



## Trabajo Fin de Grado

# ESTIMACIÓN DEL PIB POTENCIAL. UNA APROXIMACIÓN AL CASO ESPAÑOL

AUTOR

LUCÍA ÁLVAREZ MOYA

DIRECTOR

JAVIER NIEVAS

Facultad de Economía y Empresa

Universidad de Zaragoza

Diciembre 2015

## Resumen

La obtención y medida del PIB potencial tiene interés tanto desde el punto de vista económico como metodológico, ya que nos informa de si las capacidades económicas de un país están bien usadas o existen recursos sin utilizar. Según la literatura hay dos enfoques para calcular el PIB potencial. Uno de los enfoque es que el PIB potencial es aquel que se alcanza utilizando todos los factores productivos al máximo nivel posible. El segundo enfoque lo considera como aquel que se da en una economía con un desempleo situado en la tasa natural de desempleo. Por todo ello, el primer objetivo de ese trabajo es describir los distintos métodos existentes en la literatura económica referente a la estimación del PIB potencial; A continuación, con la ayuda de una función de producción de tipo Cobb-Douglas, estimaremos la evolución del PIB potencial para España durante el periodo 1995-2014 y evaluaremos los resultados, comparándolos con los obtenidos por otros organismos internacionales.

**Palabras claves:** PIB potencial, función de producción, output gap, filtro Hodrick-Prescott.

## Abstract

Obtaining and measure the potential GDP have an interest in the methodology as much as in the economics point of view, its help us to evaluate if the economics resources of a country are being well used or if they're unused resources. According to the literature there's two approaches, the first one referred to the potential GDP as the highest level of real gross domestic product (output) that can be sustained over the long term, and the second approach refers as the level of output that an economy can produce at a constant inflation rate. For that matter, the objective of our work consist on describe the different methods used in economics' studies when it's comes to estimate the potential gross domestic product. Then using the Cobb–Douglas production function we'll estimate the evolution of the Spanish's potential gross domestic product during 1995-2015 and assess the results, contrasting them with the results obtained by others international organism.

**Keywords:** Potential Gross domestic product, production function, output gap, Hodrick-Prescott filter

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CONCEPTOS ASOCIADOS AL PRODUCTO POTENCIAL .....	3
3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA CALCULAR EL PIB POTENCIAL .....	5
3.1. PRIMER ENFOQUE: PIB POTENCIAL COMO EL MÁXIMO DE PRODUCCIÓN .....	5
3.1.1. <i>Método de la tendencia de picos modificado</i> .....	5
3.1.2. <i>Método del ratio producto-capital</i> .....	6
3.1.3. <i>Método de Berg</i> .....	7
3.2. SEGUNDO ENFOQUE: PIB POTENCIAL COMO COMPONENTE PERMANENTE .....	9
3.2.1. <i>Modelo de la función de producción</i> .....	9
3.2.2. <i>Modelo del Filtro de Hodrick-rescott</i> .....	11
3.2.3. <i>Método del VAR Estructural</i> .....	12
4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA LITERATURA .....	12
5. ESTIMACIÓN DEL PIB POTENCIAL ESPAÑOL PARA EL PERIODO 1995-2014... 16	
5.1. MODELO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN.....	16
5.2. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.....	17
5.3. ANÁLISIS DEL ORDEN DE INTEGRACIÓN.....	18
5.4. OBTENCIÓN DEL PIB POTENCIAL ESPAÑOL.....	185
6. CONCLUSIONES.....	36
7. BIBLIOGRAFÍA.....	37
8. ANEXO .....	40

## **1. INTRODUCCIÓN**

Debido a la reciente crisis mundial y sus efectos sobre la población, el PIB potencial se ha convertido en un tema de preocupación por parte de los gobiernos y bancos centrales. Por estos motivos, resulta de gran interés entender y deducir cómo se obtiene. Grandes instituciones como el Fondo Monetario Internacional o el Banco Central Europeo realizan periódicamente estimaciones sobre la producción potencial de los países, para ello, en este trabajo tenemos como objetivos aclarar el concepto de producción potencial, como se ha definido en la teoría económica y determinar cuáles son los métodos más comunes para estimarlo empíricamente. Con la ayuda de la función de producción de tipo Cobb-Douglas trataremos de estimar el PIB potencial español para así comparar dicha estimación con el PIB observado y obtener la brecha de producción, también conocida como output gap.

Nuestro trabajo se estructurará de la siguiente forma: empezaremos repasando los distintos métodos usados para el cálculo del PIB potencial. A continuación, efectuaremos una estimación de la producción potencial de España usando el método de la función de producción, con un doble objetivo: primero haremos una estimación del PIB potencial español, analizando los resultados y el segundo objetivo será efectuar una comparación con los obtenidos por algunas instituciones internacionales. Finalizaremos el estudio con unas conclusiones.

## **2. CONCEPTOS ASOCIADOS AL PRODUCTO POTENCIAL**

El concepto de PIB potencial toma gran importancia de la mano de Keynes tras su respuesta a la gran depresión de los años 30. En su obra, define el PIB potencial como la tendencia a largo plazo del PIB. Tal y como apuntan Sachs y Larraín (1985) el PIB potencial es aquel que se alcanza utilizando todos los factores productivos al máximo nivel posible; sin embargo, autores como Branson (1985) consideran el PIB potencial como aquel que se da en una economía con un desempleo situado en la tasa natural de desempleo;

idea apoyada por Samuelson y Nordhaus (1988). Por otra parte, Adams *et al* (1987) lo definen por el lado de la oferta, como aquel PIB que no genera tensiones inflacionistas; idea apoyada por otros autores como Guijarro (2009) y Blanchard (1989).

La diferencia entre el PIB observado y el PIB potencial se conoce como brecha productiva (gap) pudiendo existir tanto brecha positiva como negativa. Una brecha positiva indicaría que el PIB observado sería superior al potencial y este fenómeno se observa en ciclos expansivos de la economía; sin embargo una brecha negativa se da en periodos de crisis, debido a la infrautilización de los factores productivos y el alto nivel de desempleo. Según fuera la diferencia entre el PIB observado y el PIB potencial, Keynes afirmaba que una economía estaría en recesión (brecha negativa y pequeña), en crisis (brecha negativa y más grande) o en expansión (si tiende hacia el pleno empleo y la brecha es positiva). Autores como Samuelson y Nordhaus (1988) la miden como los bienes y servicios que no se producen por causa de la falta de pleno empleo. No obstante, otros autores como Sanchs Larrain (1985) y Branson (1985) la consideran como el medidor del ocio de la población, es decir como algo evitable, ya que una utilización óptima de los recursos productivos de las empresas, podría corregir el nivel de desempleo y eliminar o mermar ese matiz ocioso de la población. Por otra parte, De Masi y Paula (1997) apuntan que la brecha a corto plazo nos indica la inflación y a largo plazo la tendencia de crecimiento o recesión de la economía.

La medición del producto potencial y de la brecha de producción de un país son elementos relevantes a la hora de elaborar políticas económicas, ya que proporcionan herramientas internas que nos ayudarán con el manejo de la política macroeconómica, permitiendo así al estado evaluar si el nivel actual de crecimiento responde a factores permanentes o transitorios; todo ello conlleva evaluar si el aumento observado en la tasa de crecimiento es un fenómeno a largo plazo o sólo responde a una expansión cíclica de corto plazo.

Es importante mencionar que en el corto plazo, la medición del tamaño y la persistencia de las brechas de producción proporcionan una guía útil para el análisis del balance entre oferta y demanda, así como la consecuente medición de las presiones inflacionarias.

### **3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA CALCULAR EL PIB POTENCIAL**

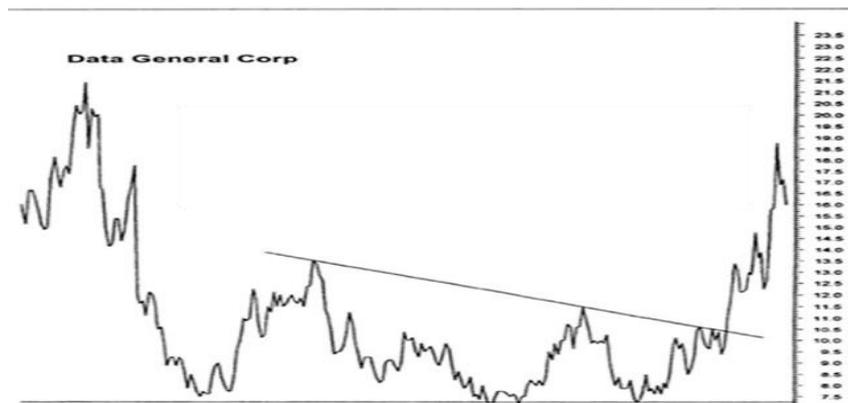
Debido a la diversidad de definiciones acerca del PIB potencial, existen muchos modelos para su estimación; la primera distinción se basa en definir el PIB potencial como el máximo de producción, tal y como apuntan Gallardo y Monteverde (1996), de esta definición se presentan tres cálculos distintos para el PIB potencial.

#### **3.1. PRIMER ENFOQUE: PIB POTENCIAL COMO EL MÁXIMO DE PRODUCCIÓN**

##### ***3.1.1. Método de la tendencia de picos modificado***

Este método supone que la producción máxima se alcanza en los picos alcanzados por la producción de un país. Para averiguar cuáles son los picos, se representa gráficamente la evolución del PIB durante el período de estudio. Tras esto, el primer pico es el primer valor de la serie, éste se une con los máximos a lo largo del gráfico y por último con el siguiente pico de mayor valor. En el caso de que no se disponga del PIB durante la muestra, se utiliza una función Cobb-Douglas que por medio de la estimación estadística, estima el número de picos, así como el momento en el que suceden dichos picos. Esto se puede ver en Gallardo y Monteverde (1996) y Seminario y Boullion (1992).

**Gráfico 1. Ejemplo del método de picos**



Fuente: (Murphy. J, 2005, p. 81)

Esta gráfica se interpreta en tres pasos: primero se definen los regímenes de cambio en la tendencia de la serie completa, es decir, los periodos en los que se aprecia una tendencia creciente, decreciente o constante. A continuación, la primera línea de tendencia estimada se establece entre el primer valor de la serie y el pico más alto que se alcanza en el primer régimen. Por último, las siguientes líneas de tendencia estimada y se obtienen por el último pico considerado en el anterior régimen y el pico más alto del siguiente régimen.

Las ventajas inherentes al uso de este modelo residen en su simplicidad para el cálculo del PIB potencial; sin embargo, posee varias desventajas, ya que si el número de picos estimado es pequeño, conduce a estimadores ineficientes, además, la función de producción no aprovecha toda la información del capital y trabajo, ya que no tiene en cuenta otros factores relevantes para su estimación.

