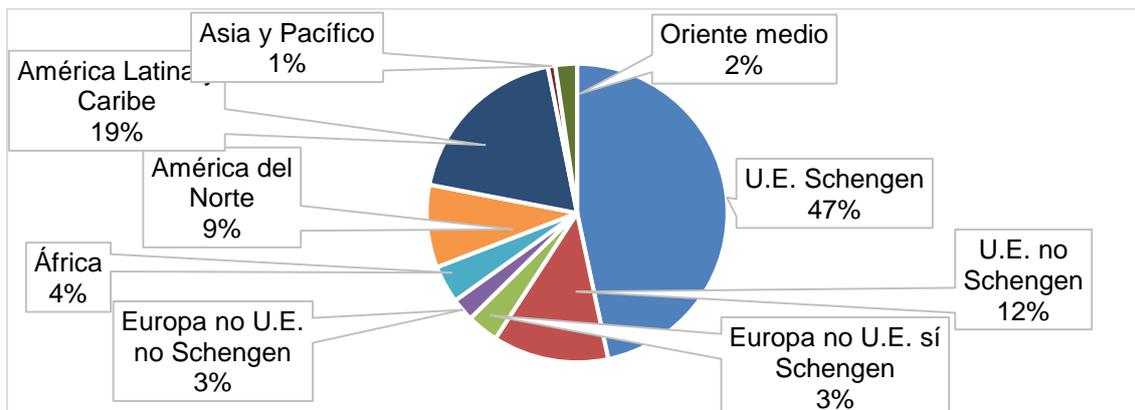


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de los informes del Observatorio del Ferrocarril en España.

Por último, para concluir el análisis de la Comunidad de Madrid, analizamos la situación de la red aeroportuaria. Como hemos supuesto hasta ahora con las redes de transporte, es razonable pensar que la red aérea de Madrid esté muy desarrollada. Esto es así ya que, como analizaremos a continuación, el aeropuerto Adolfo Suárez- Madrid Barajas es uno de los aeropuertos más importantes en Europa, debido a que es un nexo de unión entre el continente americano y europeo y el más importante en volumen de pasajeros de España.

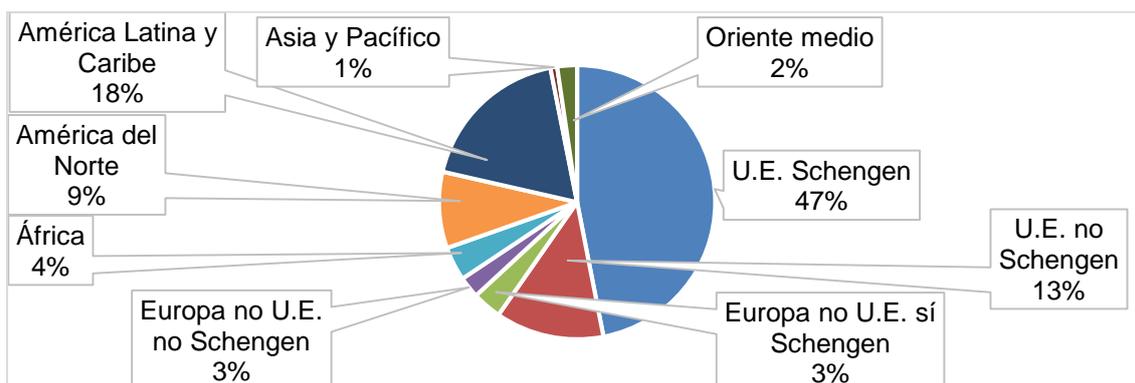
En cuanto a la procedencia de los vuelos internacionales al aeropuerto de Madrid destaca el gran volumen de pasajeros que mueve dentro de la zona Schengen, con un 47% de los vuelos. América latina y los países de la Unión Europea que no pertenecen a la zona Schengen son los siguientes destinos más importantes del aeropuerto de Madrid.

**GRÁFICO 5.7: Procedencia de los vuelos internacionales que llegan al aeropuerto de Madrid<sup>40</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

**GRÁFICO 5.8: Destino de los vuelos internacionales que salen del aeropuerto de Madrid<sup>41</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Si analizamos el destino de los vuelos que salen del aeropuerto de Madrid, tenemos resultados prácticamente iguales al de la procedencia de vuelos, con la zona Schengen y Unión Europea, así como América Latina como destinos más importantes.

<sup>40</sup> Los porcentajes se obtienen del peso medio de cada aeropuerto en el aeropuerto de Madrid en el periodo 2004-2017.

<sup>41</sup> Los porcentajes se obtienen del peso medio de cada aeropuerto en el aeropuerto de Madrid en el periodo 2004-2017.

### 5.3.- Situación de Cataluña

Pasamos a analizar las redes de transporte de la Comunidad de Cataluña. Analizaremos, como hemos hecho a lo largo del apartado, la red de carreteras, ferroviaria, aérea, así como en este caso en particular, haremos un pequeño análisis del Puerto de Barcelona, debido a la importancia que tiene este dentro del territorio español.

La red de carreteras de Cataluña está regulada por el Decreto Legislativo 2/2009, de 25 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Carreteras de Cataluña<sup>42</sup>.

La red de carreteras catalana cuenta con 7.760 kilómetros de carretera que, como se puede observar en la tabla 5.6, se distribuyen en un 22% de kilómetros en kilómetros de autopista de peaje, en torno al 7% de autovías y carretera convencional respectivamente, así como del 10% de carretera multicarril. Todos los datos anteriores son el peso de kilómetros frente a los kilómetros totales que hay en la red española.

Las autopistas en Cataluña han sido desde el inicio de este siglo fuente de malestar para los catalanes. La ciudadanía catalana piensa que debe pagar autopistas de manera reiterada siempre que se quiera mover por la Comunidad, y los datos les dan la razón. En Cataluña existen 632 km de autopistas de pago, lo que supone, como hemos analizado anteriormente, que uno de cada cinco kilómetros de autopista de pago de España se encuentre en Cataluña. En el año 2019, el precio de los peajes se incrementó un 2.2% en Cataluña, por encima del aumento que se realizó de media en el resto de España, de entorno al 1.91%. Este mayor incremento en Cataluña, nada tiene que ver con motivos políticos, ya que la administración y gestión de las autopistas en esa Comunidad está regida por el Gobierno autonómico. Por último, comentar que el mayor número de kilómetros en el territorio catalán surgió en los años 60 y 70 para responder a la industrialización catalana. Se trataba de una inversión que ayudaría a la industria catalana, ya que la alternativa que había entonces, y permanece en la actualidad, eran las carreteras convencionales de un solo carril.

---

<sup>42</sup> Boletín Oficial del Estado (2009).

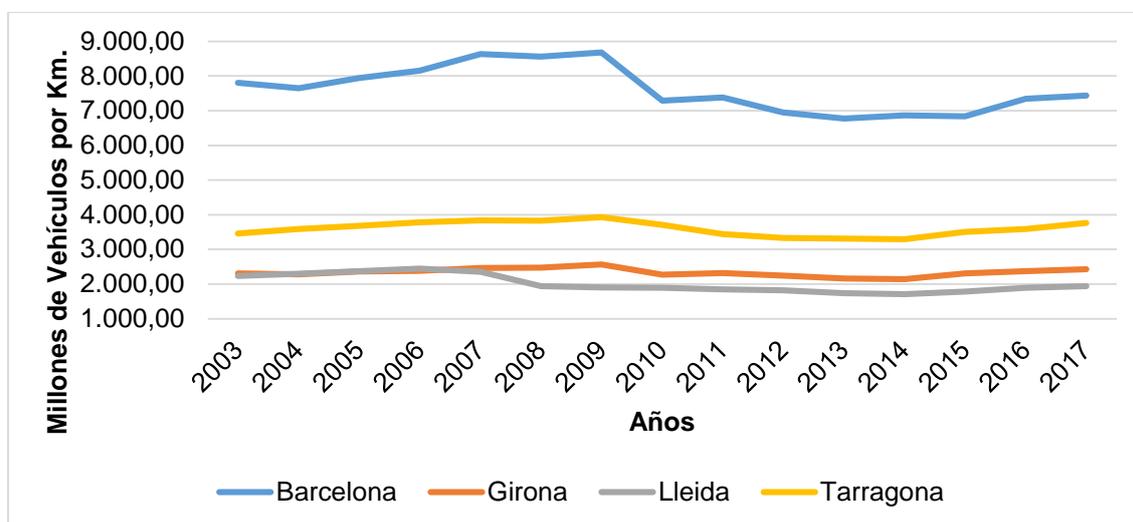
**TABLA 5.6: Kilómetros de carretera por tipo de vía en Cataluña**

| Clase de vía     | Gran capacidad      |                              | Resto de vías          |                           |
|------------------|---------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Tipo de vía      | Autopistas de peaje | Autopistas libres y Autovías | Carreteras multicarril | Carreteras convencionales |
| <b>Barcelona</b> | 278,38              | 430,61                       | 55,21                  | 1.588,87                  |
| <b>Girona</b>    | 92,62               | 122,98                       | 29,39                  | 1.402,42                  |
| <b>Lleida</b>    | 60,47               | 162,22                       | 9,71                   | 1.834,02                  |
| <b>Tarragona</b> | 201,72              | 112,43                       | 35,60                  | 1.341,41                  |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Como llevamos realizando a lo largo del apartado, pasamos a analizar el volumen de pasajeros que utilizan la red de carreteras catalana.

**GRÁFICO 5.9: Millones de vehículos por kilómetro en carretera en Cataluña**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

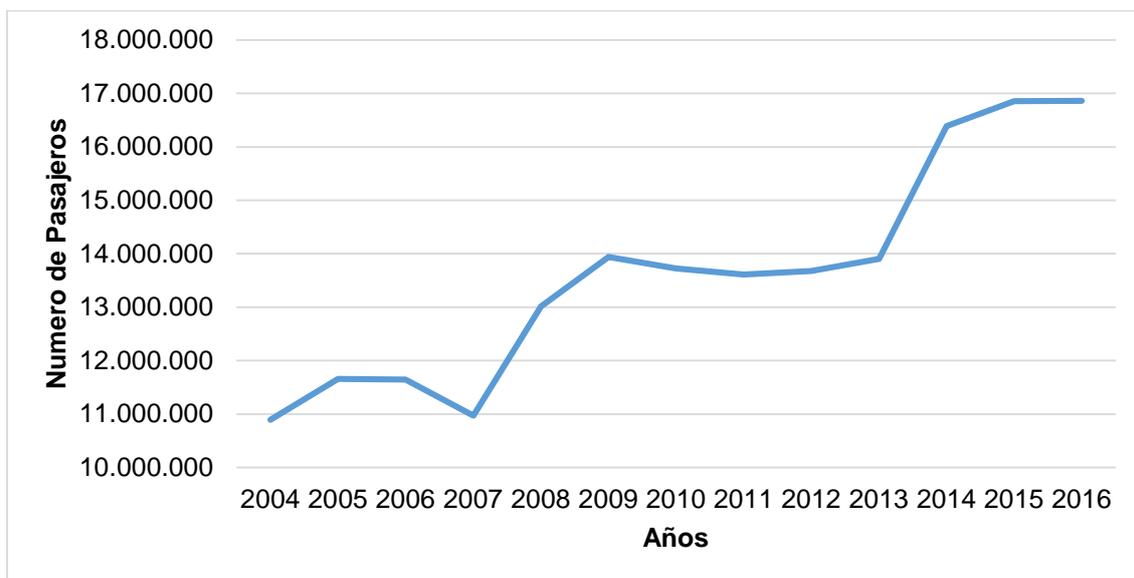
Se observa como el volumen de vehículos que transitan por la red de carreteras catalana tiene un tamaño mayor en la provincia de Barcelona respecto al resto de provincias. Del año 2008 hasta 2011 se produjo una

reducción de viajeros en las carreteras. Esta característica es común a las otras dos Comunidades Autónomas analizadas anteriormente.

Pasamos a analizar el transporte ferroviario. Como se observa en el gráfico 5.10, podemos observar la tendencia creciente en el uso del transporte ferroviario en Cataluña.

Se detecta una tendencia en forma de escalones que pasamos a analizar. En el año 2007 hasta el año 2008 existe un aumento del volumen de pasajeros muy importante, y eso es así ya que en 2008 se inauguró el AVE Madrid-Barcelona. La tendencia constante de los años posteriores se debe a la crisis económica para empezar a repuntar a partir del año 2012, donde diferentes economistas sitúan el inicio de la recuperación y crecimiento económico en España.

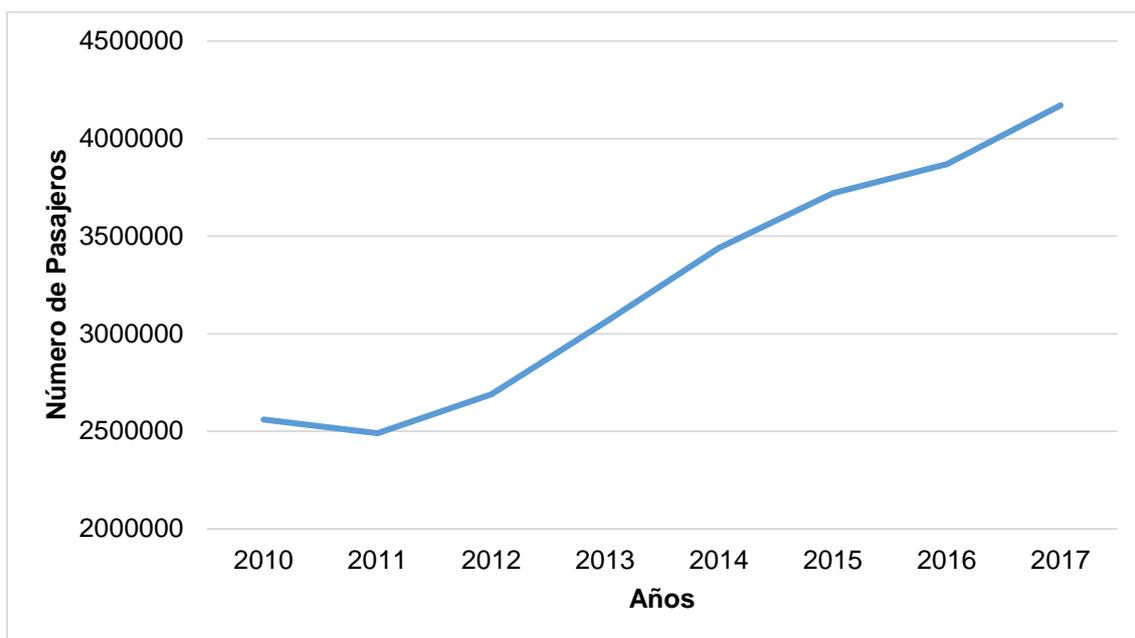
**GRÁFICO 5.10: Volumen de pasajeros transportados por el ferrocarril en Cataluña**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de los informes del Observatorio del Ferrocarril en España.

Podemos comentar también el volumen de pasajeros que se transportan entre Barcelona y Madrid y que nutre a ambas ciudades. Como se recoge en el gráfico 5.11, el volumen de pasajeros tiene una tendencia creciente con un valor cercano a 4.5 millones de pasajeros que se alcanzará previsiblemente en poco tiempo.