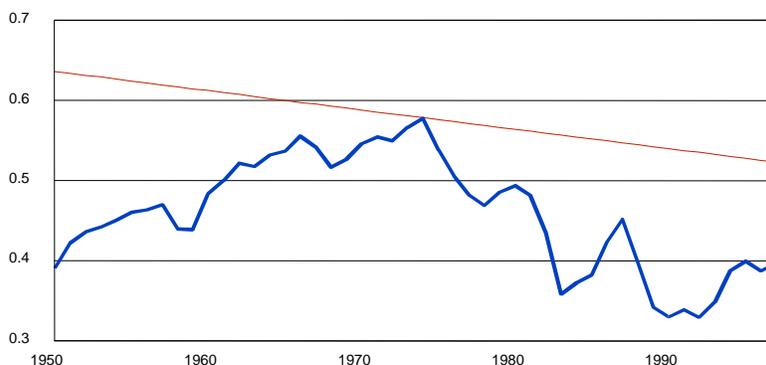
### ***3.1.2. Método del ratio producto-capital***

Este modelo relaciona el stock de capital con el PIB potencial, mediante el ratio producto-capital.  $Y_t/K_t$ , siendo  $Y_t$  el PIB observado,  $K_t$  el stock de capital y  $t$  la tendencia lineal. Para ello, iguala el ratio a una recta de tendencia cuya relación formal es la siguiente:

$$Y_t / K_t = a_0 + a_1 \cdot t + u_t \quad (1)$$

Tras estimar la pendiente de la tendencia y su origen, la recta estimada se dibuja sobre el PIB máximo de la serie del estudio, tal y como se muestra en el Gráfico 2, donde la línea fina es la tendencia estimada por el modelo y la línea gruesa, el PIB observado durante el periodo del estudio.

**Gráfico 2. Ejemplo del método del ratio producto-capital**



Cabredo y Valdivia (1999).

De esta manera, el PIB potencial quedará:

$$Y_t^P = \left( \frac{\widehat{Y}_t}{K_t} \right) \quad (2)$$

Siendo el ratio  $(\widehat{Y}_t/K_t)$  la relación producto-capital, estimado en el modelo anterior.

Las ventajas de este modelo residen en la sencillez de su cálculo y su desventaja proviene de no considerar el trabajo como un factor limitante de la producción, lo que implicaría que la relación producto-capital pudiera no ser la real.

### **3.1.3. Método de Berg**

El modelo de Berg (1984) define el PIB potencial a partir del saldo de stock de capital acumulado en el periodo anterior; es decir, supone que la inversión se va modificando con el tiempo. Además, teniendo en cuenta que el ratio de producto-capital potencial sigue una tendencia lineal, se puede despejar el producto potencial, con lo que tenemos:

$$Y_t^P = K_{t-1} \cdot [(a_0 + a_1(t-1))] \quad (3)$$

Esta restricción hace que se tenga que modificar la manera de medir el stock de capital, lo que implica que la inversión de cada período se ajusta por su productividad.

$$I_{t-1} = K_{t-1} - (1 - \delta)K_{t-2} \quad (4)$$

$$K_{t-1} = (1 - \delta)K_{t-2} + I_{t-1} \quad (5)$$

Si multiplicamos por  $\frac{Y_t^P}{K_{t-1}}$ :

$$\frac{Y_t^P}{K_{t-1}}K_{t-1} = (1 - \delta)K_{t-2}\frac{Y_t^P}{K_{t-1}} + I_{t-1}\frac{Y_t^P}{K_{t-1}} \quad (6)$$

Si a corto plazo;  $\frac{Y_t^P}{K_{t-1}} \approx \frac{Y_{t-1}^P}{K_{t-1}} \quad (7)$

$$Y_t^P = Y_{t-1}^P(1 - \delta) + I_{t-1}(a_0 + a_1(t - 1)) \quad (8)$$

Siendo el miembro de la izquierda el PIB potencial en t. El primer sumando es el PIB potencial del periodo anterior, ajustado por una tasa de depreciación dada ( $\delta$ ) del stock de capital. El segundo sumando es la inversión acumulada del año anterior, que está multiplicada por su productividad. Sustituyendo recursivamente la ecuación (8):

$$Y_t^P = (1 - \delta)^t + \sum_{T=0}^{t-1} I_T(a_0 + a_1 T)(1 - \delta)^{t-1-T} \quad (9)$$

El modelo obtiene el PIB potencial, minimizando las diferencias entre el potencial y el observado, sujeto a la restricción de que el potencial será mayor o igual al observado. Para ello, y mediante programación lineal, se estiman los parámetros  $\delta$ ,  $a_0$  y  $a_1$ . Una vez obtenidos estos parámetros se obtiene el PIB potencial, se compara con el observado y se calcula la diferencia porcentual entre ambas variables.

Este modelo tiende a arrojar mejores resultados que los dos anteriores, sin embargo tiene algunas limitaciones; por una parte, dependiendo de la magnitud de la serie, arroja distintos resultados para una misma economía; además, al igual que los anteriores modelos, no incluye el factor trabajo como componente del PIB.

### **3.2. SEGUNDO ENFOQUE: PIB POTENCIAL COMO COMPONENTE PERMANENTE**

Siguiendo con la revisión de los modelos de estimación del PIB potencial, existen modelos que consideran a éste como un componente permanente, es decir, como una tendencia sujeta a la sensibilidad del déficit de la brecha del producto. De esta concepción de PIB potencial se desgranar tres modelos.

#### **3.2.1. Modelo de la función de producción**

Este modelo parte de que el PIB potencial es aquel que se obtiene cuando el uso de los recursos productivos es prácticamente total, es decir, cuando la economía se encuentra en la llamada tasa de desempleo natural. Este enfoque es utilizado muy frecuentemente en la literatura por autores como Hernández de Cos *et al* (2004 y 2011) y organismos como el FMI, la OCDE y la Comisión Europea lo utilizan para sus estimaciones. Este procedimiento comienza por especificar una función de producción Cobb-Douglas tal que la producción depende del saldo de capital y del empleo de la manera siguiente:

$$Y_t = AL_t^\alpha K_t^\beta e^{u_t} \quad (10)$$

Donde  $Y_t$  es la producción del PIB observada,  $L_t$  es el trabajo, y  $K_t$  el capital. El parámetro  $A$  mide la productividad total de los factores y  $u_t$ , es un término de error no predecible.

Linealizamos el modelo tomando logaritmos:

$$\ln Y_t = \ln A + \alpha \ln L_t + \beta \ln K_t + u_t \quad (11)$$

Se trata de ver si las variables del modelo están cointegradas, es decir, si presentan tendencias comunes a largo plazo. Para ello, todas las variables deben ser no estacionarias,

ya que si fuesen estacionarias no podríamos cointegrarlas, siendo éste el siguiente paso a seguir. Asumiendo algunas simplificaciones, como que los factores productivos se usan completamente y que existen rendimientos constantes a escala, la Productividad Total de los Factores desaparece y queda el siguiente modelo:

$$\text{Ln } Y_t = \alpha \text{ Ln } L_t + (1-\alpha) \cdot \text{Ln } K_t + u_t \quad (12)$$

$$\text{Ln } Y_t - \text{Ln } K_t = \alpha (\text{Ln } L_t - \text{Ln } K_t) + u_t \quad (13)$$

Si no asumimos rendimientos constantes a escala:

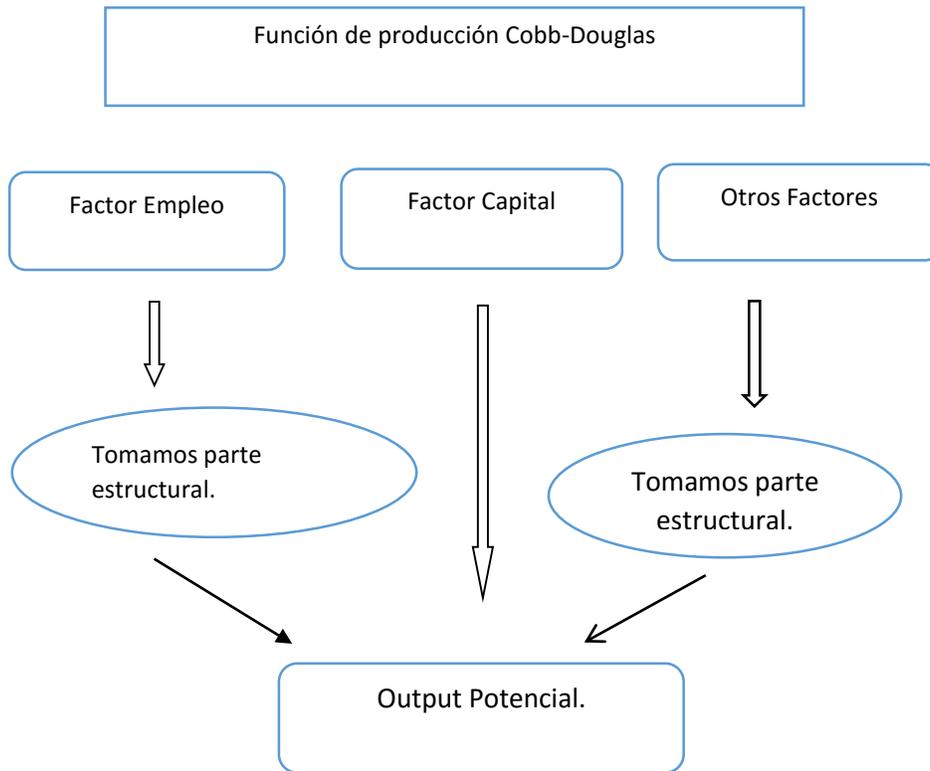
$$\text{Ln } Y_t = \alpha \text{ Ln } L_t + \beta \text{ Ln } K_t + u_t \quad (14)$$

Se puede analizar si están cointegradas, tras lo cual podríamos obtener la productividad total de los factores.

$$\widehat{\text{Ln}} A_t = \text{Ln } Y_t - \hat{\alpha} \text{Ln } L_t - \hat{\beta} \text{Ln } K_t \quad (15)$$

Después hay que extraer las tendencias de  $\text{Ln} A_t$  y  $\text{Ln} L_t$ , la cual se hallará con el filtro de Hodrick-Prescott. Para finalizar, se computa el producto potencial sustituyendo las series filtradas y la serie del stock de capital. Obtenido todo, se estima el PIB potencial.

Para hacer más visual y sencillo de seguir el cambio y estructura de este modelo se incluye el siguiente esquema, en él se nos muestra la estructura de la función de producción y se nos indica con algo más de detalle los componentes de los que depende cada factor.



### 3.2.2. Modelo del Filtro de Hodrick-Prescott

Trata de encontrar la tendencia del PIB potencial con un parámetro de suavización; el problema que presenta este modelo es que dependiendo de la serie utilizada, hay cambios en los resultados que modifican por completo la tendencia, aun así este modelo es bueno para comparar con otros métodos de estimación y es necesario su uso para el modelo de la función de producción. Es frecuente su uso para descomponer el componente cíclico de una serie de tiempo, por tanto, se puede separar en un componente transitorio que es el ciclo y en un componente permanente que es la tendencia. Dicho filtro lo que hace es minimizar la varianza del ciclo.

$$\sum_{t=1}^T (Y_t - \tau)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(\tau_t \tau_t) - (\tau_t \tau_{t-1})]^2 \quad (16)$$

A nivel económico, elegir una tendencia que sea muy volátil es lo mismo que hacer un análisis estructural en un ambiente económico no muy estable, por consiguiente, muy

influenciado por fluctuaciones coyunturales. Este criterio significa que no se puede elegir un valor muy bajo para  $\lambda$ , por ejemplo para el Sistema Europeo de Bancos Centrales (SEBC), el cálculo de las diferencias de la producción con el filtro de HP se hará con  $\lambda=30$  para series anuales y  $\lambda=7000$  para series trimestrales.

### ***3.2.3. Método del VAR Estructural***

Los modelos VAR son modelos econométricos multiecuacionales en los que todas las variables implicadas se consideran endógenas, de forma que en cada ecuación la variable endógena correspondiente se expresa en función de su propio pasado, así como del presente y pasado de las otras variables consideradas. Con estos modelos se pueden estudiar los efectos de shocks en algunas de las variables sobre el resto. Blanchard y Quah (1989) usan un modelo VAR con el crecimiento del PIB y la tasa de paro. Cabredo y Valdivia (1999) a usan el PIB y la tasa de crecimiento de la inversión.

El PIB potencial se genera a través de la tasa de crecimiento del PIB efectivo; mientras que los shocks transitorios forman el ciclo económico, un shock de oferta positivo provoca un aumento permanente en el PIB; si esto se cumple, se puede utilizar este método para la estimación del producto potencial. Esta metodología usa modelos bastante complejos, por lo que no la aplicaremos.

## **4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA LITERATURA**

Una vez realizado el concepto y métodos de obtención del PIB potencial, vamos a hacer una revisión bibliográfica del tema, referente a las definiciones del PIB potencial, de los modelos para su estimación y de la metodología inherente a esos modelos.

Cabredo y Valdivia (1999) hacen una revisión a los modelos de estimación del PIB potencial desde el punto de vista de otros autores, llevando a examen seis modelos: tres que entienden el PIB potencial como el máximo para una tasa natural de desempleo, y otros tres modelos que lo consideran como componente permanente, usando el método del VAR estructural, el filtro de Hodrick-Prescott y el modelo de la función de producción. Cabredo

y Valvidia estiman el PIB potencial de Perú durante el periodo 1950-1997. Los resultados obtenidos señalan que usar la tasa natural de desempleo no es adecuado, ya que la diferencia entre la producción potencial y la observada difieren mucho durante los periodos del estudio, sin embargo, los modelos como el de la función de producción reflejan resultados más satisfactorios. Basan la fiabilidad de los modelos en la diferencia entre la estimación y la realidad, explicando dichas diferencias en la cantidad de información que usa uno u otro modelo.

Otros autores, como Hernández de Cos *et al* (2004, 2011), realizan estimaciones del PIB español utilizando el modelo de la función de producción. En el trabajo de 2004 estiman el PIB potencial de España para el periodo 1980-2003, obteniendo que las estimaciones de su crecimiento durante la década de los 90 estaban entre el 2% y 4%. En el estudio de 2011 también se utiliza la metodología de la función de producción, pero se incluyen algunas restricciones que recogen con mayor fiabilidad la situación española; en este trabajo se toman datos del periodo 1990-2010 y se proyecta la estimación hasta 2015. Los resultados obtenidos son un crecimiento del PIB potencial del 3% para el período 2000-2007 y un crecimiento del 2% para el período 2013-2015, sujeto a la desaparición de los efectos de la crisis.

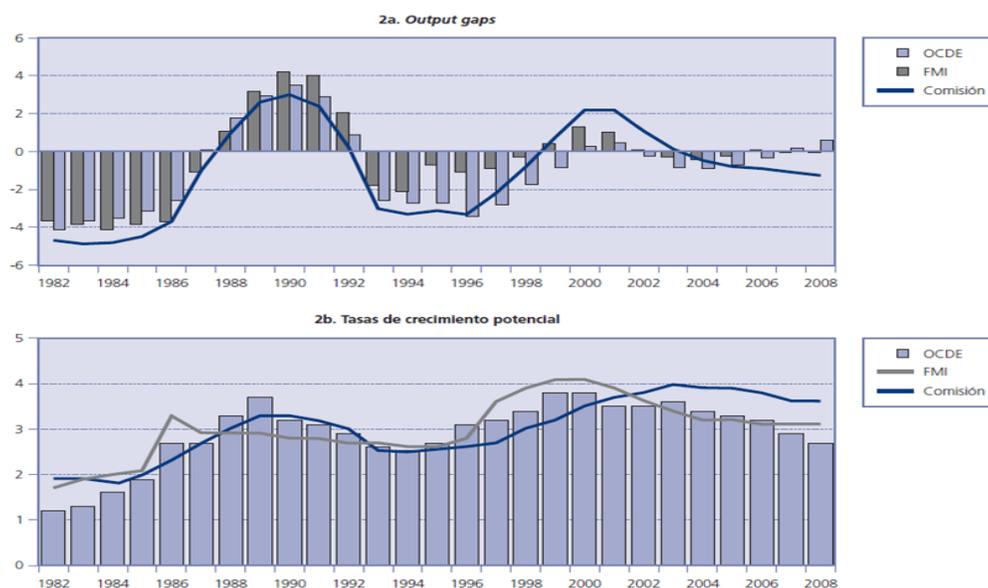
Mc Morrow y Roeger (2001) plantean una revisión metodológica, comparando los resultados de usar una metodología estadística y una económica; lo hacen para el escenario de la Unión Europea 15 y para Estados Unidos, todo ello durante el periodo 2001-2010. Estos autores evalúan en la metodología estadística el filtro de Hodrick-Prescott y el modelo del VAR estructural entre otros. En cuanto a la metodología económica, evalúan el modelo de la función de producción. Los resultados obtenidos tanto para la UE 15 como para EE.UU. son que el modelo de la función de producción arroja mejores resultados que los métodos estadísticos, para ello se realizaron estimaciones en un escenario pesimista, optimista y normal. Dichos autores también realizan varias estimaciones con la función de producción, ya que este modelo tiene un amplio abanico de posibilidades y variaciones que harían cambiar los resultados, estas variaciones dependen de las estimaciones de la productividad total de factores, el factor trabajo y el factor capital. Sea como fuere, todos

los autores que utilizan este modelo aducen que su mayor desventaja es la gran cantidad de datos que han de utilizarse y la discrecionalidad a la hora de elegir los componentes para cada uno de los factores.

En otro estudio realizado por Mc Morrow y Roeger (2007), se usa el modelo de la función de producción para el escenario español para el intervalo temporal situado entre 1982-2008 y se comparan sus resultados con los obtenidos por la Comisión Europea, el FMI y la OCDE. Se concluye que el uso del mismo modelo provoca diferencias en la estimación del PIB potencial, tal y como se puede observar en el Gráfico 3. En este gráfico podemos observar las diferencias en las estimaciones tanto de la tasa de crecimiento potencial como de la brecha productiva; parece importante destacar que solo convergen en alguna ocasión, cruzándose valores en las estimaciones para los años 1988, 1992 y 2002; no obstante, observamos que las tendencias en las estimaciones son similares en todos los casos y para todos los años.

**Gráfico 3.**

**OUTPUT GAPS, TASAS DE CRECIMIENTO POTENCIAL Y ESTIMACIONES DE LA NAIRU PARA ESPAÑA: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA COMISIÓN, EL FMI Y LA OCDE**

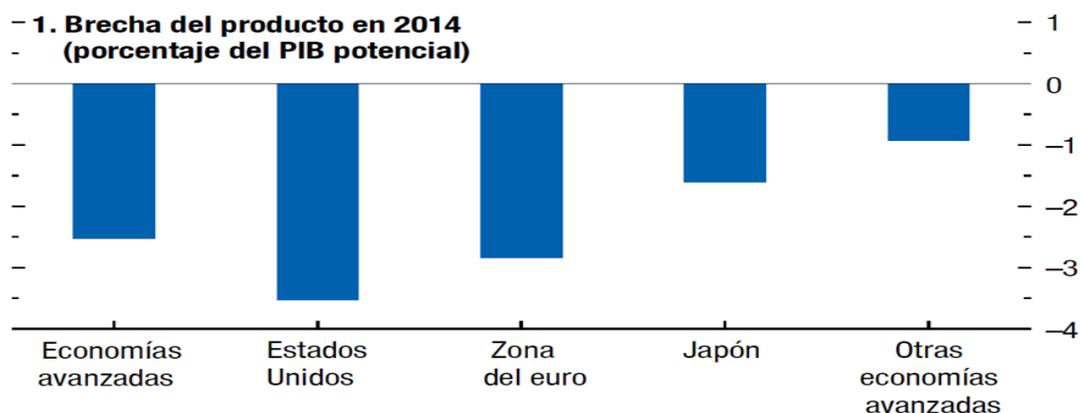


Otro estudio realizado por Havik *et al* (2014) para la Comisión Europea, realiza una revisión al estudio de Mc Morrow y Roeger (2007) para el escenario europeo de la UE 28

entre 1980 y 2015, añadiendo unas variaciones sobre el método de la función de producción para estimar el PIB potencial. Así, mientras que en todos los trabajos anteriores que usan este modelo se utilizaba la NAIRU (Non-Acelerating Inflation Rate of Unemployment) es decir, la tasa de empleo no aceleradora de la inflación, en el trabajo de Kavik *et al* se utiliza la NAWRU (Non-Acelerating Wage Rate of Unemployment) es decir, la tasa de salario no aceleradora del desempleo. Además, antes se estimaba la NAIRU con la curva de Phillips con un horizonte temporal de cinco años y con la población de entre 15 y 64 años, sin embargo, ahora se utiliza la NAWRU, con una curva de Philips a diez años y una población de 15 a 74 años. Del estudio de Havik *et al* (2014) se obtienen estimaciones en el corto, medio y largo plazo; los resultados nos muestran que en algunas ocasiones es mejor el modelo que utiliza la NAWRU y en otras, el que utiliza la NAIRU; por tanto, ganaría importancia realizar ambos análisis y someter a posteriori los resultados a test econométricos para la elección del mejor factor, esto permitiría, estadísticamente hablando, la posibilidad de tener resultados más fiables que el uso de uno u otro modelo.