**GRÁFICO 5.11: Número de pasajeros en el trayecto Madrid-Barcelona**

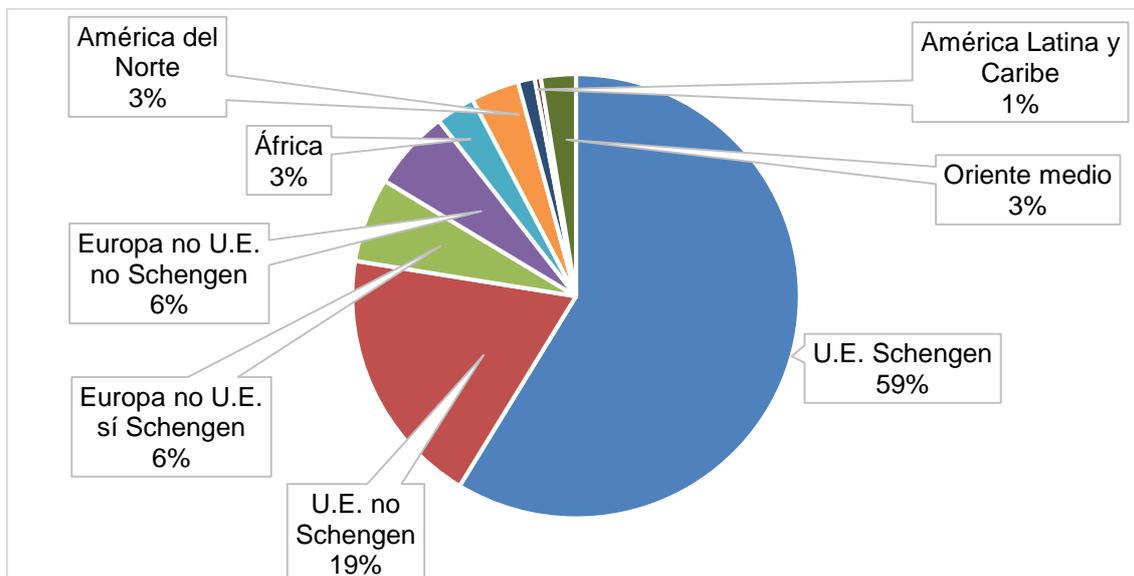


FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de los informes del Observatorio del Ferrocarril en España.

En cuanto al transporte aéreo, el aeropuerto del Prat en Barcelona es el segundo más importante de España, solo por detrás del de Madrid, referencia también a nivel europeo en volumen de pasajeros. Como anteriormente hemos estudiado, analizaremos de donde provienen y a dónde van los pasajeros que pasan por el aeropuerto del Prat.

Como ya ocurría con el aeropuerto de Madrid, la zona Shengen es la zona con mayor número de vuelos que tienen relación con el aeropuerto barcelonés, seguido de aquellos países de la Unión Europea que no pertenecen a ese espacio.

**GRÁFICO 5.12: Procedencia y destino de los vuelos internacionales que llegan al aeropuerto de Barcelona<sup>43</sup>**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Tras analizar la red de infraestructura de transporte de las tres Comunidades que queríamos estudiar, podemos concluir que tanto Madrid como Barcelona son ciudades referencia por su infraestructura de transporte, incidiendo en la importancia de sus aeropuertos y estaciones de tren. Se puede decir que estos dos núcleos vertebran la red de transporte español. En el caso de Valladolid, posee una red de carreteras y red ferroviaria importante, aunque su infraestructura aérea, como hemos analizado supera al volumen de pasajeros que transporta.

Por último, destacamos la importancia del puerto de Barcelona, no solo para la provincia sino para el conjunto del país. Algunos datos interesantes del puerto de Barcelona<sup>44</sup>, para el año 2018 son que, por ejemplo, movió 66 millones de toneladas de mercancía un volumen muy superior al de otros puertos españoles o europeos.

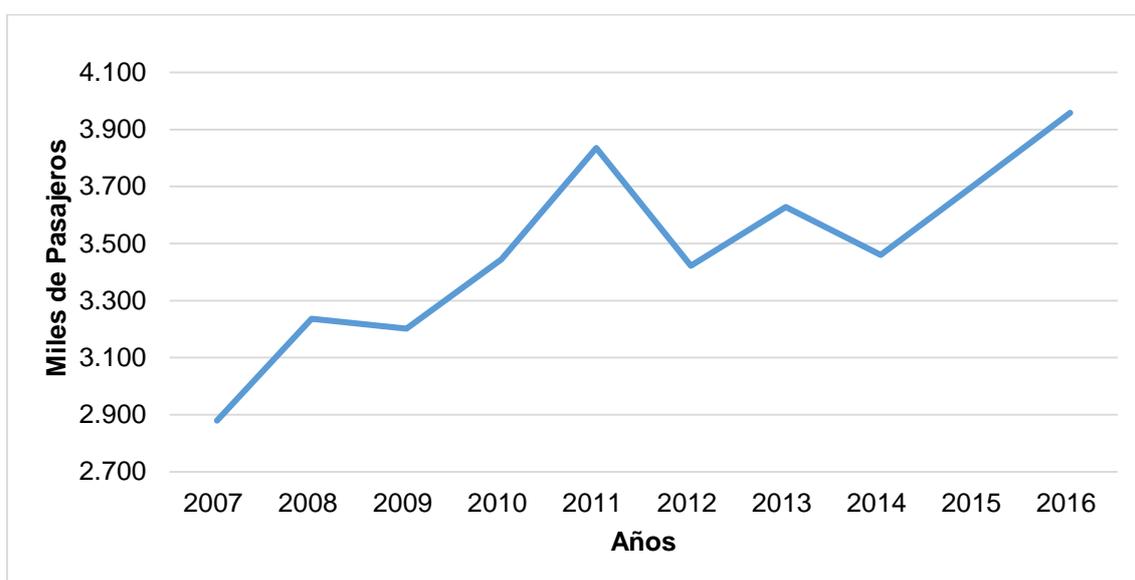
La principal ventaja que otorga el puerto de Barcelona a la economía española es sus relaciones con países extranjeros como por ejemplo China, que se

<sup>43</sup> Los porcentajes se obtienen del peso medio de cada aeropuerto en el aeropuerto de Barcelona en el periodo 2004-2017.

<sup>44</sup> Estadísticas de tráfico del Puerto de Barcelona. (2018)

reflejan en el saldo exterior de las cuentas nacionales de España. China, como acabamos de comentar, es el principal socio comercial con una cuota de mercado que supera el 22% de la carga de contenedores. En los últimos años, otros países como Estados Unidos, Corea del Sur, Arabia Saudí y Marruecos también han aumentado considerablemente sus operaciones con este puerto. Si analizamos el volumen de pasajeros que circulan, la cifra también es record, con una tendencia creciente en el periodo 2007-2017 (gráfico 5.13).

**GRÁFICO 5.13: Número de pasajeros que pasan por el puerto de Barcelona**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

#### **5.4.- Comparativa de las tres Comunidades Autónomas**

El objetivo de este apartado es un estudio genérico de la situación de las tres Comunidades, en lo que se refiere a riqueza y calidad de vida, y su relación en materia de infraestructuras de transporte.

Como se observa en la tabla 5.7, parece que no es comparable la situación de las Comunidades Autónomas que hemos seleccionado, al menos en el caso de Castilla y León frente a Madrid y Cataluña. Castilla y León abarca un territorio del 18.6% frente al 1.6% y 6.3% de Madrid y Cataluña respectivamente. Podemos decir que es el único parámetro en el que Castilla y León supera a las otras dos Comunidades. Castilla y León se encuentra en un problema

estructural en materia de población, Madrid y Cataluña con un territorio menor triplican las cifras de población de Castilla y León, cierto es que la actividad económica que mueven las otras dos Comunidades no es comparable tampoco.

De las tres Comunidades analizadas, la de mayor riqueza, medido por el PIB per cápita, es Madrid, seguida por Cataluña y Castilla y León. En la tasas representativas del mercado de trabajo, podemos ver que todas las Comunidades tienen una tasa de paro de entorno al 11%<sup>45</sup>.

**TABLA 5.7: Comparativa de las tres Comunidades a través de diferentes variables**

|   | <b>Castilla y León</b> | <b>Cataluña</b>    | <b>Comunidad de Madrid</b> |
|---|------------------------|--------------------|----------------------------|
| <b>Territorio (km<sup>2</sup>)<sup>46</sup></b> | 94.226 (18,6%)         | 8.021,80<br>(1,6%) | 32.106,5 (6,3%)            |
| <b>Población total</b>                          | 2.409.164              | 7.600.065          | 6.578.079                  |
| <b>Tasa actividad (%)</b>                       | 54,49                  | 61,67              | 62,94                      |
| <b>Tasa de paro (%)</b>                         | 11,21                  | 11,75              | 11,54                      |
| <b>Ocupados (miles de personas)</b>             | 990,8                  | 3.391,1            | 3.035,6                    |
| <b>PIB per cápita (euros)</b>                   | 23.446                 | 30.064             | 33.824                     |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.

A continuación, vamos a realizar un análisis somero de las condiciones de vida en las diferentes Comunidades. Para ello utilizaremos la renta por hogar y la tasa de riesgo de pobreza por Comunidad Autónoma.

Respecto a la renta media por hogar podemos observar (tabla 5.8) que desde el año 2010 ha tenido una tendencia decreciente en las Comunidades analizadas, con una renta media mayor para Madrid y Cataluña frente a Castilla y León. Se destaca también que en el caso de Castilla y León la renta por

<sup>45</sup> Debido a la forma en la que se mide la tasa de paro, existen situaciones como la de Castilla y León en la que se puede no generar empleo y reducirse la tasa de paro, vía reducción de la población.

<sup>46</sup> Entre paréntesis se muestra el porcentaje de territorio frente al total de España.

hogar es menor a la media nacional. Esto no ocurre ni en Cataluña ni en Madrid.

**TABLA 5.8: Renta media por hogar por comunidades autónomas**

|                            | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Castilla y León</b>     | 27.248 | 26.509 | 26.377 | 25.717 | 24.587 | 24.838 | 25.255 | 26.113 |
| <b>Cataluña</b>            | 33.297 | 31.201 | 30.885 | 30.423 | 30.407 | 30.655 | 31.339 | 31.411 |
| <b>Comunidad de Madrid</b> | 35.452 | 34.529 | 33.917 | 32.632 | 31.587 | 31.243 | 31.370 | 32.451 |
| <b>Total nacional</b>      | 29.634 | 28.206 | 27.747 | 26.775 | 26.154 | 26.092 | 26.730 | 27.558 |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.

En el caso de la tasa de riesgo de pobreza, que se recoge en la tabla 5.9, Castilla y León tiene un valor mayor que Madrid o Cataluña, pero se sitúa por debajo de la media nacional. A excepción del año 2014, la tendencia ha sido decreciente en Castilla y León mientras que en las otras dos Comunidades ha sido creciente, un dato que podríamos denominar peligroso y que ensalza la labor de Castilla y León. A nivel nacional, la tendencia ha sido también creciente, lo que parece preocupante y debería ser un incentivo para tomar medidas a fin de mejorar la tasa.

Como es previsible pensar tras el análisis que hemos realizado es que no hay comparación entre las tres Comunidades, o al menos entre Cataluña-Madrid y Castilla y León. Aquí es donde vamos a ver que sí existe una relación, y muy necesaria para la economía y desarrollo de las Comunidades Autónomas que hemos analizado.

**TABLA 5.9: Tasa de riesgo de pobreza por comunidades autónomas<sup>47</sup>**

|                            | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Castilla y León</b>     | 19,5 | 17,6 | 15,9 | 17,5 | 20,4 | 18,3 | 17,7 | 15,4 |
| <b>Cataluña</b>            | 14,7 | 14,2 | 15,8 | 13,9 | 15,8 | 13,9 | 13,2 | 15   |
| <b>Comunidad de Madrid</b> | 14,4 | 14   | 14,2 | 13,4 | 14,7 | 15,1 | 18,2 | 16,9 |
| <b>Total nacional</b>      | 20,7 | 20,6 | 20,8 | 20,4 | 22,2 | 22,1 | 22,3 | 21,6 |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.

A partir de todo lo expuesto en este apartado, podemos obtener algunas conclusiones en materia de integración territorial:

- La línea de alta velocidad que conecta Madrid y Valladolid posee un volumen de pasajeros muy elevado, lo que permite a personas que viven en Valladolid compatibilizar vivir en Valladolid y trabajar en Madrid.
- El volumen de pasajeros del aeropuerto de Valladolid que tienen su destino en Barcelona es muy alto, lo que permite la conexión de ambas Comunidades.
- El volumen de pasajeros que se transportan en tren entre Barcelona y Madrid nutre a ambas ciudades.

Por último, en cuanto a la eficiencia en la asignación de los recursos en infraestructuras, la Comisión de los Mercados y de la Competencia<sup>48</sup> estimaba que en 2015 el volumen de inversión pública contratada por el Estado ascendía a 194 mil millones de euros. Sin embargo, estos concursos públicos suponían un sobrecoste al pactado al inicio del proyecto del 4.5% del PIB en aquel año. Se señala como la sociedad no está concienciada con estas situaciones y critican lo negativo que puede ser para nuestra sociedad, son recursos que no se utilizan en otras partidas como sanidad o educación.

Uno de los pilares que defienden es que España no posee instrumentos eficaces para la evaluación de inversiones en infraestructuras. La inversión no

<sup>47</sup> Los valores que se presentan se expresan en porcentaje.

<sup>48</sup> Brandis, D., et al (2018).

se prioriza con criterios objetivos y transparentes y tampoco se dispone de indicadores. Para ello se propone poder contar con órganos independientes responsables de hacer las tareas administrativas y burocráticas en el ámbito de la evaluación de proyectos de inversión.

## **6.- PRUEBA DE COINTEGRACIÓN**

En este apartado vamos a realizar un análisis de cointegración. Analizaremos si existe o no cointegración entre las variables PIB per cápita y Formación Bruta de Capital, las dos variables más relevantes a lo largo del trabajo.

El objetivo de este apartado es ver si podemos realizar una regresión que no sea espuria entre las variables. La regresión es la siguiente:

$$PIB_t = \beta_0 + \beta_1 FBC_t + \varepsilon_t$$

Donde  $PIB_t$  es el PIB per cápita,  $FBC_t$ , la Formación Bruta de Capital y  $\varepsilon_t$  una perturbación aleatoria. Los datos han sido extraídos del Instituto Nacional de Estadística, realizándose el análisis para los años 1980-2015.

El concepto de cointegración se puede analizar desde el punto de vista económico y desde el punto de vista econométrico<sup>49</sup>.

Desde el punto de vista económico, se dice que dos o más series están cointegradas si las mismas se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo y las diferencias entre ellas son estacionarias. La cointegración refleja la presencia de un equilibrio a largo plazo hacia el cual converge.

Desde el punto de vista econométrico, dos o más series de tiempo que son no estacionarias, están cointegradas si existe una combinación lineal de esas series que sea estacionaria.

El modelo que vamos a utilizar para analizar la cointegración entre las variables es el propuesto por Engle y Granger de 1987<sup>50</sup>.

Para poder aplicar el método de Engle y Granger se debe demostrar que las variables son integradas del mismo orden.

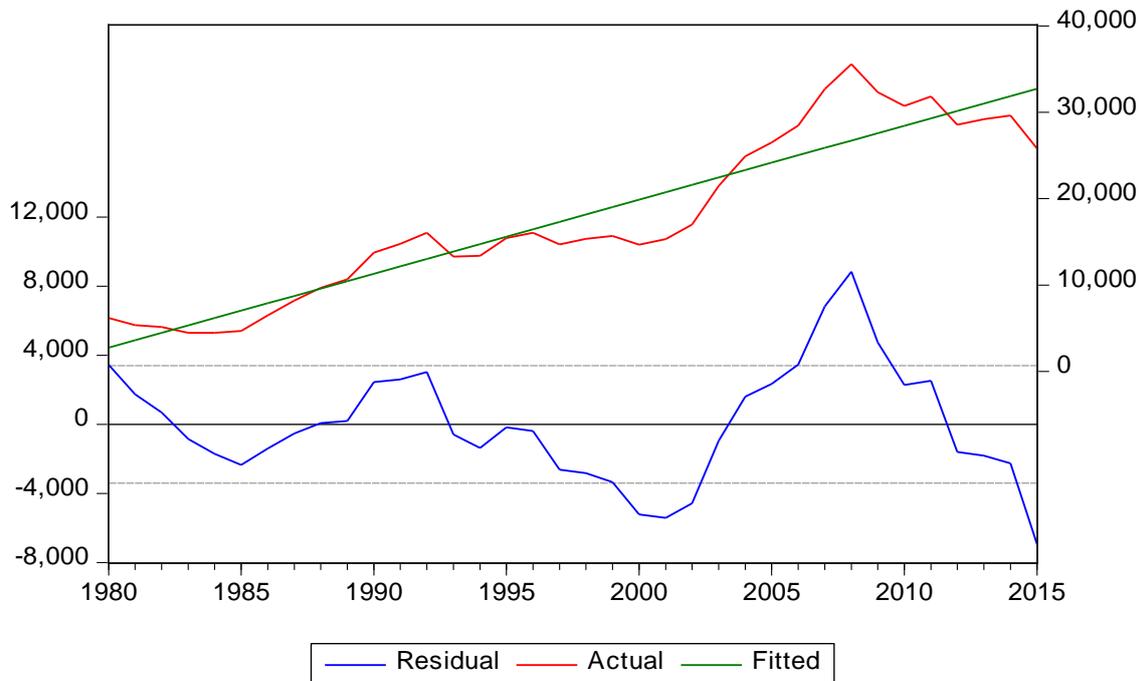
---

<sup>49</sup> Davidson, R., Mackinnon, J.G. (1993).

<sup>50</sup> C. W. J. Granger, J. J. Hallman, R. F. Engle (1989)

Comenzamos el análisis con el PIB per cápita. Esta variable destacamos que tiene tendencia determinista (media no constante) y estocástica (varianza no constante).

**GRÁFICO 6.1: Valores actuales, ajustados y residuales de la variable PIB per cápita**



Otra de las características de esta serie es que sigue un esquema autorregresivo de primer orden o AR (1).

Tras saber que la serie tiene tendencia estocástica, determinista y sigue un esquema AR (1), se realiza el test de Dickey-Fuller o de raíz unitaria para analizar la estacionariedad de la serie. Al realizar el test, para un nivel de significación del 5%, aceptamos la hipótesis nula y por lo tanto el PIB per cápita presenta una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, es no estacionario.

El test de Dickey- Fuller lo que nos muestra es que si la serie realmente es un AR(1), bajo la hipótesis nula, no guarda correlación serial:

$$Y_t = \alpha + \beta Y_{t-1} + u_t$$

Bajo la hipótesis nula posee una Raíz Unitaria, es decir,  $\beta = 1$ .

$$Y_t = \alpha + Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha + u_t$$

Donde  $u_t$  es un ruido blanco.

Entonces, en el modelo transformado donde se hace el contraste no debe haber autocorrelación. Si por el contrario se detecta autocorrelación, debemos introducir la dinámica necesaria para eliminarla. Como la variable dependiente del modelo es la primera diferencia de la serie, se introducen retardos de las primeras diferencias. La prueba que se hace se conoce con el nombre de test “ampliado” o “aumentado” de Dickey y Fuller.

Por lo tanto, el contraste se hace en un modelo como:

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \varphi_1 \Delta Y_{t-1} + \varphi_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + \varphi_p \Delta Y_{t-p} + u_t$$

Si hubiésemos partido de un modelo con tendencia determinista, en éste también aparecería.

El razonamiento que subyace en el test ampliado es el siguiente: si la serie realmente fuera un proceso AR(1), en el modelo transformado no habría autocorrelación. Si se detecta autocorrelación, la serie puede ser un AR(p), luego introducimos “p” retardos de la variable dependiente para que desaparezca la autocorrelación.

La decisión del número de retardos a incluir es complicada. Si no incluimos los suficientes, el contraste no es válido. Si incluimos más de los necesarios, la potencia muestral del test disminuye.

Para detectar la autocorrelación, se utiliza la “d” de Durbin Watson, ya que se ha comprobado que es muy buen indicador en este contraste. Para contrastar la significación individual del último retardo introducido, se realiza un contraste convencional de la t de Student, porque paradójicamente sí es válido.

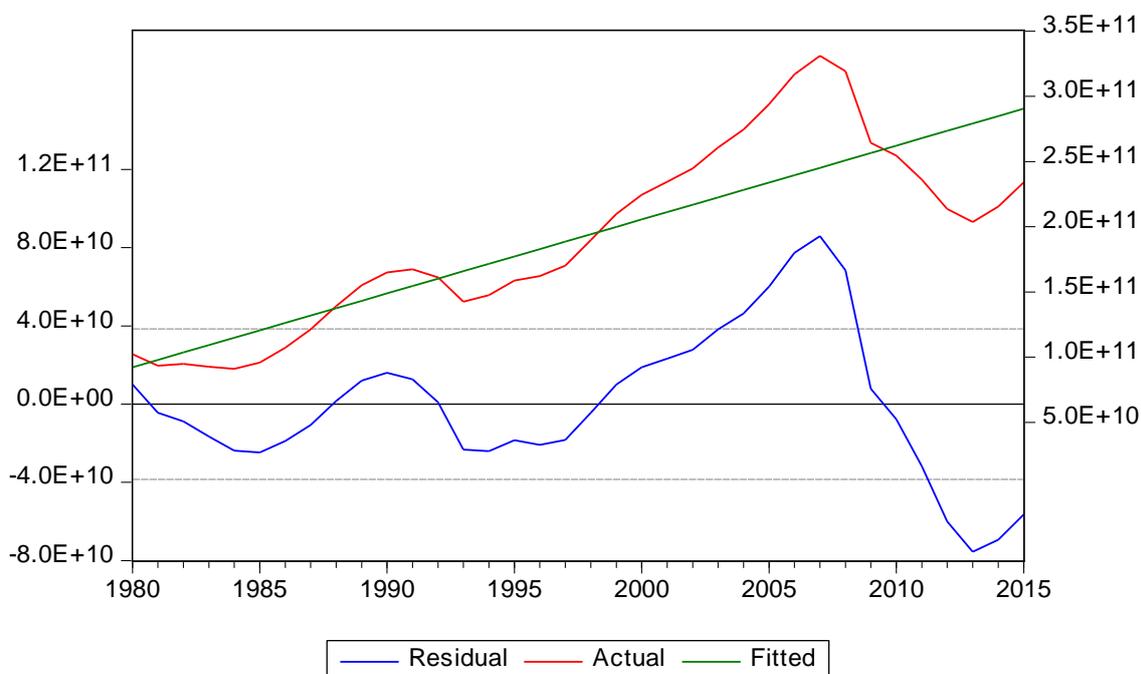
Sin embargo, el contraste convencional de la t de Student no es válido para contrastar la significación de la tendencia determinista; de nuevo en este caso, para hacer ese contraste, habría que utilizar unas tablas especiales (no las de la t de Student), aunque en general lo que se suele hacer es un análisis gráfico de la serie.

En definitiva, intentamos hacer el contraste en un modelo transformado que tenga el menor número posible de retardos de la primera diferencia necesarios para que no haya autocorrelación.

Podemos decir también que en el análisis de las primeras diferencias del PIB per cápita, es una variable que no presenta raíz unitaria, es decir, es estacionaria.

Si realizamos el estudio de la tendencia en la Formación Bruta de Capital se pueden observar unas características comunes a la de la serie del PIB per cápita.

**GRÁFICO 6.2: Valores actuales, ajustados y residuales de la variable Formación Bruta de Capital**



Se observa que la serie presenta tendencia determinista (media no constante) y tendencia estocástica (varianza no constante). Además, si analizamos los correlogramas de la variable, destaca la presencia de un esquema autorregresivo de primer orden.

El test de Dickey-Fuller<sup>51</sup>, señala que la serie presenta una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, es no estacionaria. Como sucedía en el caso anterior, la

<sup>51</sup> Ashley, R. (2012)

primera diferencia de la serie no presenta raíz unitaria, por lo que podemos decir que es estacionaria.

Como se demuestra en el anexo 2, el PIB y la Formación Bruta de Capital son series integradas de orden 1 y su primera diferencia integrada de un orden menor, es decir, cero.

Analizadas las características de las series, realizamos la prueba de cointegración que propusieron Engle y Granger para ver si podemos realizar una regresión con ambas variables que no sea espuria.

Lo primero que hay que realizar para el estudio de la cointegración es la regresión del PIB per cápita frente a la Formación Bruta de Capital y la tendencia (T). Destacar que esta será la regresión que más adelante diremos si es espuria o no, es la que nos dará la relación de equilibrio a largo plazo entre el PIB y la formación bruta de capital.

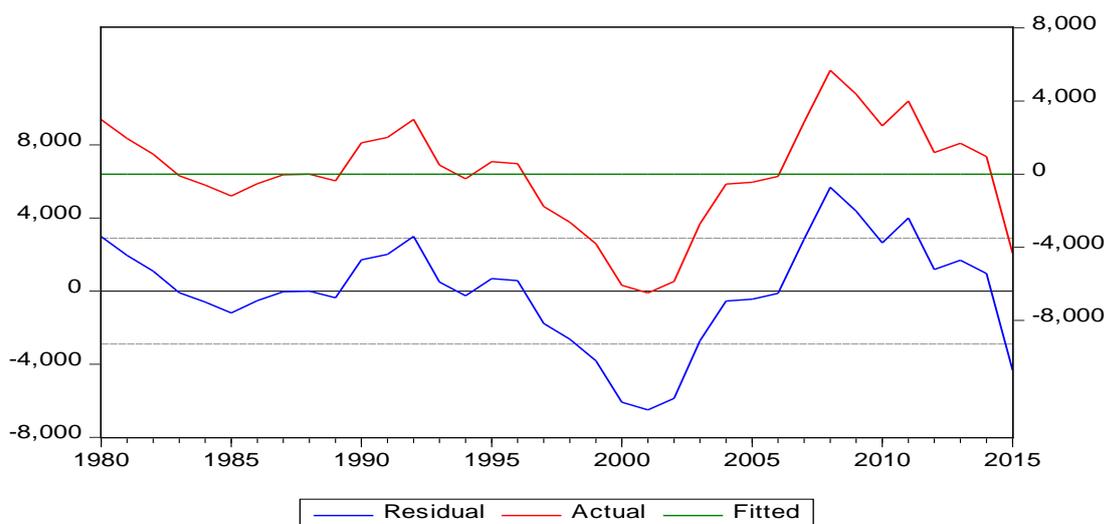
Como propusimos al inicio del apartado, la regresión que vamos a analizar es la siguiente:

$$PIB_t = \beta_0 + \beta_1 FBC_t + \varepsilon_t$$

Esta regresión por ahora solo la utilizaremos para crear la secuencia de residuos. Una vez tengamos los residuos, les realizaremos a estos la prueba de estacionariedad que hemos realizado ya con el PIB y la Formación Bruta de Capital.

Observamos como los residuos no tienen tendencia determinista. En realidad, no pueden tenerla ya que los residuos de Mínimos Cuadrados Ordinarios tienen media muestral y poblacional nula. Si analizamos los correlogramas, se puede predecir que los residuos siguen un esquema autorregresivo de primer orden.

**GRÁFICO 6.3: Valores actuales, ajustados y residuales de los residuos**



Tras realizar el análisis de la tendencia de los residuos, aplicamos el contraste de Dickey-Fuller a estos. Para poder sacar una conclusión con el estadístico de Dickey-Fuller, debemos comparar ese valor con los valores que propusieron Davidson y Mackinnon<sup>52</sup>. Como tenemos dos variables con tendencia estocástica el valor crítico para el test de cointegración propuesto es -3.78 para un nivel de significación del 5%.

Puesto que se cae en la zona de no rechazo, los residuos son no estacionarios. Por lo tanto, la estimación anterior es espuria. María del Carmen Guisán<sup>53</sup>, Catedrática de Econometría por la Universidad de Santiago de Compostela, explica que, son regresiones espurias las existentes entre dos variables que muestran las siguientes características: 1) No mantienen entre sí una relación causal. 2) La estimación de un modelo econométrico temporal, que relaciona a una de ellas con la otra, proporciona elevada bondad del ajuste y un valor del estadístico Durbin-Watson (DW) llamativamente bajo, muy inferior al valor 2 que correspondería a la ausencia de autocorrelación e inferior al límite inferior del test de Durbin-Watson (DW).

Por lo tanto, podemos decir que **no existe una relación de equilibrio a largo plazo** entre el PIB per cápita y la Formación Bruta de Capital en el periodo que hemos analizado.

<sup>52</sup> Davidson, R., Mackinnon, J.G. (1993)

<sup>53</sup> Guisán, M.C. (2002)

Podemos, sin embargo, analizar la relación que tienen las variables a corto plazo. Puesto que sabemos que sus primeras diferencias no tienen ninguna raíz unitaria, podemos proponer la siguiente regresión:

$$\Delta\text{PIB}_t = \beta_0 + \beta_1\Delta\text{FBC}_t + \varepsilon_t$$

Donde  $\Delta\text{PIB}_t$  es la primera diferencia del PIB per cápita<sup>54</sup>,  $\Delta\text{FBC}_t$ , la primera diferencia de la Formación Bruta de Capital<sup>55</sup> y  $\varepsilon_t$  una variable aleatoria.

Dependent Variable: D(PIB\_PC)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1981 2015

Included observations: 35 after adjustments

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 4.0000)

| Variable               | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| D(FBC_CTE)             | 6.20E-08    | 1.55E-08              | 3.989794    | 0.0003   |
| C                      | 326.0971    | 312.6649              | 1.042960    | 0.3045   |
| R-squared              | 0.245744    | Mean dependent var    |             | 559.9373 |
| Adjusted R-squared     | 0.222888    | S.D. dependent var    |             | 1996.437 |
| S.E. of regression     | 1759.938    | Akaike info criterion |             | 17.83939 |
| Sum squared resid      | 1.02E+08    | Schwarz criterion     |             | 17.92827 |
| Log likelihood         | -310.1893   | Hannan-Quinn criter.  |             | 17.87007 |
| F-statistic            | 10.75172    | Durbin-Watson stat    |             | 1.321620 |
| Prob(F-statistic)      | 0.002460    | Wald F-statistic      |             | 15.91845 |
| Prob(Wald F-statistic) | 0.000346    |                       |             |          |

La estimación resultante nos muestra que la Formación Bruta de Capital es muy significativa, aunque parece lógico decir que queda mucha información por introducir para explicar de manera correcta el PIB. En su forma más básica podemos decir que el PIB está formado por el sector público, la inversión (formación bruta de capital), el consumo y el saldo exterior (importaciones y exportaciones). Así mismo, podemos afirmar que el modelo que hemos propuesto es homoscedástico y normal.

<sup>54</sup>  $\Delta\text{PIB}_t = \text{PIB}_t - \text{PIB}_{t-1}$

<sup>55</sup>  $\Delta\text{FBC}_t = \text{FBC}_t - \text{FBC}_{t-1}$

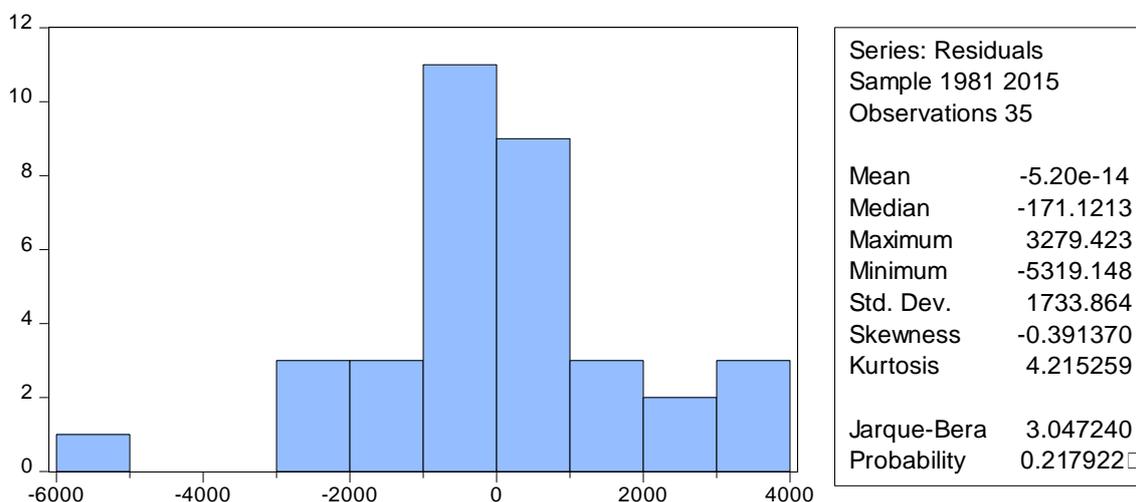
Respecto al test de normalidad, realizamos el contraste de Jarque-Bera que contrasta:

$H_0 = \text{Normalidad}$

$H_A = \text{No Normalidad}$

Ya que el p-valor es de 0.21, mayor al nivel de significación del 5%, aceptamos la hipótesis nula y por lo tanto la perturbación del modelo se distribuye como una normal.