Algunos organismos, como el FMI en su informe bianual de 2014 realizan un estudio de las brechas de producción en los distintos países y áreas económicas, utilizando el modelo de la función de producción utilizado por Hernández de Cos *et al* (2004, 2011). El FMI y la OCDE entre otros, tal y como se observa en el Gráfico 4, obtienen que las zonas con mayor diferencia entre el crecimiento potencial y el observado son Estados Unidos, la zona euro y un grupo denominado economías avanzadas.

**Gráfico 4.**



Fuente: FMI (2014).

Este gráfico muestra la brecha del PIB en 2014, es decir, la diferencia entre la estimación del PIB potencial y el PIB observado, todo ello agrupado según áreas o regiones de interés.

## **5. ESTIMACIÓN DEL PIB POTENCIAL ESPAÑOL PARA EL PERIODO 1995-2014**

Una vez descritos los principales métodos usados en la literatura para estimar la producción, vamos a aplicar uno de ellos, el de la función de producción, para tratar de obtener una estimación del PIB potencial español y comparar nuestro resultado con el que proporcionan algunos organismos internacionales.

### **5.1. MODELO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN**

En economía, la función Cobb-Douglas es una forma de función de producción ampliamente usada para representar las relaciones entre el producto y las variaciones de la productividad total de factores, trabajo y capital. Decidimos usarlo en este trabajo porque nos proporciona un análisis extenso y claro a la hora de determinar el producto potencial. Lo que haremos será estimar el PIB potencial usando dicha función.

Tal y como hemos explicado en la sección 3.2.1, una forma lineal y estimable econométricamente de la función de producción Cobb-Douglas viene dada por la expresión:

$$\ln Y_t = \alpha \ln L_t + \beta \ln K_t + u_t \quad (17)$$

Donde la Productividad Total de los Factores es una variable no observable y la estimaremos a partir de los residuos del modelo anterior, eso es:

$$\widehat{PTF} = \hat{u}_t = \ln Y_t - \hat{\alpha} \ln L_t - \hat{\beta} \ln K_t \quad (18)$$

Al aplicar logaritmos a todas las variables obtenemos un modelo doblemente logarítmico, que implica que los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  sean elasticidades. Son valores constantes determinados por la tecnología disponible.

Una vez estimado el modelo, el PIB potencial estimado se puede aproximar como:

$$\widehat{Ln}y = \widehat{PTF} + \hat{\alpha}LnK + \hat{\beta}LnL \quad (19)$$

La primera etapa del análisis consiste en estudiar para cada serie, su orden de integración, esto es, el número de diferencias necesarias para convertirla en estacionaria. Determinaremos el orden de integración mediante el contraste de Dickey-Fuller Ampliado (DFA). Antes de hacer el contraste, determinaremos con el gráfico de series temporales, sobre qué tipo de modelo habrá que aplicarlo, es decir, si tiene constante, constante y tendencia o sin constante. Una vez determinado esto, si tiene el mismo orden de integración aplicaremos el test de cointegración de Engle-Granger y comprobaremos si las series están cointegradas, lo que significaría que comparten una tendencia estocástica común y existencia de equilibrio a largo plazo.

## 5.2. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Para la estimación del producto potencial, hemos elegido tres variables especificadas en la función de producción para un periodo de tiempo de 20 años (1995-2014). Nos hemos centrado en este periodo de tiempo por dos motivos; primero porque es cuando la economía española creció de forma exponencial hasta alcanzar su auge antes de ser afectada por la crisis, el segundo motivo es la falta de datos anteriores al año 1995 para todas las variables. Todos los datos han sido descargados en la base de datos AMECO de la Comisión Europea ([www.ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cmf](http://www.ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cmf))

Para estimar el PIB potencial, se utiliza el PIB a precios constantes como variable endógena y como explicativas, las siguientes:

- Stock de capital: “Es el sumatorio registrado de todos los activos fijos que aún están en uso. También puede ser definido, como la diferencia entre el stock de capital bruto y el consumo fijo de capital”.
- Empleo: “Son aquellas personas que están por encima de una edad especificada y durante un periodo especificado, que trabajan por cuenta propia o ajena y son asalariados.”

Todas las variables se miden a precios constantes, base 1995, en miles de millones de euros.

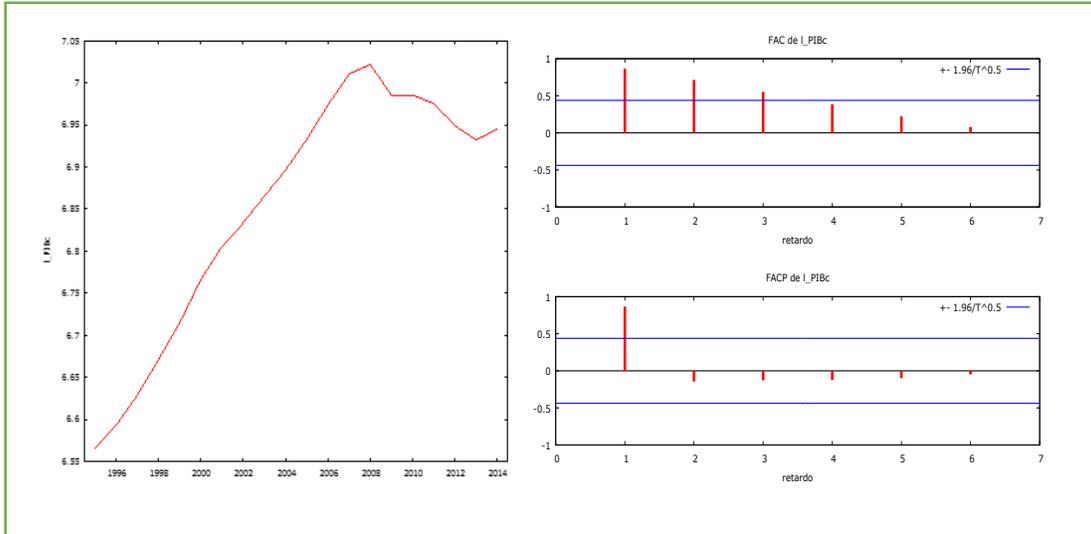
### **5.3. ANÁLISIS DEL ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES**

Para determinar el orden de integración de cada variable utilizaremos tres instrumentos: dos gráficos, el propio gráfico temporal de la serie y su correlograma, y otro econométrico: el contraste de integración de Dickey-Fuller Ampliado (DFA). Aplicaremos los tres procesos anteriores a las variables originales y sus diferencias hasta que determinemos que tras  $d$  diferencias la serie ya es estacionaria, tras lo que concluiremos que es integrada de orden  $d$ ,  $I(d)$ .

La prueba de la raíz unitaria DFA se lleva a cabo bajo la hipótesis nula  $Y_t \sim I(1)$  es al menos  $I(1)$  contra la hipótesis alternativa  $Y_t \sim I(0)$ ; si se acepta  $H_0$  deducimos que existe al menos una raíz unitaria.

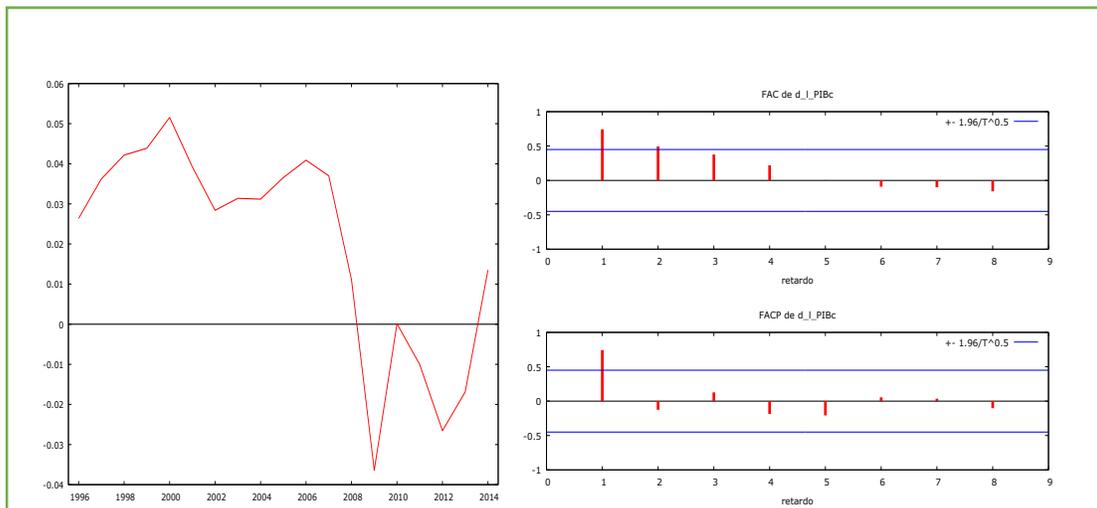
Para la serie Producto Interior Bruto  $PIB_t$

**Gráfico 5. Gráfico Serie temporal y correlograma de  $\ln PIB_t$**



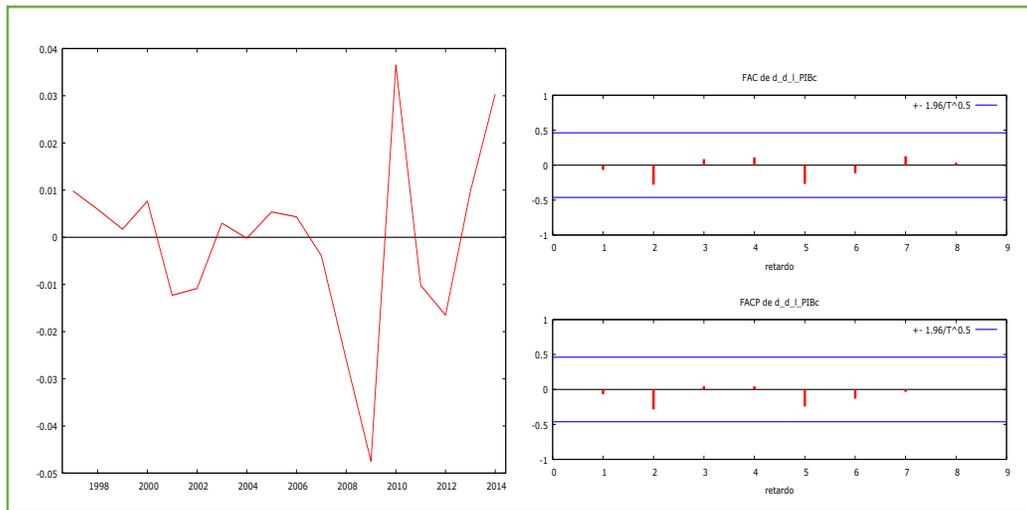
El Gráfico 5 nos muestra que la serie es creciente, aunque se observa una posible ruptura estructural en 2008. Respecto a los correlogramas, la función de autocorrelación (FAC), nos muestra un valor muy próximo a la unidad del primer coeficiente de autocorrelación y un decrecimiento progresivo, la función de autocorrelación parcial (FACP) muestra un corte brusco a partir del primer coeficiente, por lo que parece ser el comportamiento de una serie no estacionaria

**Gráfico 6. Gráfico serie temporal y correlograma de  $\Delta \ln PIB$**



El gráfico 6 muestra una serie con dos medias, una antes de la crisis y otra después. Esta ruptura puede hacer que el correlograma nos muestre un comportamiento asociado a una serie no estacionaria, como así sucede, aunque dados los valores de las autocorrelaciones también podríamos pensar en un proceso estacionario autorregresivo. Asumiendo la dicha ruptura estructural, podríamos pensar que es estacionaria, luego  $\text{LnPIB} \sim I(1)$ .