Además, podemos comentar que el coeficiente de asimetría es cercano a cero (-0.39) lo que es un buen valor, así como el coeficiente de curtosis (4.21) que no se aleja mucho de tres, que sería lo ideal.



Otro contraste que hemos realizado es el de White para heteroscedasticidad. Se contrasta:

$H_0 = \text{Homoscedasticidad}$

$H_A = \text{Heteroscedasticidad}$

Se acepta la hipótesis nula ya que el p-valor es de 0.74, mayor al nivel de significación del 5%. Por lo tanto, el modelo es homoscedástico.

Heteroskedasticity Test: White

|                     |          |                     |        |
|---------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic         | 0.272433 | Prob. F(2,32)       | 0.7633 |
| Obs*R-squared       | 0.585971 | Prob. Chi-Square(2) | 0.7460 |
| Scaled explained SS | 0.837440 | Prob. Chi-Square(2) | 0.6579 |

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Sample: 1981 2015  
 Included observations: 35  
 HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed  
 bandwidth = 4.0000)

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 2522809.    | 919341.0              | 2.744149    | 0.0099   |
| D(FBC_CTE)^2       | 7.73E-16    | 2.21E-15              | 0.349970    | 0.7287   |
| D(FBC_CTE)         | 5.18E-05    | 8.31E-05              | 0.623309    | 0.5375   |
| R-squared          | 0.016742    | Mean dependent var    |             | 2920389. |
| Adjusted R-squared | -0.044712   | S.D. dependent var    |             | 5313043. |
| S.E. of regression | 5430521.    | Akaike info criterion |             | 33.93478 |
| Sum squared resid  | 9.44E+14    | Schwarz criterion     |             | 34.06810 |
| Log likelihood     | -590.8587   | Hannan-Quinn criter.  |             | 33.98081 |
| F-statistic        | 0.272433    | Durbin-Watson stat    |             | 1.362933 |
| Prob(F-statistic)  | 0.763273    |                       |             |          |

Podemos concluir que no existe un equilibrio a largo plazo entre las variables PIB y FBC, pero sí que existe a corto plazo. Además, el modelo final que hemos propuesto es normal y homoscedástico sabiendo que hemos estimado por Mínimos Cuadrados Ordinarios de manera robusta, con la matriz de Newey-West para autocorrelación. Sería, casi con seguridad, posible conseguir un modelo mejor al propuesto introduciendo mayor información o alguna variable relevante, lo que es lógico, ya que el PIB no solo es explicado por la inversión, sino que depende entre otras variables del gasto público, consumo, importaciones o exportaciones.

## **7.- CONCLUSIONES**

Las conclusiones derivadas del trabajo son múltiples y se exponen a continuación.

Como se ha estudiado en el primer apartado, un aumento de la inversión en infraestructura, a través del modelo de Solow y Swan, provoca crecimiento económico, aunque ese efecto quede solo para el corto plazo, ya que el modelo predice que no existe crecimiento a largo plazo.

En el segundo apartado se ha analizado la evolución de la inversión en infraestructura y se ha concluido a través de diferentes análisis cómo esa inversión se puede considerar eficiente.

Otro aspecto que se ha estudiado ha sido que la infraestructura terrestre en España es un elemento que integra territorialmente las diferentes Comunidades, aspecto analizado en el apartado destinado a la comparación de las Comunidades Autónomas.

En la sección cuarta, tras considerar la situación actual de la infraestructura de transporte, se han comparado las diferentes Comunidades que hemos escogido. Unas de las conclusiones más importantes que se han derivado de este apartado es que, aunque parece que las tres Comunidades no son comparables, se ha visto como unas y otras son dependientes entre si y que es la desarrollada infraestructura que existe (como el caso del AVE en Valladolid) la que permite integrar el territorio. Además, destaca como Barcelona y Madrid son ciudades de referencia en infraestructura de transporte a nivel nacional e internacional (en el caso de los aeropuertos y el puerto para Barcelona). En el caso de Valladolid, se puede sopesar que existe una sobreinversión debido a la gran red de infraestructura que posee y la población que debe satisfacer.

Por último, la prueba de Engle y Granger corrobora que existe una relación a corto plazo entre la inversión en infraestructura y el PIB per cápita.

Por lo tanto, la curiosidad y motivación del trabajo, expuestas en la introducción, han quedado satisfechas, debido a que a lo largo del estudio hemos podido conocer como la inversión en infraestructura tiene una relación importante con el PIB, y que se ratifica con el ejercicio econométrico realizado



## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Ashley, R. (2012): *Fundamentals of applied econometrics*. Hoboken
- [2] Brandis, D., Delgado Viñas, C., García Rodríguez, J. L., Gómez Moreno, M. L., Romero, J., Olcina, J., Rullán, O., Vera-Rebollo, J. F., Vicente Rufí, J. (2018). Aproximación a la Geografía del despilfarro en España: balance de las últimas dos décadas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 77, págs. 1–51.
- [3] Bellod, J.F. (2015): “Plan e: La estrategia keynesiana frente a la crisis en España”, *Revista de Economía Crítica*, págs. 4-22.
- [4] Beltran, M. (1994): “Política y administración bajo el franquismo: la reforma administrativa y los planes de desarrollo”, *Centro de Estudios Avanzados en Ciencias Sociales*.
- [5] Junta de Castilla y León. (2008): “Plan regional sectorial de carreteras 2008-2020”, *Consejería de Fomento y Medio Ambiente de Castilla y León*
- [6] C. W. J. Granger, J. J. Hallman, R. F. Engle (1989): *Merging short-and long-run forecasts: An application of seasonal cointegration to monthly electricity sales forecasting*. *Journal of Econometrics*.
- [7] Comisión de concesiones y servicios (2013): “La inversión en infraestructuras públicas en España. Propuesta de mejora del marco legal y la práctica de la contratación pública en materia de concesiones y colaboración público-privada”, *Confederación Española de Organizaciones Empresariales*.
- [8] Davidson, R., Mackinnon, J.G. (1993): *Estimation and Inference in Econometrics*. Oxford University Press, New York.
- [9] De las Rivas, J.L., Pastor, L.J., Peiret i Carrera, A., Santos y Ganges, L. (2002): “Desarrollo territorial e infraestructuras de transporte en Castilla y León”, *Consejo Económico y Social de Castilla y León sobre el Desarrollo territorial e infraestructuras de transporte en Castilla y León*, págs. 117-132.
- [10] España. Ley 3/1991, de 7 de marzo, de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Boletín Oficial del Estado, 28 de mayo de 1991, núm. 127.

- [11] España. Decreto Legislativo 2/2009, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de carreteras. Boletín Oficial del Estado, 28 de mayo de 1991, núm. 127.
- [12] España. Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras. Boletín Oficial del Estado, 30 de septiembre de 2015, núm. 234.
- [13] Graddy, K., Krugman, P., Wells, R. (2013): *Fundamentos de Economía*. Editorial Reverté, Barcelona.
- [14] Guisán, M.C. (2002): “Causalidad y Cointegración en modelos econométricos: Aplicaciones a los países de la OCDE y limitaciones de los tests de cointegración”, *Working Paper Series Economic Development*. nº 61.
- [15] Harnecker, M. (1969): *Los conceptos elementales del materialismo histórico*. Editorial Siglo XXI Editores Argentina, Buenos Aires.
- [16] Kearney, A.T. (2015): “Contribución de las infraestructuras al desarrollo económico y social de España”, *Seopan*.
- [17] Lucas, R. E. (1988): “On the Mechanics of Economic Development”, *Universidad de Chicago*.
- [18] Marshall, A. (1890): *Principles of Economics*. Editorial Great Mind Series, Londres.
- [19] Mas, M., Pérez F., Uriel, E. (2015): “Capital Público en España. Evolución y distribución territorial (1900-2012)”, *Fundación BBVA*.
- [20] Martín-Guzmán, P., Toledo, I., López, F.J. y Bellido, N. (2006): *Manual de estadística descriptiva*. Editorial Thomson, Navarra.
- [21] Ramey, V.A. (2009): “Identifying Government spending shocks: it’s all in the timing”, *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, vol. 126, págs. 1-50.
- [22] Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*, Vigésima Tercera Edición, Madrid.
- [23] Romer, P. M. (1994). “The Origins of Endogenous Growth”. *The Journal of Economic Perspectives*.

- [24] Ros, J. (2012): “La Teoría General de Keynes y la macroeconomía moderna”, *Revista Investigación Económica*, vol. LXXI, págs. 19-37.
- [25] Rosado, S. (1988): “La instrucción para promover y ejecutar las obras públicas de 10 de octubre de 1845”, *Anuario de Historia del derecho español*.
- [26] Sala i Martín, X. (2000): *Apuntes de crecimiento económico*, Editorial Bosch, Barcelona.
- [27] World Economic Forum (2016): *The Global Competitiveness Report 2016–2017*.
- [28] Servicio de Estadística (2018): “Estadísticas de tráfico del Port de Barcelona. Datos acumulados diciembre 2018”, *Ayuntamiento de Barcelona*.
- [29] Shumpeter, J. A. (1947): “Theoretical Problems of Economic Growth”, *The Journal of Economic History*, Vol. 7.
- [30] Smith, A. (1776): *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Editorial William Strahan, Londres.

## **ENLACES WEB**

[1] AENA (2019): Disponible en:

<http://www.aena.es/es/pasajeros/red-aeropuertos.html>

[2] Banco Mundial (2019): Disponible en:

<https://datos.bancomundial.org/>

[3] Eurostat (2019): Disponible en:

<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

[4] Ministerio de Fomento (2019): Disponible en:

[https://www.fomento.gob.es/transporte\\_terrestre](https://www.fomento.gob.es/transporte_terrestre)

[5] Observatorio del Ferrocarril (2019): Disponible en:

<https://www.fomento.gob.es/ferrocarriles/observatorios/observatorio-del-ferrocarril-en-espana>

[6] Observatorio del Transporte y Logística de España (2019): Disponible en:

[http://observatoriotransporte.fomento.es/OTLE/LANG\\_CASTELLANO/TRNSIN DICA/](http://observatoriotransporte.fomento.es/OTLE/LANG_CASTELLANO/TRNSIN DICA/)

[7] Organismo Público de Puertos del Estado (2019): Disponible en:

<http://www.puertos.es/es-es/Paginas/default.aspx>

[8] Renfe Operadora (2019): Disponible en:

<http://www.renfe.com/empresa/index.html>

## ANEXOS

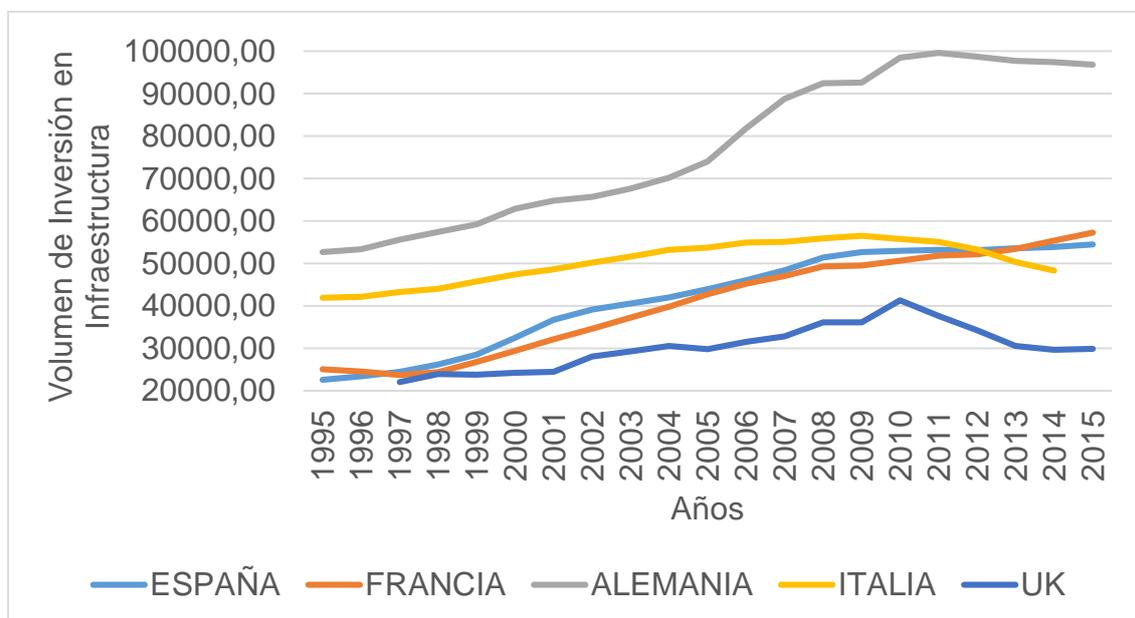
### ANEXOS 1: TABLAS Y GRÁFICOS

**TABLA A1: Datos necesarios para el análisis de convergencia**

|                       | Tasa de<br>crecimiento<br>(1970-2017) | Ln PIB_1970 |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------|
| <b>Germany</b>        | 1,0595594                             | 7,91961788  |
| <b>Denmark</b>        | 1,05968727                            | 8,15031119  |
| <b>Spain</b>          | 1,06827471                            | 7,09754609  |
| <b>France</b>         | 1,055184555                           | 7,95612793  |
| <b>United Kingdom</b> | 1,06065283                            | 7,76112509  |
| <b>Portugal</b>       | 1,067587797                           | 6,83966269  |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

**GRÁFICO A1: Evolución de la inversión en infraestructuras en diferentes países europeos**



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Ameco.

**TABLA A2: Toneladas de mercancías transportadas por los puertos españoles por tipo de mercancía**

| <b>Año</b>  | <b>Tráf. total</b> | <b>Graneles líquidos</b> | <b>Graneles sólidos</b> | <b>Mercancía general</b> | <b>Resto</b> |
|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>2004</b> | 410,3              | 138,4                    | 105,5                   | 153,2                    | 13,1         |
| <b>2005</b> | 442,0              | 147,0                    | 114,1                   | 167,1                    | 13,8         |
| <b>2006</b> | 462,2              | 148,8                    | 113,5                   | 185,0                    | 14,9         |
| <b>2007</b> | 483,1              | 150,4                    | 116,9                   | 200,7                    | 15,2         |
| <b>2008</b> | 473,8              | 154,0                    | 101,4                   | 203,7                    | 14,8         |
| <b>2009</b> | 413,0              | 143,5                    | 79,1                    | 176,6                    | 13,8         |
| <b>2010</b> | 432,5              | 149,2                    | 78,7                    | 190,8                    | 13,8         |
| <b>2011</b> | 458,0              | 150,7                    | 79,3                    | 213,7                    | 14,3         |
| <b>2012</b> | 475,2              | 153,4                    | 88,6                    | 219,1                    | 14,1         |
| <b>2013</b> | 458,9              | 152,0                    | 80,3                    | 213,4                    | 13,3         |
| <b>2014</b> | 482,1              | 160,7                    | 89,6                    | 217,8                    | 14,0         |
| <b>2015</b> | 502,4              | 168,1                    | 96,0                    | 224,4                    | 14,0         |
| <b>2016</b> | 509,5              | 167,6                    | 92,0                    | 236,0                    | 13,9         |
| <b>2017</b> | 545,2              | 178,2                    | 101,4                   | 252,5                    | 13,1         |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

**TABLA A3: Peso de los cinco principales puertos españoles en número de pasajeros respecto al volumen total de pasajeros transportados**

|                  | <b>2007</b> | <b>2008</b> | <b>2009</b> | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Algeciras</b> | 19,8        | 19,3        | 19,1        | 17,9        | 16,2        | 17,8        | 17,9        | 18,2        | 17,7        | 17,2        |
| <b>Baleares</b>  | 22,0        | 20,6        | 20,0        | 20,6        | 20,6        | 19,1        | 20,2        | 22,0        | 22,7        | 23,9        |
| <b>Barcelona</b> | 10,9        | 12,3        | 12,6        | 13,0        | 14,0        | 12,7        | 12,6        | 11,8        | 11,9        | 12,1        |
| <b>Ceuta</b>     | 9,9         | 9,4         | 8,5         | 7,3         | 6,8         | 7,0         | 6,5         | 6,6         | 6,3         | 5,9         |
| <b>Tenerife</b>  | 18,8        | 17,6        | 17,1        | 17,6        | 18,0        | 17,1        | 17,9        | 17,0        | 16,6        | 16,4        |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

**TABLA A4: Miles de pasajeros anuales en los puertos españoles**

|                            | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>A Coruña</b>            | 50    | 65    | 54    | 71    | 129   | 141   | 157   | 130   | 140   | 127   |
| <b>Alicante</b>            | 370   | 350   | 324   | 308   | 334   | 297   | 244   | 222   | 266   | 257   |
| <b>Almería</b>             | 1.115 | 1.163 | 1.183 | 995   | 927   | 725   | 691   | 651   | 698   | 827   |
| <b>Avilés</b>              | –     | –     | –     | –     | –     | 2     | 1     | 1     | 2     | 3     |
| <b>Bahía de Algeciras</b>  | 5.225 | 5.066 | 4.848 | 4.730 | 4.446 | 4.794 | 5.174 | 5.360 | 5.527 | 5.618 |
| <b>Bahía de Cádiz</b>      | 222   | 254   | 259   | 356   | 398   | 358   | 398   | 402   | 433   | 406   |
| <b>Baleares</b>            | 5.794 | 5.416 | 5.081 | 5.458 | 5.646 | 5.158 | 5.822 | 6.469 | 7.058 | 7.782 |
| <b>Barcelona</b>           | 2.880 | 3.237 | 3.202 | 3.444 | 3.835 | 3.423 | 3.628 | 3.460 | 3.708 | 3.959 |
| <b>Bilbao</b>              | 173   | 180   | 166   | 165   | 152   | 143   | 142   | 161   | 166   | 191   |
| <b>Cartagena</b>           | 40    | 35    | 68    | 104   | 88    | 84    | 134   | 138   | 151   | 188   |
| <b>Castellón</b>           | –     | –     | –     | 1     | 1     | 1     | 2     | –     | –     | 1     |
| <b>Ceuta</b>               | 2.604 | 2.480 | 2.153 | 1.927 | 1.863 | 1.893 | 1.883 | 1.962 | 1.987 | 1.943 |
| <b>Ferrol-San Cibrao</b>   | 3     | 4     | 2     | 1     | 9     | 7     | 11    | 39    | 22    | 20    |
| <b>Gijón</b>               | 2     | 6     | 5     | 11    | 57    | 61    | 67    | 67    | 16    | 33    |
| <b>Huelva</b>              | 1     | 14    | 1     | –     | 30    | 34    | 32    | 34    | 37    | 57    |
| <b>Las Palmas</b>          | 908   | 1.276 | 1.405 | 1.534 | 1.677 | 1.941 | 2.216 | 2.290 | 2.538 | 2.391 |
| <b>Málaga</b>              | 612   | 643   | 791   | 985   | 942   | 901   | 663   | 622   | 681   | 723   |
| <b>Melilla</b>             | 519   | 537   | 591   | 633   | 643   | 811   | 784   | 772   | 844   | 890   |
| <b>Motril</b>              | 5     | 3     | 3     | 2     | 76    | 289   | 355   | 446   | 430   | 414   |
| <b>Pasaia</b>              | –     | –     | –     | –     | –     | 1     | –     | 1     | 1     | 1     |
| <b>Sta. C. de Tenerife</b> | 4.954 | 4.627 | 4.347 | 4.654 | 4.930 | 4.597 | 5.173 | 4.993 | 5.169 | 5.331 |
| <b>Santander</b>           | 161   | 170   | 165   | 247   | 219   | 194   | 210   | 224   | 218   | 219   |
| <b>Sevilla</b>             | 16    | 18    | 21    | 12    | 16    | 16    | 20    | 16    | 18    | 21    |
| <b>Tarragona</b>           | 5     | 3     | 2     | 3     | 1     | –     | 1     | 2     | 12    | 13    |
| <b>Valencia</b>            | 475   | 436   | 432   | 504   | 716   | 779   | 821   | 692   | 745   | 910   |
| <b>Vigo</b>                | 150   | 216   | 223   | 234   | 254   | 240   | 172   | 176   | 205   | 169   |
| <b>Vilagarcía</b>          | 5     | 5     | 4     | 4     | 3     | 2     | 2     | 1     | 1     | 1     |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos del Organismo Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento.

**TABLA A5: Miles de viajeros anuales transportados en ferrocarril en España**

| <b>Periodo</b> | <b>Cercanías</b> | <b>Media distancia convencional</b> | <b>Media distancia alta velocidad</b> | <b>Alta velocidad</b> | <b>Larga distancia</b> |
|----------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>1995</b>    | 328.651          | 21.390                              | 1.100                                 | 14.362                | 12.304                 |
| <b>1996</b>    | 339.892          | 22.324                              | 1.200                                 | 14.478                | 11.797                 |
| <b>1997</b>    | 354.357          | 23.945                              | 1.277                                 | 15.644                | 11.470                 |
| <b>1998</b>    | 366.653          | 24.369                              | 1.309                                 | 17.140                | 11.381                 |
| <b>1999</b>    | 375.038          | 24.818                              | 1.344                                 | 17.717                | 11.709                 |
| <b>2000</b>    | 392.847          | 25.745                              | 1.412                                 | 17.815                | 10.900                 |
| <b>2001</b>    | 420.950          | 26.234                              | 1.505                                 | 18.111                | 10.248                 |
| <b>2002</b>    | 438.773          | 26.320                              | 1.503                                 | 18.030                | 10.296                 |
| <b>2003</b>    | 446.048          | 26.778                              | 1.534                                 | 17.285                | 11.342                 |
| <b>2004</b>    | 439.746          | 26.082                              | 1.475                                 | 17.144                | 11.847                 |
| <b>2005</b>    | 458.091          | 27.585                              | 2.064                                 | 17.707                | 11.795                 |
| <b>2006</b>    | 477.745          | 28.709                              | 3.289                                 | 4.878                 | 13.037                 |
| <b>2007</b>    | 467.213          | 28.197                              | 3.576                                 | 5.559                 | 13.354                 |
| <b>2008</b>    | 453.635          | 28.443                              | 4.842                                 | 11.461                |                        |
| <b>2009</b>    | 420.531          | 27.054                              | 5.652                                 | 11.250                |                        |
| <b>2010</b>    | 408.887          | 26.032                              | 5.900                                 | 10.851                |                        |
| <b>2011</b>    | 421.149          | 26.866                              | 6.070                                 | 12.536                |                        |
| <b>2012</b>    | 417.881          | 25.872                              | 6.044                                 | 12.101                |                        |
| <b>2013</b>    | 409.670          | 24.264                              | 6.526                                 | 14.697                |                        |
| <b>2014</b>    | 405.321          | 23.713                              | 6.251                                 | 17.967                |                        |
| <b>2015</b>    | 403.748          | 23.946                              | 6.699                                 | 19.428                |                        |
| <b>2016</b>    | 408.910          | 23.319                              | 7.309                                 | 20.352                |                        |
| <b>2017</b>    | 423.650          | 23.674                              | 7.653                                 | 21.108                |                        |
| <b>2018</b>    | 440.583          | 24.215                              | 8.654                                 | 21.332                |                        |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

**TABLA A6: Millones de viajeros por km en el transporte ferroviario en España**

| <b>Periodo</b> | <b>Cercanías</b> | <b>Media distancia convencional</b> | <b>Media distancia alta velocidad</b> | <b>Alta velocidad</b> | <b>Larga distancia</b> |
|----------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>2018</b>    | 8.318            | 2.279                               | 1.027                                 | 10.289                | 5.017                  |
| <b>2017</b>    | 8.048            | 2.258                               | 917                                   | 10.267                | 4.570                  |
| <b>2016</b>    | 7.799            | 2.211                               | 877                                   | 9.632                 | 4.772                  |
| <b>2015</b>    | 7.715            | 2.292                               | 797                                   | 9.230                 | 4.791                  |
| <b>2014</b>    | 7.710            | 2.296                               | 746                                   | 8.038                 | 4.964                  |
| <b>2013</b>    | 7.467            | 2.351                               | 801                                   | 7.095                 | 4.847                  |
| <b>2012</b>    | 7.614            | 2.527                               | 762                                   | 5.793                 | 4.623                  |
| <b>2011</b>    | 7.689            | 2.665                               | 769                                   | 5.846                 | 4.616                  |
| <b>2010</b>    | 7.448            | 2.542                               | 754                                   | 5.171                 | 5.252                  |
| <b>2009</b>    | 7.731            | 2.659                               | 717                                   | 5.260                 | 5.528                  |
| <b>2008</b>    | 8.364            | 2.831                               | 595                                   | 4.888                 | 5.603                  |
| <b>2007</b>    | 8.468            | 2.802                               | 431                                   | 2.161                 | 6.305                  |
| <b>2006</b>    | 8.748            | 2.855                               | 410                                   | 1.884                 | 6.584                  |
| <b>2005</b>    | 8.415            | 2.746                               | 293                                   | 8.352                 |                        |
| <b>2004</b>    | 7.992            | 2.587                               | 223                                   | 8.220                 |                        |
| <b>2003</b>    | 8.049            | 2.627                               | 232                                   | 8.425                 |                        |
| <b>2002</b>    | 7.769            | 2.578                               | 226                                   | 8.908                 |                        |
| <b>2001</b>    | 7.557            | 2.574                               | 227                                   | 8.846                 |                        |
| <b>2000</b>    | 7.087            | 2.480                               | 213                                   | 8.767                 |                        |
| <b>1999</b>    | 6.831            | 2.373                               | 200                                   | 8.746                 |                        |
| <b>1998</b>    | 6.620            | 2.279                               | 192                                   | 8.383                 |                        |
| <b>1997</b>    | 6.548            | 2.208                               | 185                                   | 7.644                 |                        |
| <b>1996</b>    | 6.318            | 2.109                               | 176                                   | 7.002                 |                        |
| <b>1995</b>    | 6.133            | 2.074                               | 162                                   | 6.949                 |                        |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

**TABLA A7: Número de pasajeros transportados en ferrocarril de larga distancia en diferentes ciudades**

| Periodo     | Madrid     | Barcelona | Valladolid | León    | Palencia | Segovia |
|-------------|------------|-----------|------------|---------|----------|---------|
| <b>2004</b> | 9.592.759  | 4.066.856 | 294.476    | 228.700 | 140.000  | 147.978 |
| <b>2005</b> | 10.217.466 | 4.059.756 | 304.160    | 224.982 | 139.556  | 144.838 |
| <b>2006</b> | 10.853.757 | 4.021.114 | 308.373    | 222.607 | 136.537  | 154.187 |
| <b>2007</b> | 11.618.801 | 3.874.152 | 311.789    | 222.157 | 135.798  | 173.216 |
| <b>2008</b> | 15.646.034 | 5.778.842 | 1.086.482  | 322.737 | 171.808  | 517.372 |
| <b>2009</b> | 14.836.933 | 6.517.871 | 836.805    | 437.593 | 209.897  | 398.479 |
| <b>2010</b> | 14.995.683 | 6.338.972 | 704.281    | 426.095 | 203.692  | 335.372 |
| <b>2011</b> | 15.848.656 | 6.283.363 | 638.319    | 422.852 | 199.331  | 303.961 |
| <b>2012</b> | 15.419.077 | 6.429.100 | 591.044    | 413.643 | 203.317  | 281.450 |
| <b>2013</b> | 17.295.937 | 7.217.235 | 687.099    | 461.537 | 237.078  | 327.190 |
| <b>2014</b> | 19.042.297 | 8.912.831 | 929.252    | 570.461 | 297.942  | 442.501 |
| <b>2015</b> | 20.101.370 | 9.362.098 | 797.691    | 611.694 | 324.784  | 379.853 |
| <b>2016</b> | 21.094.175 | 9.643.367 | 640.192    | 697.777 | 319.305  | 304.853 |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Renfe Operadora. Ministerio de Fomento.

**TABLA A8: Tabla de Davidson y Mackinnon**

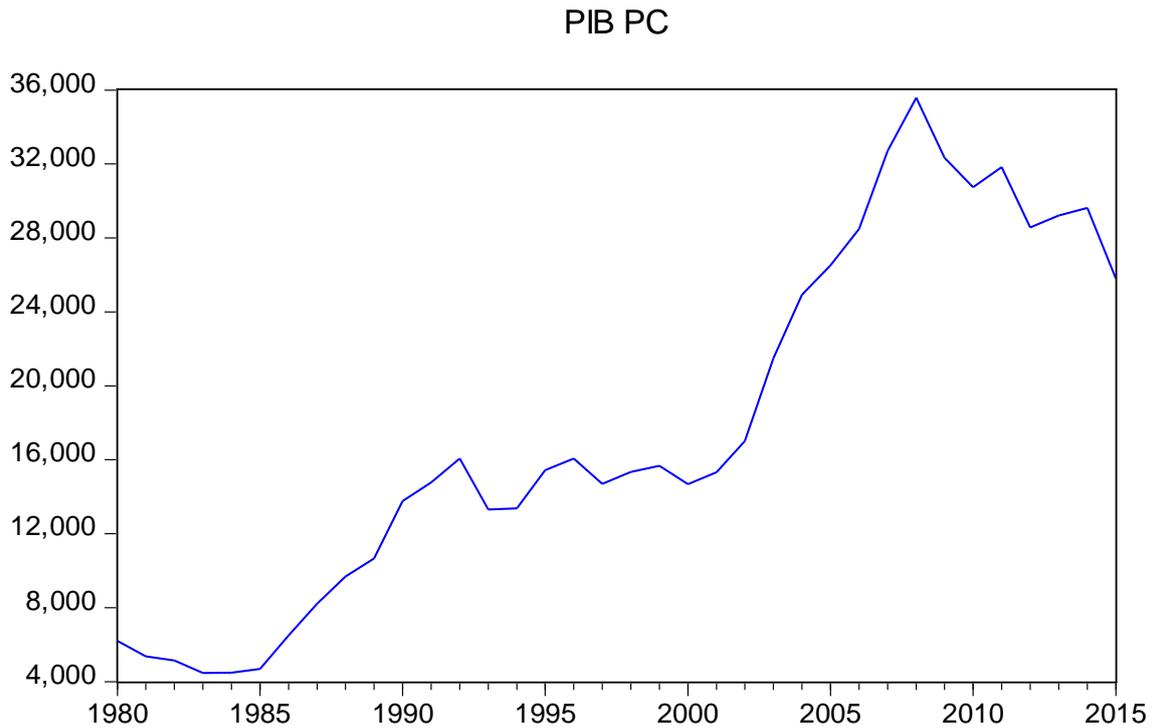
| Test Statistic | 1%    | 2.5%  | 5%    | 10%   | 97.5% |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>m = 2</b>   |       |       |       |       |       |
| $\tau_c$       | -3.90 | -3.59 | -3.34 | -3.04 | -0.30 |
| $\tau_{ct}$    | -4.32 | -4.03 | -3.78 | -3.50 | -1.03 |
| $\tau_{ctt}$   | -4.69 | -4.40 | -4.15 | -3.87 | -1.52 |
| $z_c$          | -28.3 | -23.9 | -20.6 | -17.1 | -0.7  |
| $z_{ct}$       | -35.8 | -31.1 | -27.3 | -23.4 | -3.2  |
| $z_{ctt}$      | -42.6 | -37.5 | -33.4 | -29.1 | -5.8  |
| <b>m = 3</b>   |       |       |       |       |       |
| $\tau_c$       | -4.29 | -4.00 | -3.74 | -3.45 | -0.85 |
| $\tau_{ct}$    | -4.66 | -4.37 | -4.12 | -3.84 | -1.39 |
| $\tau_{ctt}$   | -4.99 | -4.70 | -4.45 | -4.17 | -1.81 |
| $z_c$          | -35.2 | -30.4 | -26.7 | -22.7 | -2.4  |
| $z_{ct}$       | -42.0 | -36.9 | -32.8 | -28.5 | -5.0  |
| $z_{ctt}$      | -48.5 | -43.0 | -38.7 | -34.0 | -7.6  |
| <b>m = 4</b>   |       |       |       |       |       |
| $\tau_c$       | -4.64 | -4.35 | -4.10 | -3.81 | -1.30 |
| $\tau_{ct}$    | -4.97 | -4.68 | -4.43 | -4.15 | -1.73 |
| $\tau_{ctt}$   | -5.27 | -4.98 | -4.73 | -4.45 | -2.09 |
| $z_c$          | -41.6 | -36.5 | -32.4 | -28.1 | -4.5  |
| $z_{ct}$       | -48.1 | -42.6 | -38.2 | -33.5 | -7.0  |
| $z_{ctt}$      | -54.3 | -48.5 | -43.9 | -38.9 | -9.8  |
| <b>m = 5</b>   |       |       |       |       |       |
| $\tau_c$       | -4.96 | -4.66 | -4.42 | -4.13 | -1.68 |
| $\tau_{ct}$    | -5.25 | -4.96 | -4.72 | -4.43 | -2.04 |
| $\tau_{ctt}$   | -5.53 | -5.24 | -4.99 | -4.72 | -2.36 |
| $z_c$          | -47.8 | -42.3 | -38.0 | -33.3 | -6.7  |
| $z_{ct}$       | -54.0 | -48.2 | -43.5 | -38.5 | -9.3  |
| $z_{ctt}$      | -60.0 | -53.9 | -49.0 | -43.7 | -12.1 |
| <b>m = 6</b>   |       |       |       |       |       |
| $\tau_c$       | -5.25 | -4.96 | -4.71 | -4.42 | -2.01 |
| $\tau_{ct}$    | -5.52 | -5.23 | -4.98 | -4.70 | -2.32 |
| $\tau_{ctt}$   | -5.77 | -5.49 | -5.24 | -4.96 | -2.61 |
| $z_c$          | -53.8 | -48.0 | -43.4 | -38.4 | -9.1  |
| $z_{ct}$       | -59.7 | -53.7 | -48.8 | -43.5 | -11.8 |
| $z_{ctt}$      | -65.5 | -59.2 | -54.1 | -48.6 | -14.6 |