**Gráfico 7. Gráfico serie temporal y correlograma de  $\Delta^2 \text{LnPIB}$ .**



El Gráfico 7 nos muestra que la segunda diferencia de la serie evoluciona en torno a cero y es estacionaria en media, pero puede mostrar dudas respecto a la varianza, lo cual nos puede hacer pensar que la anterior diferencia ya era estacionaria. Respecto a los correlogramas, en la función de autocorrelación presenta valores no significativos, por lo tanto, es un correlograma que se corresponde con un ruido blanco. Podemos concluir del análisis gráfico que esta variable es  $I(1)$  con una ruptura, como habíamos indicado antes.

Respecto al contraste DFA aplicado a esta serie, los resultados resumidos se muestran en la Tabla 1. El detalle de los contrastes se muestran en el Anexo.

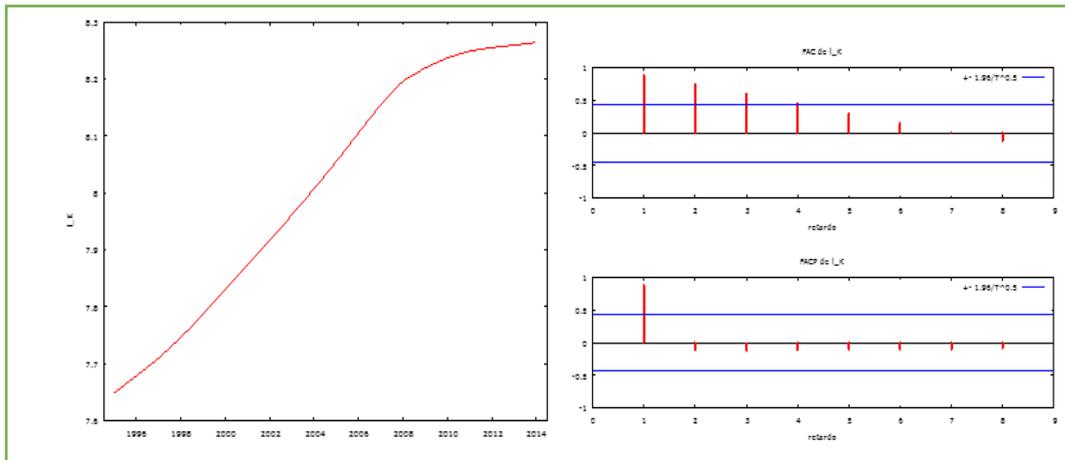
**Tabla 1. Contrastes de Dickey-Fuller Ampliado para LnPIB.**

Núm. diferencias	Constante - Tendencia	Valor estadístico	p-valor asintótico	Conclusión sobre la serie original
0	Si - Si	0,960187	0,9999	Al menos I(1)
1	No-No	-1,31757	0,1666	Al menos I(2)
2	No-No	-3,99678	0,000501	I(2)

El contraste de Dickey Fuller nos indica que la serie del PIB es integrada de orden 2, pero asumiendo que presenta una ruptura estructural, concluimos que es I(1)

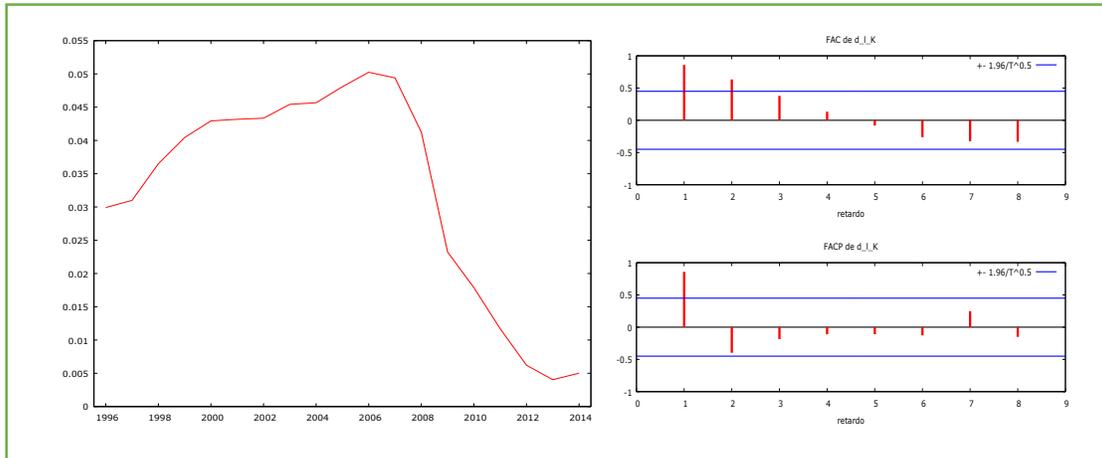
Para la serie capital ( $K_t$ ).

**Gráfico 8. Gráfico serie temporal y correlograma de  $\text{Ln}K_t$**



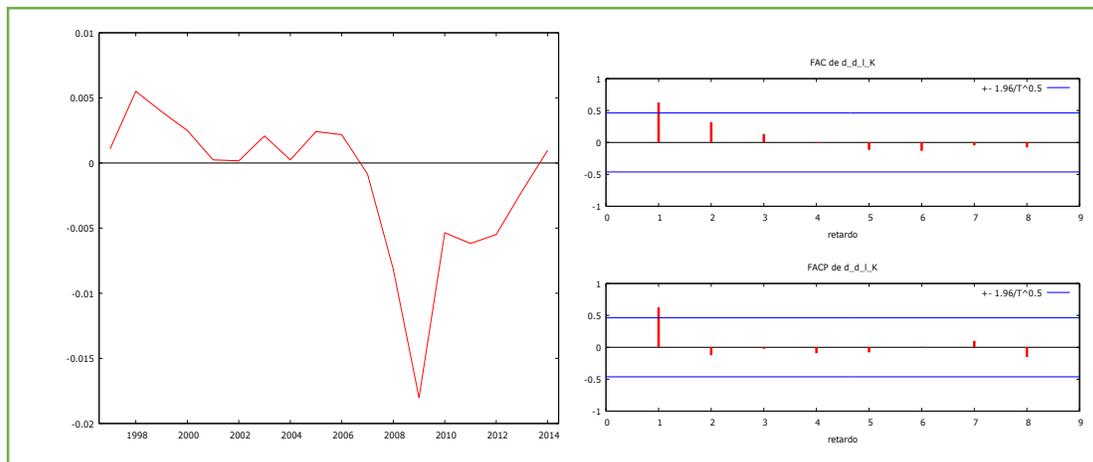
El Gráfico 8 nos muestra que la serie es creciente, por lo tanto no es estacionaria en media aunque parece serlo en varianza. Respecto a los correlogramas, la función de autocorrelación (FAC) nos muestra un valor muy próximo a uno del primer coeficiente de autocorrelación y muestra un decrecimiento progresivo, mientras que en la función de autocorrelación parcial (FACP), nos señala un corte brusco en el primer coeficiente; es decir, es el típico correlograma de una serie no estacionaria.

**Gráfico 9. Gráfico serie temporal y correlograma de  $\Delta \text{LnK}$**



El Gráfico 9 de la primera diferencia, muestra una serie con un tramo creciente y luego decreciente con posible ruptura estructural en 2006, síntoma de no estacionariedad. El coeficiente de autocorrelación de orden 1 es 0,86, por lo que podríamos tener duda de si la serie es no estacionaria o podría seguir un proceso estacionario AR(1).

**Gráfico 10. Gráfico serie temporal y correlograma de  $\Delta^2 \text{LnK}$ .**



El Gráfico 10 nos muestra que la serie está entorno a cero, en principio parece estacionaria en media y en varianza. Respecto a los correlogramas, tanto en la función de

autocorrelación como en la función de autocorrelación parcial, existe un corte brusco en el primer coeficiente. Aunque se aprecia la ruptura en el año 2008, la serie y correlograma nos indican que la serie ya es estacionaria, por lo tanto, podríamos inferir del análisis gráfico que la serie es I(1) o I(2) con una ruptura en 2008.

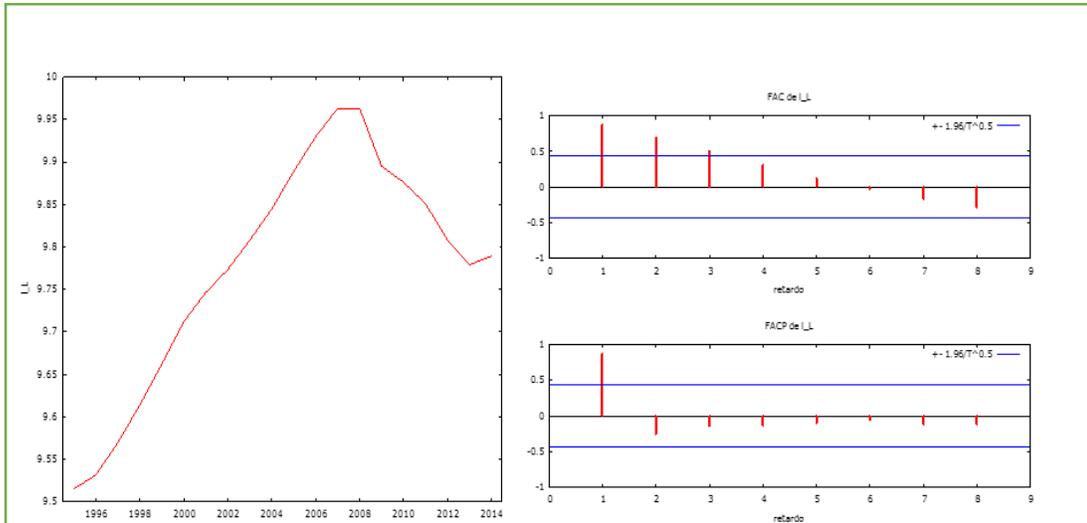
**Tabla 2. Contrastes de Dickey- Fuller Ampliado para LnK.**

<b>Núm. diferencias</b>	<b>Constante - Tendencia</b>	<b>Valor estadístico</b>	<b>p-valor asintótico</b>	<b>Conclusión sobre la serie original</b>
0	Si - Si	-3,21236	0,08192	Al menos I(1)
1	No-No	-0,935921	0,3114	Al menos I(2)
2	No-No	-1,81553	0,06706	Al menos I(3)
3	No-No	-4,34441	0,0002529	I(3)

El contraste ADF de la serie, en la Tabla 2, nos muestra que la serie puede tener hasta 3 raíces unitarias, algo muy raro en series económicas y que puede estar condicionado por la ruptura detectada. Esto puede deberse a que DFA no detecta las rupturas estructurales, por lo que sobreintegra la serie, dado que la estacionariedad de orden dos no se cumple por muy poco y que se ha comprobado con otros contrastes, como el KPSS, que la serie es estacionaria tras una diferencia, se concluye que la serie  $\text{LnK}_t$  es integrada de orden 1.