FUENTE: Davidson, R., Mackinnon, J.G. (1993)

## ANEXOS 2: PRUEBA DE ENGLE Y GRANGER: LAS VARIABLES PIB PER CÁPITA Y FBC SON INTEGRADAS DE ORDEN UNO

### -Producto Interior Bruto per cápita (PIB\_PC):

Lo primero que debemos analizar es el gráfico de la variable.



Como se puede observar en el gráfico, la variable PIB per cápita tiene tendencia determinista, es decir, tiene una media no constante. Ello se observa en que el gráfico no presenta una tendencia horizontal ya sea en el eje de abscisas (si tuviese media nula) o paralelo a él (si la media no fuese nula).

Para asegurar que existe tendencia determinista realizamos la regresión de la variable frente a la tendencia.

$$PIB_t = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon_t$$

Dependent Variable: PIB\_PC  
 Method: Least Squares  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 36

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| T                  | 856.7080    | 54.58839              | 15.69396    | 0.0000   |
| C                  | 1892.074    | 1158.209              | 1.633621    | 0.1116   |
| R-squared          | 0.878702    | Mean dependent var    |             | 17741.17 |
| Adjusted R-squared | 0.875134    | S.D. dependent var    |             | 9628.832 |
| S.E. of regression | 3402.482    | Akaike info criterion |             | 19.15635 |
| Sum squared resid  | 3.94E+08    | Schwarz criterion     |             | 19.24432 |
| Log likelihood     | -342.8143   | Hannan-Quinn criter.  |             | 19.18706 |
| F-statistic        | 246.3004    | Durbin-Watson stat    |             | 0.352117 |
| Prob(F-statistic)  | 0.000000    |                       |             |          |

Si analizamos la regresión anterior podemos comentar:

- El coeficiente de determinación  $R^2$  es bueno, ya que presenta un valor de 0.87, lo que supone que el 87.87% del PIB per cápita es explicado por la tendencia.
- Contraste de significación individual<sup>56</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Como el P-Valor=0, que a su vez es menor a 0.05 (nivel de significación).

Rechazo la Hipótesis Nula y por lo tanto la variable T es significativa.

- Contraste de significación conjunta<sup>57</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

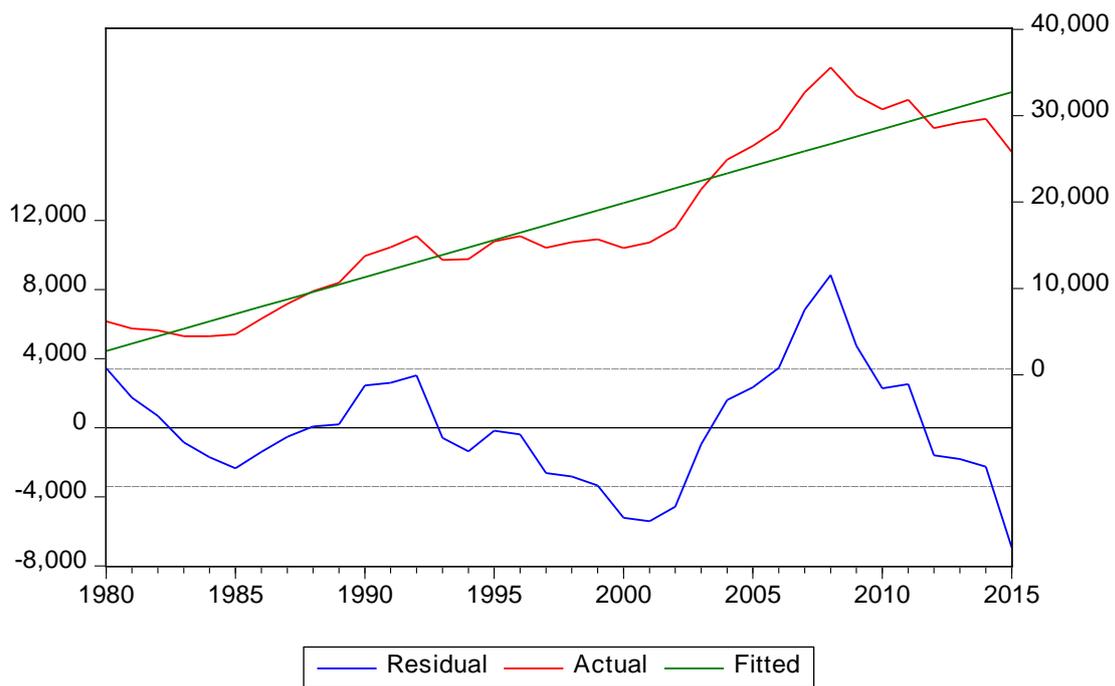
<sup>56</sup> Estadístico del contraste:  $t^* = \frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \sim t_{T-K-1}$

<sup>57</sup> Estadístico del contraste:  $F^* = \frac{SCE}{S^2_H} \sim F_{T-K-1}^H$

Ya que el Prob(F-Statistic) es igual a cero, se rechaza la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%, y por lo tanto la regresión es conjuntamente significativa.

d) El coeficiente que acompaña a la variable de la tendencia ( $\hat{\beta}_1 = 856.70$ ) es positivo. Por lo tanto, es creciente.

Ahora analizamos el gráfico de los valores reales, ajustados y residuales de las variables de la última regresión.



El gráfico nos muestra que además de tendencia determinista, el PIB per cápita presenta tendencia estocástica (varianza no constante). Esta última característica de la serie la podemos observar ya que la línea roja va tomando una amplitud cada vez mayor a lo largo del periodo.

Lo que debemos analizar a continuación es el correlograma de la variable PIB per cápita.

Date: 04/24/19 Time: 20:38  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 36

| Autocorrelation |            | Partial Correlation |            | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|------------|---------------------|------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 1  | 0.947  | 0.947  | 35.045 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 2  | 0.866  | -0.299 | 65.201 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 3  | 0.780  | -0.022 | 90.406 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 4  | 0.679  | -0.202 | 110.10 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 5  | 0.563  | -0.152 | 124.07 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 6  | 0.449  | 0.008  | 133.26 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 7  | 0.340  | -0.052 | 138.70 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 8  | 0.236  | 0.000  | 141.43 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 9  | 0.151  | 0.081  | 142.58 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 10 | 0.082  | 0.015  | 142.93 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 11 | 0.034  | 0.100  | 143.00 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 12 | -0.001 | -0.049 | 143.00 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 13 | -0.028 | -0.033 | 143.04 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 14 | -0.057 | -0.162 | 143.24 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 15 | -0.080 | 0.005  | 143.66 | 0.000 |
|                 | ██████████ |                     | ██████████ | 16 | -0.102 | -0.070 | 144.37 | 0.000 |

Lo que nos arrojan los correlogramas es que la variable sigue un proceso autorregresivo de primer orden o AR (1). Esto se observa porque la función de autocorrelación simple (FAS, en el gráfico Autocorrelation) tiende de manera exponencial a cero mientras que la función de autocorrelacion parcial (FAP, en el gráfico Partial Correlation) solo tiene un coeficiente que supera las bandas (lo que nos indica el orden del proceso).

Llegados a este punto debemos realizar el test de raíz unitaria o Test de Dickey Fuller<sup>58</sup>:

$$H_0^{59}: \beta = 1$$

$$H_A^{60}: \beta < 1$$

<sup>58</sup> En economía encontramos frecuentemente tanto series temporales AR (1) estacionarias como paseos aleatorios y el problema surge en que ambas se pueden confundir fácilmente, por ello realizamos el contraste.

<sup>59</sup> Afirmar la Hipótesis Nula es equivalente a decir que la variable es integrada de primer orden, que tiene una raíz unitaria o que la variable es no estacionaria.

<sup>60</sup> Afirmar la Hipótesis Alternativa es equivalente a decir que la variable es integrada de orden cero, que no tiene raíz unitaria o que la variable es estacionaria.

Null Hypothesis: PIB\_PC has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -2.665653   | 0.2564 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -4.273277   |        |
| 5% level                               | -3.557759   |        |
| 10% level                              | -3.212361   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PIB\_PC)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1984 2015  
 Included observations: 32 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| PIB_PC(-1)         | -0.344881   | 0.129380              | -2.665653   | 0.0130   |
| D(PIB_PC(-1))      | 0.478728    | 0.182417              | 2.624362    | 0.0143   |
| D(PIB_PC(-2))      | -0.035003   | 0.194843              | -0.179645   | 0.8588   |
| D(PIB_PC(-3))      | 0.547732    | 0.191321              | 2.862900    | 0.0082   |
| C                  | 925.0943    | 762.4081              | 1.213385    | 0.2359   |
| @TREND("1980")     | 279.1678    | 126.0233              | 2.215208    | 0.0357   |
| R-squared          | 0.379548    | Mean dependent var    |             | 666.3495 |
| Adjusted R-squared | 0.260230    | S.D. dependent var    |             | 2056.282 |
| S.E. of regression | 1768.606    | Akaike info criterion |             | 17.96113 |
| Sum squared resid  | 81327157    | Schwarz criterion     |             | 18.23596 |
| Log likelihood     | -281.3781   | Hannan-Quinn criter.  |             | 18.05223 |
| F-statistic        | 3.180982    | Durbin-Watson stat    |             | 2.103151 |
| Prob(F-statistic)  | 0.022619    |                       |             |          |

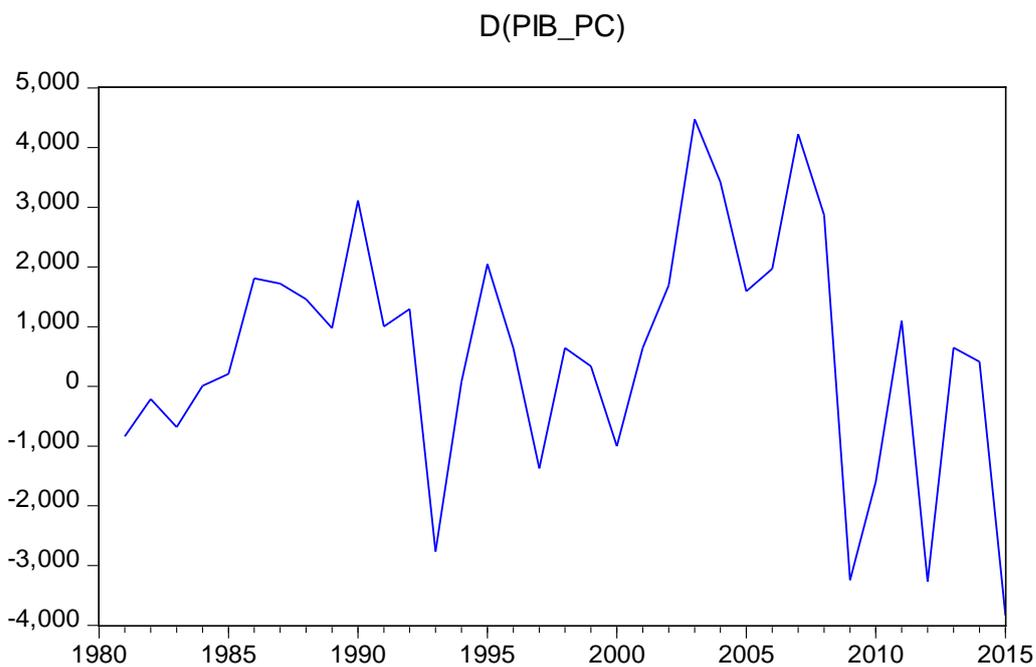
Analizando el contraste que hemos realizado podemos observar:

- a) La variable dependiente del contraste (la primera diferencia del PIB per cápita) esta retardada tres periodos. Lo que debemos analizar es que el último retardo es significativo (lo es, el p-valor que nos arroja la estimación es de 0.0082 menor al nivel de significación del 5%). Al ser significativo el último retardo podemos suponer que no existe un error por omisión de variable relevante.
- b) El valor del estadístico de Durbin-Watson es 2.10. No existirá por lo tanto autocorrelación<sup>61</sup>.

<sup>61</sup> Suponemos que no existirá autocorrelación si el estadístico de Durbin-Watson está en el intervalo (1.85,2.15).

- c) El p-valor del contraste es 0.2564, lo que provoca que para un nivel de significación del 5% aceptemos la hipótesis nula y por lo tanto el **PIB per cápita presente una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, sea no estacionario.**

El siguiente paso que debemos realizar es realizar el mismo análisis para la primera diferencia de la variable, en este caso el PIB per cápita.



En este caso, no existe tendencia determinista, el gráfico se ajusta en torno al eje de abscisas.

Al igual que hemos hecho con anterioridad, pasamos a realizar la regresión de la primera diferencia respecto a la tendencia.

Dependent Variable: D(PIB\_PC)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1981 2015  
 Included observations: 35 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| T                  | -17.65265   | 33.77645              | -0.522632   | 0.6047   |
| C                  | 895.3376    | 726.7825              | 1.231920    | 0.2267   |
| R-squared          | 0.008209    | Mean dependent var    |             | 559.9373 |
| Adjusted R-squared | -0.021845   | S.D. dependent var    |             | 1996.437 |
| S.E. of regression | 2018.125    | Akaike info criterion |             | 18.11317 |
| Sum squared resid  | 1.34E+08    | Schwarz criterion     |             | 18.20205 |
| Log likelihood     | -314.9805   | Hannan-Quinn criter.  |             | 18.14385 |
| F-statistic        | 0.273144    | Durbin-Watson stat    |             | 1.312974 |
| Prob(F-statistic)  | 0.604722    |                       |             |          |

Si analizamos la regresión anterior podemos comentar:

a) El coeficiente de determinación  $R^2$  es muy malo, ya que presenta un valor de 0.008, lo que supone que no explique prácticamente nada la tendencia a lo que ocurre con la primera diferencia del PIB per cápita.

b) Contraste de significación individual<sup>62</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Como el P-Valor=0.60, que a su vez es mayor a 0.05 (nivel de significación).

Acepto la Hipótesis Nula y por lo tanto la variable T no es significativa.

c) Contraste de significación conjunta<sup>63</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

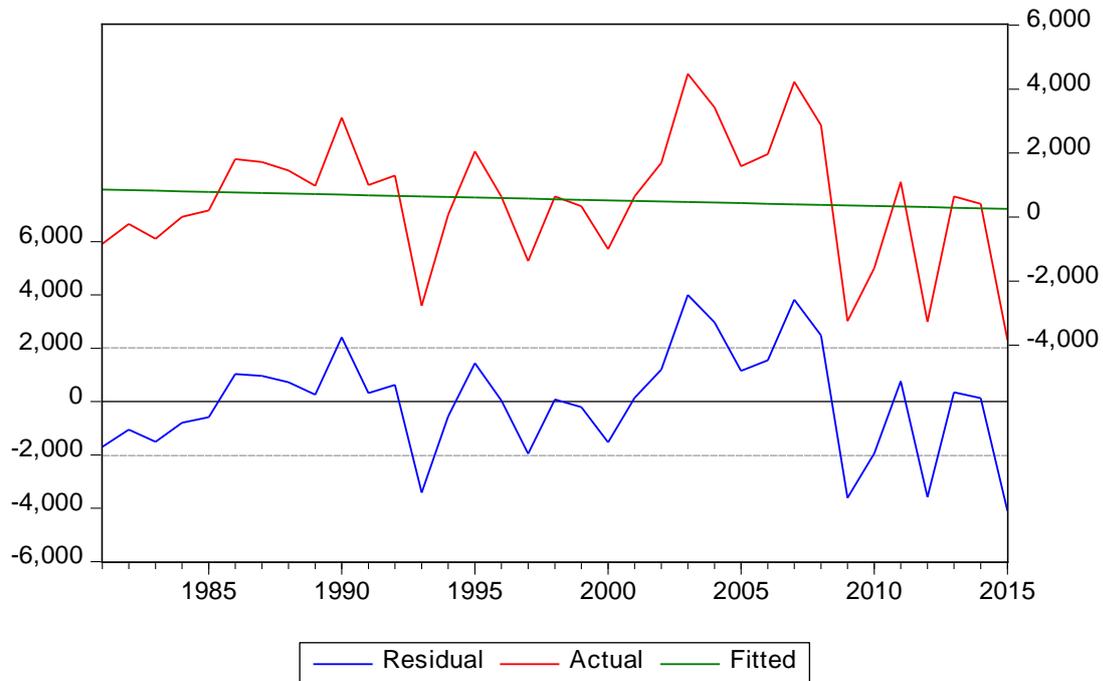
$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

<sup>62</sup> Estadístico del contraste:  $t^* = \frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \sim t_{T-K-1}$

<sup>63</sup> Estadístico del contraste:  $F^* = \frac{SCE}{S^2_H} \sim F_{T-K-1}^H$

Ya que el Prob(F-Statistic) es igual a 0.60, se acepta la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%, y por lo tanto la regresión no es conjuntamente significativa.

- d) El coeficiente que acompaña a la variable de la tendencia ( $\hat{\beta}_1 = -17.65$ ) es negativo. Por lo tanto, es decreciente.



Analizando el gráfico de los valores reales, ajustados y residuales podemos observar como no se aprecia que exista tendencia estocástica.

Date: 04/24/19 Time: 20:41  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 35

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.270   | 0.270  | 2.7797 | 0.095 |
|                 |                     | 2 0.018   | -0.059 | 2.7930 | 0.247 |
|                 |                     | 3 0.232   | 0.263  | 4.9789 | 0.173 |
|                 |                     | 4 0.051   | -0.102 | 5.0864 | 0.279 |
|                 |                     | 5 -0.101  | -0.072 | 5.5259 | 0.355 |
|                 |                     | 6 -0.163  | -0.200 | 6.7109 | 0.348 |
|                 |                     | 7 -0.321  | -0.276 | 11.484 | 0.119 |
|                 |                     | 8 -0.236  | -0.078 | 14.145 | 0.078 |
|                 |                     | 9 -0.168  | -0.078 | 15.551 | 0.077 |
|                 |                     | 10 -0.199 | -0.029 | 17.601 | 0.062 |
|                 |                     | 11 -0.180 | -0.107 | 19.355 | 0.055 |
|                 |                     | 12 0.046  | 0.113  | 19.474 | 0.078 |
|                 |                     | 13 0.056  | -0.053 | 19.656 | 0.104 |
|                 |                     | 14 -0.080 | -0.174 | 20.047 | 0.129 |
|                 |                     | 15 0.143  | 0.071  | 21.367 | 0.125 |
|                 |                     | 16 0.256  | 0.071  | 25.819 | 0.057 |

Como se puede observar en los correlogramas no se aprecia que la primera diferencia del PIB per cápita siga ningún proceso autorregresivo ya que todos los coeficientes están dentro de las bandas.

Por último, realizamos el test de Dickey Fuller a la primera diferencia del PIB per cápita.

Null Hypothesis: D(PIB\_PC) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -3.772047   | 0.0072 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.639407   |        |
| 5% level                               | -2.951125   |        |
| 10% level                              | -2.614300   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PIB\_PC,2)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1982 2015  
 Included observations: 34 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| D(PIB_PC(-1))      | -0.684992   | 0.181597              | -3.772047   | 0.0007    |
| C                  | 383.8776    | 357.5313              | 1.073690    | 0.2910    |
| R-squared          | 0.307784    | Mean dependent var    |             | -88.19141 |
| Adjusted R-squared | 0.286152    | S.D. dependent var    |             | 2311.361  |
| S.E. of regression | 1952.858    | Akaike info criterion |             | 18.04900  |
| Sum squared resid  | 1.22E+08    | Schwarz criterion     |             | 18.13878  |
| Log likelihood     | -304.8330   | Hannan-Quinn criter.  |             | 18.07962  |
| F-statistic        | 14.22834    | Durbin-Watson stat    |             | 1.806244  |
| Prob(F-statistic)  | 0.000661    |                       |             |           |

- a) Analizamos que el retardo propuesto por el programa estadístico sea significativo (no lo es, el p-valor que nos arroja la estimación es de 0.0072 menor al nivel de significación del 5%). Al ser significativo el último retardo podemos suponer que no existe un error por omisión de variable relevante.
- b) El valor del estadístico de Durbin-Watson es 1.80. Existe por lo tanto autocorrelación<sup>64</sup>. No podemos aplicar la teoría estadística (contrastes) y esto conlleva a que el p-valor nos dé un valor engañoso.

Para solucionar el problema de autocorrelación, introducimos retardos en el contraste hasta que el último retardo que introduzcamos sea significativo y no exista autocorrelación.

Null Hypothesis: D(PIB\_PC) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 6 (Fixed)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -3.012007   | 0.0460 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.689194   |        |
| 5% level                               | -2.971853   |        |
| 10% level                              | -2.625121   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

<sup>64</sup> Suponemos que no existirá autocorrelación si el estadístico de Durbin-Watson está en el intervalo (1.85,2.15).

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PIB\_PC,2)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1988 2015  
 Included observations: 28 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| D(PIB_PC(-1))      | -1.626131   | 0.539883              | -3.012007   | 0.0069 |
| D(PIB_PC(-1),2)    | 0.774060    | 0.460580              | 1.680622    | 0.1084 |
| D(PIB_PC(-2),2)    | 0.446176    | 0.405946              | 1.099101    | 0.2848 |
| D(PIB_PC(-3),2)    | 0.886914    | 0.407109              | 2.178568    | 0.0415 |
| D(PIB_PC(-4),2)    | 0.796414    | 0.355505              | 2.240235    | 0.0366 |
| D(PIB_PC(-5),2)    | 0.682156    | 0.322216              | 2.117076    | 0.0470 |
| D(PIB_PC(-6),2)    | 0.676565    | 0.280757              | 2.409790    | 0.0257 |
| C                  | 1321.824    | 633.9164              | 2.085170    | 0.0501 |
| R-squared          | 0.543578    | Mean dependent var    | -198.3953   |        |
| Adjusted R-squared | 0.383831    | S.D. dependent var    | 2522.261    |        |
| S.E. of regression | 1979.885    | Akaike info criterion | 18.25442    |        |
| Sum squared resid  | 78398932    | Schwarz criterion     | 18.63505    |        |
| Log likelihood     | -247.5619   | Hannan-Quinn criter.  | 18.37078    |        |
| F-statistic        | 3.402733    | Durbin-Watson stat    | 2.045358    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.014687    |                       |             |        |

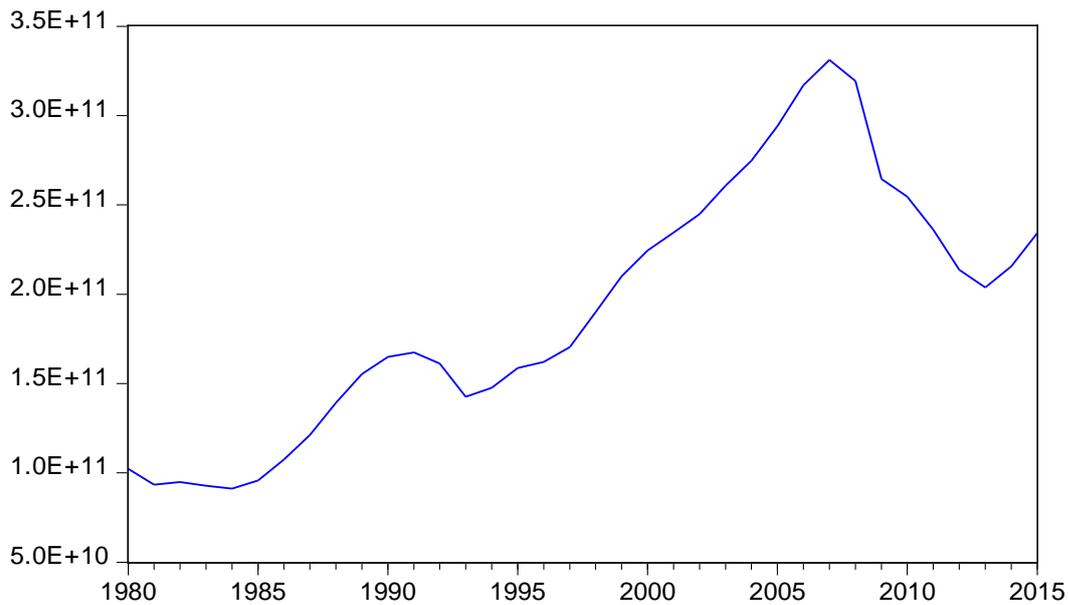
- c) El p-valor del contraste es 0.046<sup>65</sup>, lo que provoca que para un nivel de significación del 5% rechazemos la hipótesis nula y por lo tanto la **primera diferencia del PIB per cápita no presente una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, sea estacionaria.**

### **-Formación Bruta de Capital (FBC):**

Lo primero que debemos analizar es el gráfico de la variable.

<sup>65</sup> Destacar que en esta salida del contraste nos podemos fiar del p-valor ya que no existe autocorrelación.

## FBC



Como se puede observar en el gráfico, la variable Formación Bruta de Capital tiene tendencia determinista, es decir, tiene una media no constante. Ello se observa en que el gráfico no presenta una tendencia horizontal ya sea en el eje de abscisas (si tuviese media nula) o paralelo a él (si la media no fuese nula).

Para asegurar que existe tendencia determinista realizamos la regresión de la variable frente a la tendencia.

$$FBC_t = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon_t$$

Dependent Variable: FBC\_CTE  
 Method: Least Squares  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 36

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| T                  | 5.67E+09    | 6.18E+08              | 9.174393    | 0.0000   |
| C                  | 8.66E+10    | 1.31E+10              | 6.605097    | 0.0000   |
| R-squared          | 0.712278    | Mean dependent var    |             | 1.91E+11 |
| Adjusted R-squared | 0.703815    | S.D. dependent var    |             | 7.07E+10 |
| S.E. of regression | 3.85E+10    | Akaike info criterion |             | 51.63988 |
| Sum squared resid  | 5.04E+22    | Schwarz criterion     |             | 51.72786 |
| Log likelihood     | -927.5179   | Hannan-Quinn criter.  |             | 51.67059 |
| F-statistic        | 84.16948    | Durbin-Watson stat    |             | 0.174346 |
| Prob(F-statistic)  | 0.000000    |                       |             |          |

Si analizamos la regresión anterior podemos comentar:

- a) El coeficiente de determinación  $R^2$  es bueno, ya que presenta un valor de 0.71, lo que supone que el 71.22% de la FBC es explicado por la tendencia.
- b) Contraste de significación individual<sup>66</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Como el P-Valor=0, que a su vez es menor a 0.05 (nivel de significación).

Rechazo la Hipótesis Nula y por lo tanto la variable T es significativa.

- c) Contraste de significación conjunta<sup>67</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Ya que el Prob(F-Statistic) es igual a cero, se rechaza la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%, y por lo tanto la regresión es conjuntamente significativa.

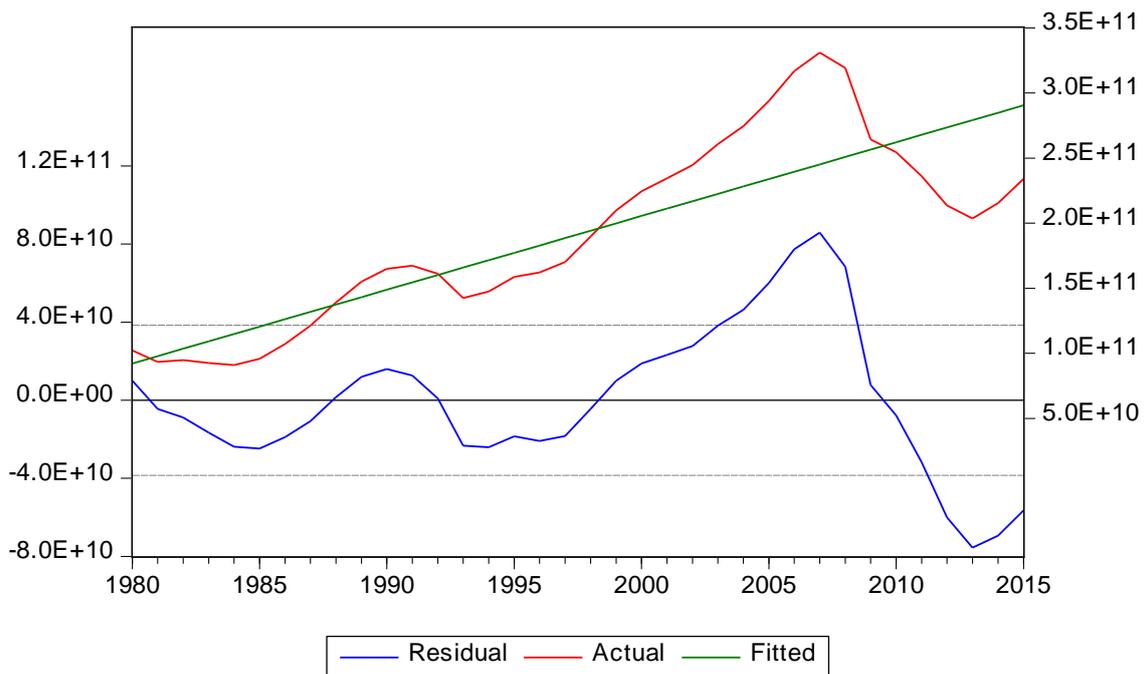
- d) El coeficiente que acompaña a la variable de la tendencia es positiva y muy cercana a cero.