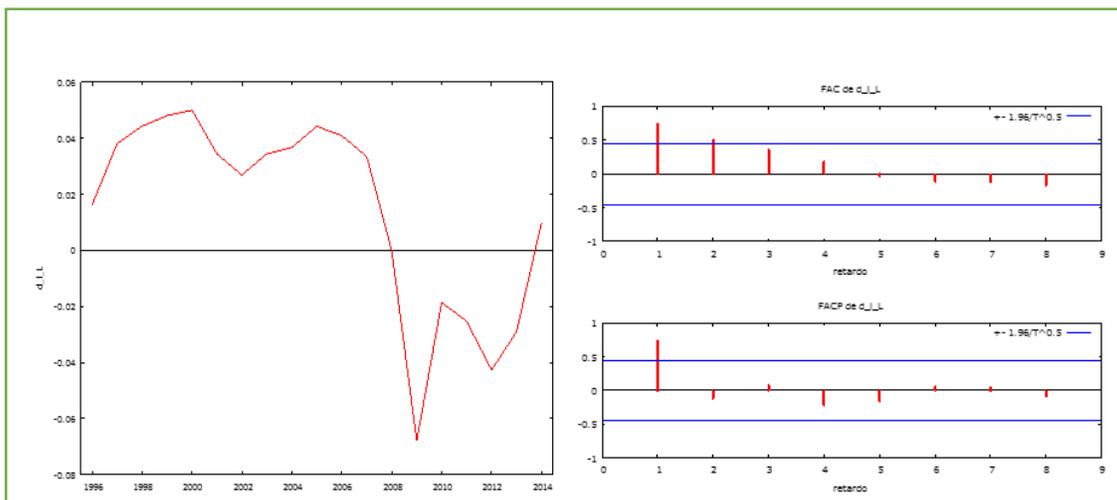
Para la serie Trabajo (L).

**Gráfico 11. Gráfico de series temporales y correlograma de  $\ln L_t$**



El Gráfico 11 nos muestra que la serie es creciente, aunque con ruptura estructural en 2008. Respecto a los correlogramas, la función de autocorrelación (FAC) nos muestra un decrecimiento progresivo siendo el valor del primer coeficiente muy cercano a uno. La función de autocorrelación parcial (FACP) muestra un corte brusco a partir del primer coeficiente. Parece el comportamiento de una serie no estacionaria.

**Gráfico 12. Gráfico de series temporales y correlograma de  $\Delta \ln L_t$ :**



El Gráfico 12 nos muestra que la serie con una diferencia se encuentra entorno a cero. También presenta rupturas estructurales, pero parece ser estacionaria. Si observamos el correlograma, en la función de autocorrelación (FAC) se ve un corte brusco en el segundo coeficiente, mientras que en la función de autocorrelación parcial (FACP), se observa un corte brusco en el segundo coeficiente, lo que indica que la serie será estacionaria. Por lo tanto, el análisis gráfico nos concluye que la serie del trabajo ( $LnL_t$ ) es integrada de orden 1.

**Tabla 3. Contrastes de Dickey-Fuller Ampliado de  $LnL_t$ .**

<b>Núm. diferencias</b>	<b>Constante - Tendencia</b>	<b>Valor estadístico</b>	<b>p-valor asintótico</b>	<b>Conclusión sobre la serie original</b>
0	Si - Si	-1,47396	0,8386	Al menos I(1)
1	No-No	-1,45929	0,1306	Al menos I(2)
2	No-No	-4,13882	-0,0003616	I(2)

El contraste ADF que se presenta en la Tabla 3 se deduce que la serie sería integrada de orden 2, I(2) o I(3), pero debido a la presencia de ruptura estructural vamos a considerar que la serie es I(1).

Resumiendo, aunque Dickey-Fuller ha detectado que las tres series eran I(2) ó I(3), esto es algo ilógico en economía, haciendo un análisis más específico para cada una de las series. En los tres casos hemos visto rupturas estructurales, posiblemente debido a la crisis, y hemos detectado gráficamente que las diferencias de orden uno, son variables estacionarias. Por lo tanto, es lógico que continuemos nuestro trabajo tratando a las tres series con este orden de integración, I(1).

#### **5.4. OBTENCIÓN DEL PIB POTENCIAL ESPAÑOL**

Ya hemos concluido que todas las series son integradas de orden uno I(1), por lo que en la regresión utilizaremos las series en niveles. Como se ha dicho anteriormente, el primer paso para estimar el PIB potencial, es la obtención de la productividad total de los factores

(PTF), para ello, el primer paso a seguir es la estimación de la regresión sin constante, para poder hallar como residuo la PTF estimada, también llamada residuo de Solow.

$$\widehat{PTF} = \ln Y_t - \hat{\alpha} \ln L_t - \hat{\beta} \ln K_t \quad (20)$$

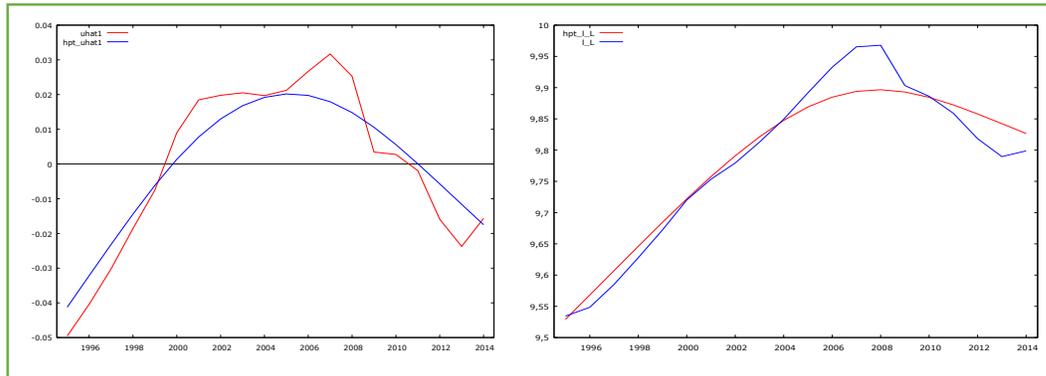
**Tabla 4. Regresión sin constante.**

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)					
Variable dependiente: l_PIBc					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor p</i>	
			<i>t</i>		
l_K	0,402598	0,040057	10,0506	<0,0001	***
l_L	0,370871	0,0327908	11,3102	<0,0001	***
Media de la vble. dep.	6,852536	D.T. de la vble. dep.		0,147591	
Suma de cuad. residuos	0,010920	D.T. de la regresión		0,024630	
R-cuadrado	0,999988	R-cuadrado corregido		0,999988	
F(2, 18)	774381,9	Valor p (de F)		3,87e-45	
Log-verosimilitud	46,75052	Criterio de Akaike		-89,50104	
Criterio de Schwarz	-87,50958	Crit. de Hannan-Quinn		-89,11229	
rho	0,815482	Durbin-Watson		0,158491	

Una vez hallada esta regresión se guardan los residuos para obtener la PTF potencial en logaritmos, realizamos el filtro de Hodrick-Prescott, éste se usa para extraer el componente tendencial de una serie macroeconómica. El valor del parámetro  $\lambda$  para el filtro se determina siempre de manera arbitraria basándose en supuestos estadísticos y econométricos predeterminados; en nuestro caso el parámetro tomará el valor de 100 ( $\lambda=100$ ) para datos anuales. También, le aplicamos el filtro de Hodrick-Prescott a la serie trabajo ( $\ln L_t$ ) esta serie filtrada es el trabajo en su nivel potencial.

A las variables obtenidas tras aplicarles el filtro HP vamos a llamarlas HPPTF y HPLnL, respectivamente.

**Gráfico 13. Filtro HP a los residuos y trabajo.**

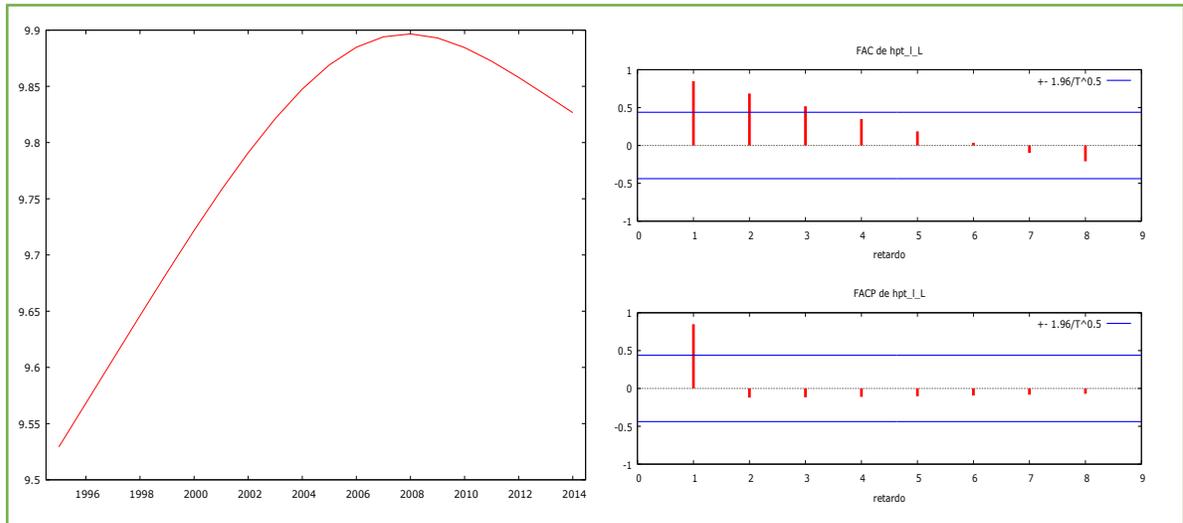


En el Gráfico 13 se puede observar la PTF potencial y estimado, mientras que en el cuadro de la derecha se puede ver la diferencia entre el trabajo potencial y observable.