Ahora analizamos el gráfico de los valores reales, ajustados y residuales de las variables de la última regresión.

---

<sup>66</sup> Estadístico del contraste:  $t^* = \frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \sim t_{T-K-1}$

<sup>67</sup> Estadístico del contraste:  $F^* = \frac{SCE}{S^2_H} \sim F_{T-K-1}^H$



El grafico nos muestra que además de tendencia determinista, la FBC presenta tendencia estocástica (varianza no constante). Esta última característica de la serie la podemos observar ya que la línea roja va tomando una amplitud cada vez mayor a lo largo del periodo.

Lo que debemos analizar a continuación es el correlograma de la variable.

Date: 04/15/19 Time: 14:59  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 36

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob |
|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|------|
| 1               | 0.946               | 0.946  | 34.973 | 0.000  |      |
| 2               | 0.860               | -0.326 | 64.766 | 0.000  |      |
| 3               | 0.764               | -0.074 | 88.964 | 0.000  |      |
| 4               | 0.657               | -0.135 | 107.40 | 0.000  |      |
| 5               | 0.542               | -0.089 | 120.38 | 0.000  |      |
| 6               | 0.436               | 0.036  | 129.04 | 0.000  |      |
| 7               | 0.347               | 0.076  | 134.71 | 0.000  |      |
| 8               | 0.255               | -0.174 | 137.90 | 0.000  |      |
| 9               | 0.169               | -0.010 | 139.35 | 0.000  |      |
| 10              | 0.094               | -0.016 | 139.81 | 0.000  |      |
| 11              | 0.031               | 0.018  | 139.86 | 0.000  |      |
| 12              | -0.024              | -0.015 | 139.90 | 0.000  |      |
| 13              | -0.079              | -0.107 | 140.27 | 0.000  |      |
| 14              | -0.137              | -0.143 | 141.43 | 0.000  |      |
| 15              | -0.185              | 0.061  | 143.67 | 0.000  |      |
| 16              | -0.230              | -0.060 | 147.29 | 0.000  |      |

Lo que nos arrojan los correlogramas es que la variable sigue un proceso autorregresivo de primer orden o AR (1), o incluso de segundo orden si el

segundo coeficiente rebasa las bandas de incorrelación. Esto se observa porque la función de autocorrelación simple (FAS, en el gráfico Autocorrelation) tiende de manera exponencial a cero mientras que la función de autocorrelacion parcial (FAP, en el gráfico Partial Correlation) tiene uno o dos coeficientes que superan las bandas (lo que nos indica el orden del proceso).

Llegados a este punto debemos realizar el test de raíz unitaria o Test de Dickey Fuller<sup>68</sup>:

$$H_0^{69}: \beta = 1$$

$$H_A^{70}: \beta < 1$$

Null Hypothesis: FBC\_CTE has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 1 (Fixed)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -2.641616   | 0.2656 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -4.252879   |        |
| 5% level                               | -3.548490   |        |
| 10% level                              | -3.207094   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

<sup>68</sup> En economía encontramos frecuentemente tanto series temporales AR (1) estacionarias como paseos aleatorios y el problema surge en que ambas se pueden confundir fácilmente, por ello realizamos el contraste.

<sup>69</sup> Afirar la Hipótesis Nula es equivalente a decir que la variable es integrada de primer orden, que tiene una raíz unitaria o que la variable es no estacionaria.

<sup>70</sup> Afirar la Hipótesis Alternativa es equivalente a decir que la variable es integrada de orden cero, que no tiene raíz unitaria o que la variable es estacionaria.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(FBC\_CTE)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1982 2015  
 Included observations: 34 after adjustments

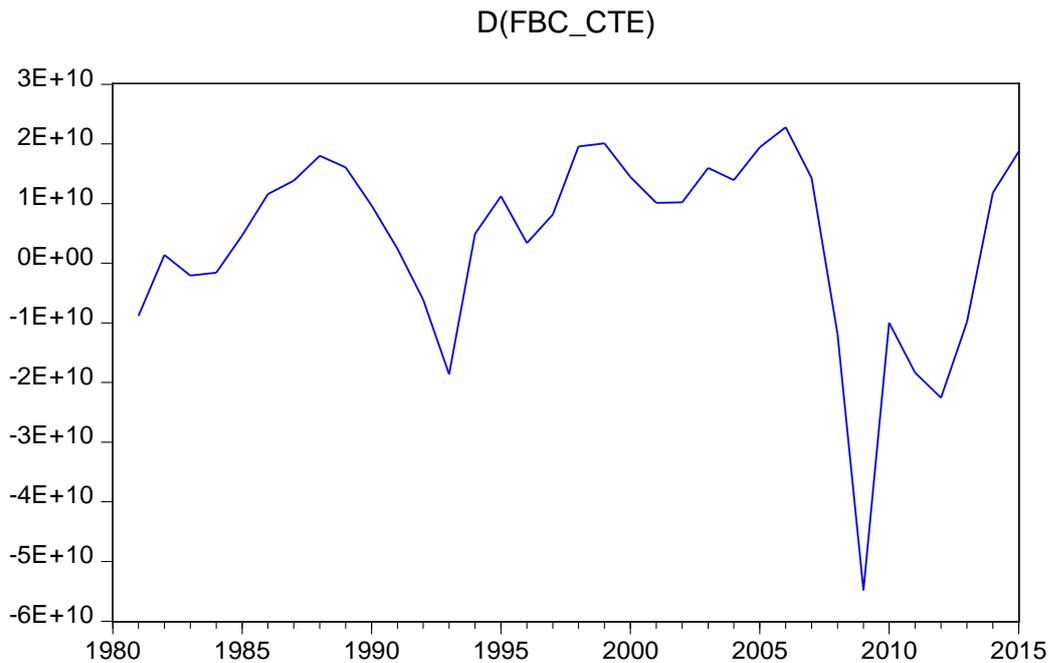
| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| FBC_CTE(-1)        | -0.159566   | 0.060405              | -2.641616   | 0.0130   |
| D(FBC_CTE(-1))     | 0.722823    | 0.145274              | 4.975592    | 0.0000   |
| C                  | 1.62E+10    | 6.38E+09              | 2.537666    | 0.0166   |
| @TREND("1980")     | 8.81E+08    | 4.39E+08              | 2.006504    | 0.0539   |
| R-squared          | 0.481112    | Mean dependent var    |             | 4.14E+09 |
| Adjusted R-squared | 0.429223    | S.D. dependent var    |             | 1.60E+10 |
| S.E. of regression | 1.21E+10    | Akaike info criterion |             | 49.38508 |
| Sum squared resid  | 4.41E+21    | Schwarz criterion     |             | 49.56466 |
| Log likelihood     | -835.5464   | Hannan-Quinn criter.  |             | 49.44632 |
| F-statistic        | 9.271972    | Durbin-Watson stat    |             | 2.137595 |
| Prob(F-statistic)  | 0.000171    |                       |             |          |

Analizando el contraste que hemos realizado podemos observar:

- La variable dependiente del contraste (la primera diferencia de FBC) esta retardada un periodo. Lo que debemos analizar es que este retardo sea significativo (lo es, el p-valor que nos arroja la estimación es de cero, menor al nivel de significación del 5%). Al ser significativo el último retardo podemos suponer que no existe un error por omisión de variable relevante.
- El valor del estadístico de Durbin-Watson es 2.13. No existirá por lo tanto autocorrelación<sup>71</sup>.
- El p-valor del contraste es 0.2656, lo que provoca que para un nivel de significación del 5% aceptemos la hipótesis nula y por lo tanto la **variable FBC presente una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, sea no estacionaria.**

El siguiente paso que debemos realizar es realizar el mismo análisis para la primera diferencia de la variable.

<sup>71</sup> Suponemos que no existirá autocorrelación si el estadístico de Durbin-Watson está en el intervalo (1.85,2.15).



En este caso, no existe tendencia determinista, el gráfico se ajusta en torno al eje de abscisas.

Al igual que hemos hecho con anterioridad, pasamos a realizar la regresión de la primera diferencia respecto a la tendencia.

Dependent Variable: D(FBC\_CTE)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1981 2015  
 Included observations: 35 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| T                  | -2.34E+08   | 2.68E+08              | -0.871882   | 0.3896   |
| C                  | 8.21E+09    | 5.77E+09              | 1.423651    | 0.1639   |
| R-squared          | 0.022517    | Mean dependent var    |             | 3.77E+09 |
| Adjusted R-squared | -0.007104   | S.D. dependent var    |             | 1.60E+10 |
| S.E. of regression | 1.60E+10    | Akaike info criterion |             | 49.88732 |
| Sum squared resid  | 8.47E+21    | Schwarz criterion     |             | 49.97620 |
| Log likelihood     | -871.0281   | Hannan-Quinn criter.  |             | 49.91800 |
| F-statistic        | 0.760177    | Durbin-Watson stat    |             | 0.813625 |
| Prob(F-statistic)  | 0.389572    |                       |             |          |

Si analizamos la regresión anterior podemos comentar:

- a) El coeficiente de determinación  $R^2$  es muy malo, ya que presenta un valor de 0.022, lo que supone que no explique prácticamente nada la tendencia a lo que ocurre con la primera diferencia de la FBC.

b) Contraste de significación individual<sup>72</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Como el P-Valor=0.38, que a su vez es mayor a 0.05 (nivel de significación). Acepto la Hipótesis Nula y por lo tanto la variable T no es significativa.

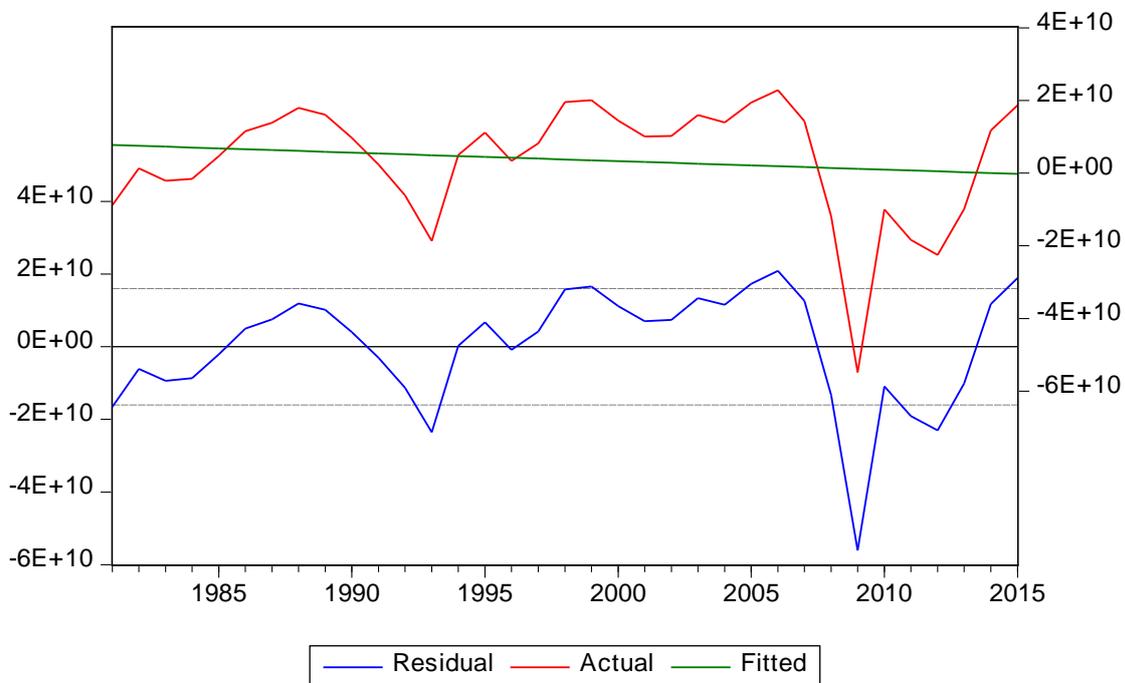
c) Contraste de significación conjunta<sup>73</sup>:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_A: \beta_1 \neq 0$$

Ya que el Prob(F-Statistic) es igual a 0.38, se acepta la hipótesis nula para un nivel de significación del 5%, y por lo tanto la regresión no es conjuntamente significativa.

d) El coeficiente que acompaña a la variable de la tendencia es negativo. Por lo tanto, es decreciente.



<sup>72</sup> Estadístico del contraste:  $t^* = \frac{\hat{\beta}_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \sim t_{T-K-1}$

<sup>73</sup> Estadístico del contraste:  $F^* = \frac{SCE}{S^2_H} \sim F_{T-K-1}^H$

Analizando el gráfico de los valores reales, ajustados y residuales podemos observar como no se aprecia que exista tendencia estocástica.

Date: 04/15/19 Time: 15:12  
 Sample: 1980 2015  
 Included observations: 35

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.581  | 0.581  | 12.867 | 0.000 |
|                 |                     | 2  | 0.245  | -0.140 | 15.222 | 0.000 |
|                 |                     | 3  | 0.092  | 0.017  | 15.566 | 0.001 |
|                 |                     | 4  | -0.059 | -0.144 | 15.711 | 0.003 |
|                 |                     | 5  | -0.272 | -0.253 | 18.899 | 0.002 |
|                 |                     | 6  | -0.363 | -0.110 | 24.767 | 0.000 |
|                 |                     | 7  | -0.188 | 0.178  | 26.400 | 0.000 |
|                 |                     | 8  | -0.070 | -0.014 | 26.634 | 0.001 |
|                 |                     | 9  | -0.062 | -0.072 | 26.825 | 0.001 |
|                 |                     | 10 | -0.114 | -0.203 | 27.498 | 0.002 |
|                 |                     | 11 | -0.108 | -0.113 | 28.129 | 0.003 |
|                 |                     | 12 | -0.062 | 0.027  | 28.343 | 0.005 |
|                 |                     | 13 | -0.124 | -0.079 | 29.255 | 0.006 |
|                 |                     | 14 | -0.137 | -0.029 | 30.416 | 0.007 |
|                 |                     | 15 | 0.040  | 0.150  | 30.520 | 0.010 |
|                 |                     | 16 | 0.228  | 0.108  | 34.061 | 0.005 |

Como se puede observar en los correlogramas se aprecia que la primera diferencia sigue un proceso autorregresivo de primer orden.

Por último, realizamos el test de Dickey Fuller a la primera diferencia de la FBC.

Null Hypothesis: D(FBC\_CTE) has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 1 (Fixed)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -2.668955   | 0.0092 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -2.636901   |        |
| 5% level                               | -1.951332   |        |
| 10% level                              | -1.610747   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(FBC\_CTE,2)  
 Method: Least Squares  
 Sample (adjusted): 1983 2015  
 Included observations: 33 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| D(FBC_CTE(-1))     | -0.424194   | 0.158936              | -2.668955   | 0.0120   |
| D(FBC_CTE(-1),2)   | 0.143090    | 0.179765              | 0.795982    | 0.4321   |
| R-squared          | 0.189883    | Mean dependent var    |             | 5.25E+08 |
| Adjusted R-squared | 0.163751    | S.D. dependent var    |             | 1.45E+10 |
| S.E. of regression | 1.33E+10    | Akaike info criterion |             | 49.51764 |
| Sum squared resid  | 5.48E+21    | Schwarz criterion     |             | 49.60834 |
| Log likelihood     | -815.0411   | Hannan-Quinn criter.  |             | 49.54816 |
| Durbin-Watson stat | 1.965202    |                       |             |          |

En este caso hay dos retardos y no existe autocorrelación. Aunque el último retardo no es significativo, es preferible solucionar la autocorrelación a introducir retardos de más, por lo que nos podemos fiar de los resultados que nos arroje el p-valor del contraste.

El p-valor del contraste es 0.0092, lo que provoca que para un nivel de significación del 5% rechazemos la hipótesis nula y por lo tanto **la primera diferencia de la FBC no presente una raíz unitaria, o lo que es lo mismo, sea estacionaria.**