Ahora vamos a estudiar si este modelo cumple el análisis de cointegración y las pertinentes hipótesis básicas. Para ello, lo haremos en tres etapas, la primera será la realización de un análisis gráfico de series temporales y correlograma de las variables, anteriormente ya se ha concluido que LnPIB y LnK son integradas de orden uno, quedará obtener el orden de integración de la serie trabajo y de la PTF en logaritmos, la segunda etapa constará en la regresión del modelo con las series integradas del mismo orden y la obtención de los residuos, a estos residuos le aplicaremos el contraste de Dickey-Fuller y ver su integración, además del análisis gráfico de la serie temporal y correlograma, si este último contraste se rechaza, las variables estarán cointegradas si las variables están cointegradas. La tercera y última etapa será la realización de una serie de contrastes para comprobar si cumple las hipótesis de normalidad de los residuos, autocorrelación y el contraste RESET de forma funcional correcta.

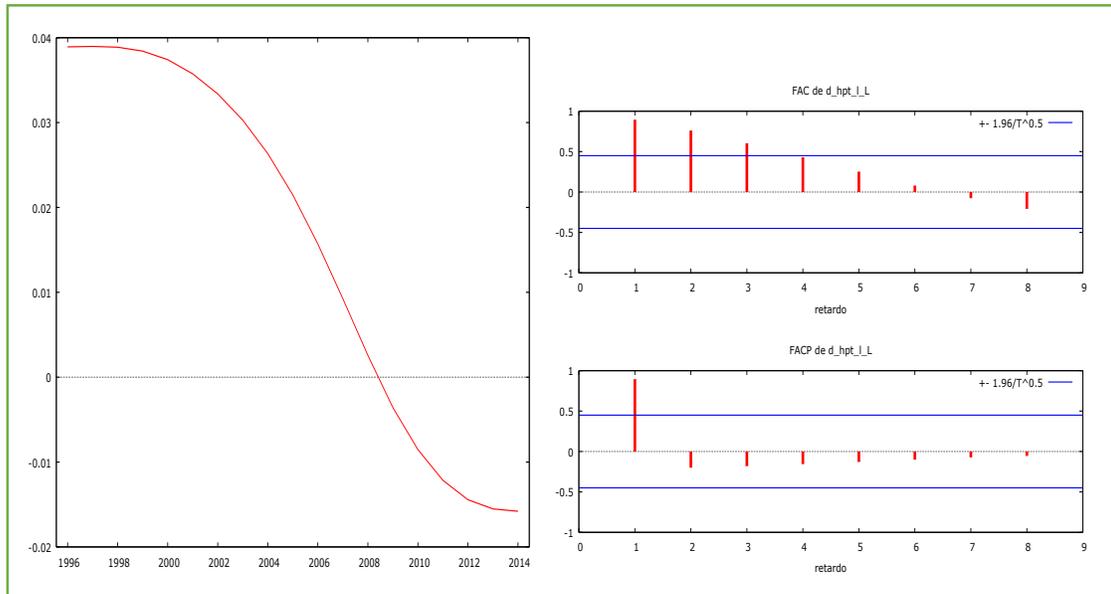
Primera etapa:

**Gráfico 14. Serie temporal y correlograma de la serie LnL filtrada.**



El Gráfico 14 nos muestra que el gráfico de las series temporales muestra una tendencia creciente hasta alcanzar un máximo a partir del cual empieza a decrecer, estableciéndose una forma de u invertida, respecto al correlograma se observa un pico muy alto y próximo a uno en la función de autocorrelación parcial (FACP) y 2-3 picos significativos en la función de autocorrelación (FAC) posiblemente incluidos por la tendencia determinista ya que la serie al menos gráficamente no muestra una tendencia estocástica que nos llevará a pensar que es  $I(1)$

**Gráfico 15. Serie temporal y correlograma de la serie  $\Delta \text{LnL}$  filtrada.**



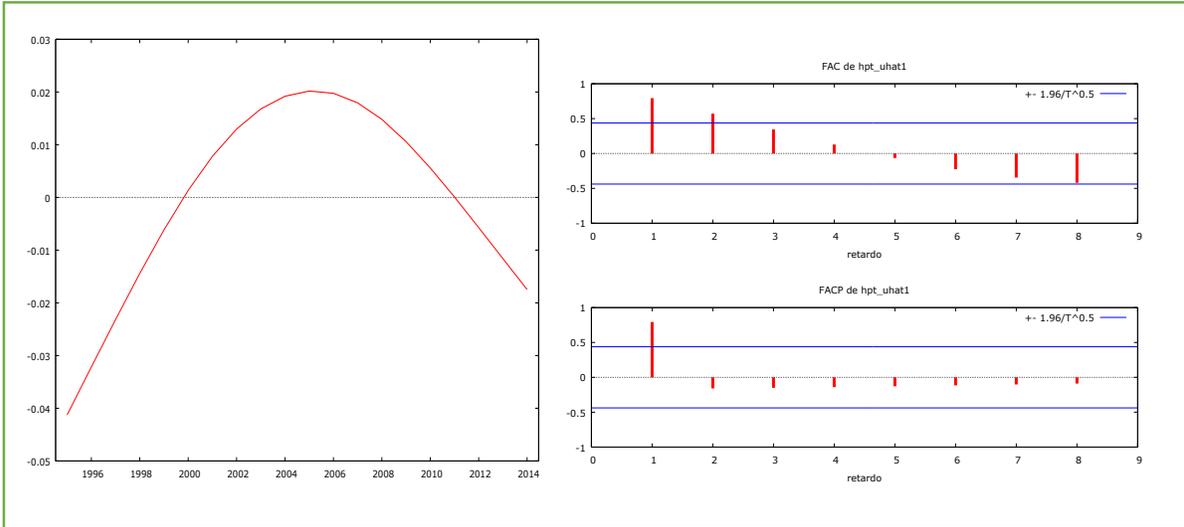
El gráfico 15, nos muestra un gráfico de series temporales decreciente es decir, cambia su tendencia de positiva a negativa, respecto al correlograma se puede observar en la función de autocorrelación que los picos van descendiendo lentamente.

**Tabla 6. Contrastes de Dickey Fuller para la serie LnL filtrada.**

Número de diferencia.	Estadístico.	p-valor	Orden de integración
0	-0,318649	0,9902	Almenos I(1)
1	-3,1542	0,001573	I(1)

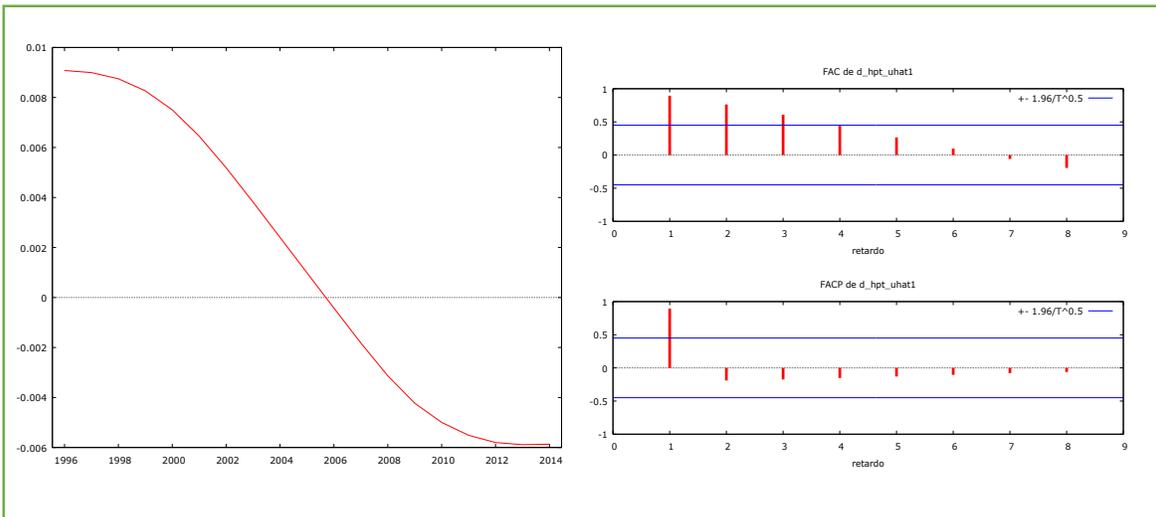
En la Tabla 6, observamos que la serie LnL filtrada es integrada de orden 1, es decir, I(1).

**Gráfico 16. Gráfico serie temporal y correlograma de LnPTF filtrada.**



El gráfico 16 nos muestra que el gráfico de series temporales muestra una tendencia creciente hasta alcanzar un máximo a partir el cual empieza a decrecer. Respecto a los correlogramas como en el caso anterior de la serie LnL filtrada, muestra un pico muy alto y próximo a uno en la FACP, en la FAC 2-3 picos significativos posiblemente inducidos por la tendencia determinista que no lleva a pensar que es  $I(1)$ .

**Gráfico 17. Gráficos de series temporales y correlograma de la serie  $\Delta$ LnPTF filtrada.**



La Gráfica 17, nos muestra un comportamiento parecido a la anterior serie  $\Delta \text{LnL}$  (tabla 15), el gráfico de las series temporales muestra un cambio de tendencia, pasa a ser negativa, mientras que (FAC) muestra un decrecimiento lento de los coeficientes.

**Tabla 7. Contrastes de Dickey Fuller para la serie LnPTF filtrada.**

Número de diferencia.	Estadístico.	p-valor	Orden de integración
0	-1,60538	0,1023	Almenos I(1)
1	-3,17366	0,001472	I(1)

La Tabla 7 nos concluye que la serie de LnPTF filtrada es de orden 1.

Segunda etapa:

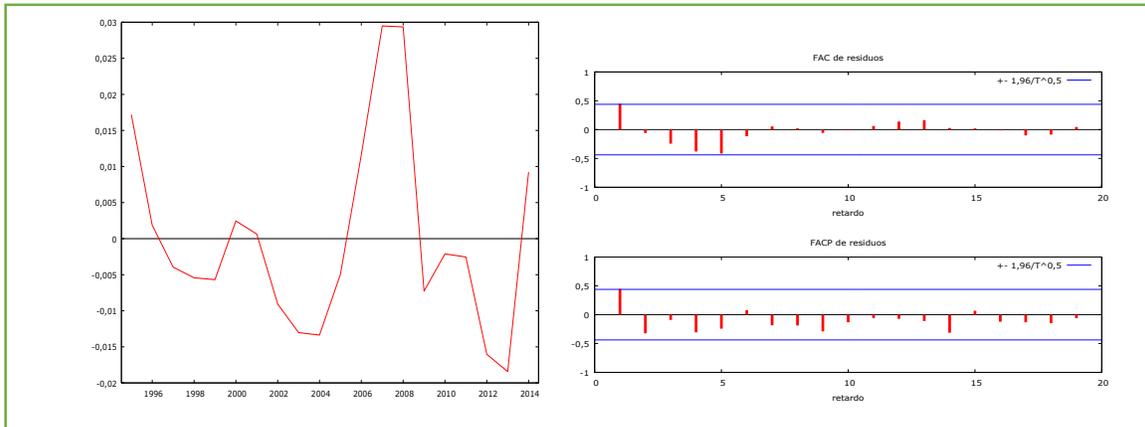
Ya hemos concluido que todas las variables son integradas de orden 1, por lo que realizamos la regresión para estimar el siguiente modelo:

$$\text{LnPIB}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LnK}_t + \beta_2 \text{HPPTF}_t + \beta_3 \text{HPLnL}_t + u_t \quad (21)$$

**Tabla 5. Estimación del PIB potencial.**

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)					
Variable dependiente: l_PIBc					
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
l_K	0,375107	0,024224	15,4849	<0,0001	***
hpt_uhat1	1,67475	0,182806	9,1614	<0,0001	***
hpt_l_L	0,393387	0,0198304	19,8375	<0,0001	***
Media de la vble. dep.	6,852536	D.T. de la vble. dep.		0,147591	
Suma de cuad. residuos	0,003450	D.T. de la regresión		0,014246	
R-cuadrado	0,999996	R-cuadrado corregido		0,999996	
F(3, 17)	1543274	Valor p (de F)		2,17e-46	
Log-verosimilitud	58,27264	Criterio de Akaike		-110,5453	
Criterio de Schwarz	-107,5581	Crit. de Hannan-Quinn		-109,9621	
rho	0,457993	Durbin-Watson		0,996204	

**Gráfico 18. Gráfico de series temporales y correlograma de los residuos.**



El Gráfico 14 nos muestra que los residuos se encuentran entorno a cero. Respecto a los correlogramas, en la función de autocorrelación presentan valores no significativos, por lo tanto, es un correlograma que se corresponde con un ruido blanco, parece que los residuos son estacionarios.

**Tabla 6. Dickey Fuller de los residuos.**

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para residuos
incluyendo 7 retardos de (1-L)residuos
(el máximo fue 7, el criterio AIC)
tamaño muestral 12
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

contraste sin constante
modelo: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,372
diferencias retardadas: F(7, 4) = 1,870 [0,2846]
valor estimado de (a - 1): -2,59594
Estadístico de contraste: tau_nc(1) = -2,37478
valor p asintótico 0,01698
    
```

El contraste de Dickey-Fuller nos indica que los residuos no son estacionarios, ya que el estadístico es mayor que el punto crítico adecuado al caso de cointegración, esto puede deberse a la ruptura que existe en el gráfico de series temporales, pero si observamos el gráfico junto el correlograma y el contraste de Durbin-Watson que es mayor que 0,9, se

puede concluir que las variables están cointegradas. Al aceptar que las variables están cointegradas, los coeficientes estimados en el modelo indican los efectos a largo plazo de cada variable sobre la producción. Las elasticidades estimadas son significativas.

Tercera etapa:

**Tabla 7. Contrastes de comprobación de las hipótesis básicas.**

<b>Contraste</b>	<b>Valor del estadístico</b>	<b>p-valor</b>	<b>Resultado del contraste</b>
H <sub>0</sub> : Normalidad de los residuos.	4,444	0,1083	Acepto H <sub>0</sub> .
H <sub>0</sub> : Correcta especificación.	3,99973	0,0405	Rechazo H <sub>0</sub> .
H <sub>0</sub> : No existe autocorrelación de orden 1.	4,117327	0,0424	Rechazo H <sub>0</sub> .

Los problemas de especificación puede deberse a los problemas de autocorrelación que presenta el modelo.

Una vez calculado todo esto, podemos proseguir con la estimación del PIB potencial, esto se hallará obteniendo los valores estimados de la Tabla 5 y aplicando la exponencial, así obtendremos el PIB potencial estimado para cada año.

$$\text{PIBpotencial} = e^{\text{LnPIB}} \quad (22)$$

**Tabla 9. Comparación con el PIB potencial calculado por la Comisión Europea (AMECO).**

<b>Año (t)</b>	<b>PIB<sub>POT,estimada</sub></b>	<b>PIB<sub>pot</sub></b>	<b>Año (t)</b>	<b>PIB<sub>POT,estimada</sub></b>	<b>PIB<sub>pot</sub></b>
<b>1995</b>	698,337	734.249	<b>2005</b>	1030,481	1001.38
<b>1996</b>	728,104	750.58	<b>2006</b>	1055,851	1036.289

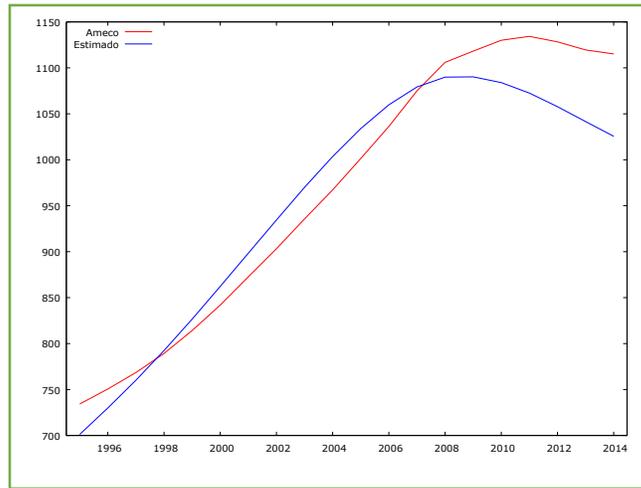
<b>1997</b>	759,357	768.474	<b>2007</b>	1076,235	1074.951
<b>1998</b>	793,229	789.259	<b>2008</b>	1088,400	1105.978
<b>1999</b>	829,017	814.157	<b>2009</b>	1088,644	1118.215
<b>2000</b>	865,784	841.887	<b>2010</b>	1083,197	1130.035
<b>2001</b>	902,077	872.682	<b>2011</b>	1072,824	1134.279
<b>2002</b>	937,089	903.207	<b>2012</b>	1058,896	1128.301
<b>2003</b>	970,800	935.649	<b>2013</b>	1043,704	1119.537
<b>2004</b>	1001,886	967.185	<b>2014</b>	1029,029	1115.161

Como se puede observar en la tabla 9, los datos que se han obtenido a través de nuestra estimación de la función de producción de tipo Cobb-Douglas, se aproximan a los obtenidos por AMECO. Esa diferencia se puede explicar, ya sea por el método usado por la entidad a la hora de realizar la estimación, por el valor de lambda ( $\lambda$ ) usado en el filtro del Hodrick-Prescott, o por las consideraciones iniciales del modelo.

Independientemente del método que se haya usado, se ve claramente que ha ido aumentando la capacidad del PIB de España desde el año 1995. En efecto, según el Banco de España en el periodo 2000-2007 el producto potencial de la economía española se situaba en alrededor de un 3% debido a un fuerte aumento laboral (L) y alto grado de acumulación de capital (K), ambos permitieron amortizar el bajo rendimiento de la productividad total de los factores.

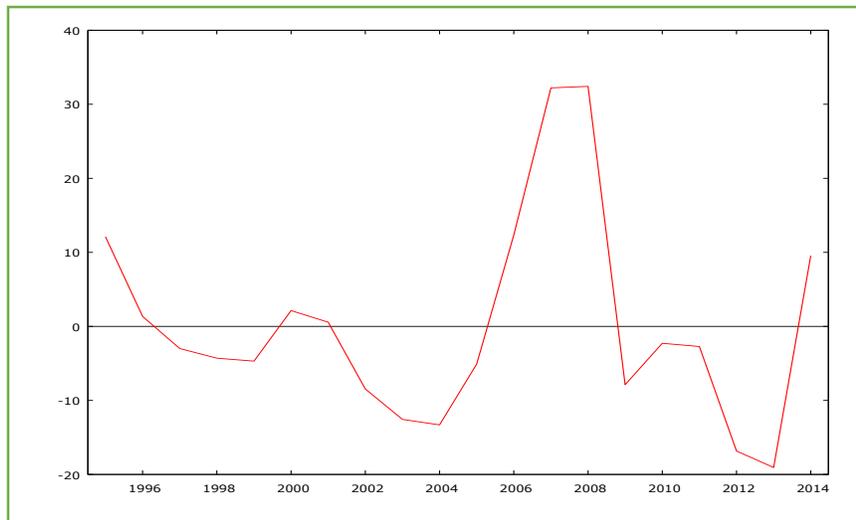
A partir del 2009 se observa un parón en el crecimiento del producto potencial; se debe al efecto brutal de la crisis sobre la economía española, esto se manifiesta por una reducción considerable de la aportación del stock de capital que afectó negativamente a la inversión. En efecto, la crisis hizo que los inversores empezaron a perder confianza en inversiones españolas, lo que afectó el portafolio de capitales y la situación empeoró cuando explotó la burbuja inmobiliaria.

**Gráfico 15. Comparación entre PIB potencial estimado y el PIB potencial AMECO.**



El Gráfico 15 nos representa la evolución entre el PIB potencial que hemos estimado mediante nuestro modelo y el hallado de la comisión europea. Observamos que ambos tienen la misma tendencia creciente aunque en el estimado mediante nuestro modelo tiende a decrecer a partir del año 2007. Como ya lo hemos explicado anteriormente esa diferencia se debe a los diversos métodos de cálculos y de estimación del producto potencial.

**Gráfico 16. Output Gap**



El output gap también representa la diferencia entre el nivel real de producción y su nivel potencial y se obtiene mediante una diferencia entre el PIB a precios constantes y el PIB potencial, como se puede observar en el Gráfico 16, donde se observa que el output gap que hemos obtenido recoge bastante bien los periodos recientes de expansión y crisis de la economía española.

## **6. CONCLUSIONES**

El objetivo de ese trabajo era estimar el PIB potencial, para ello lo primero que se ha hecho es definir este concepto, además de ver cuáles fueron sus orígenes; después de esto, hicimos una revisión bibliográfica de los métodos más comunes para estimar dicho PIB potencial.

A continuación tratamos un caso práctico sobre la estimación del producto potencial de la economía española durante el periodo 1995-2014. El objetivo era usar el método de la función de producción, frecuentemente utilizado por instituciones para llevar a cabo dicha estimación, el primer paso para dicha estimación, ha sido plantear una regresión usando la función de producción de tipo Cobb-Douglas, de esta regresión hallamos los residuos aplicándole el filtro de Hodrick-Prescott, este filtro extrae el componente tendencial y así obtener la productividad total de los factores potencial. A la serie trabajo le hemos quitado el componente tendencial usando el mismo filtro HP para obtener el trabajo potencial. Una vez realizado esto y con esos datos hemos planteado una nueva regresión para estimar el PIB potencial. Para terminar, hicimos una comparación entre el PIB potencial que hemos obtenido mediante nuestra regresión y el producto potencial proporcionado por la base de datos AMECO de la Comisión Europea.

Aunque los resultados sobre la obtención del PIB potencial difieren con los datos de la base de datos AMECO, esto puede deberse a la especificación del modelo, o a los procedimientos más complejos usados por los investigadores europeos. En todo caso el trabajo ha servido para obtener un método no muy complicado que permite apreciar los

periodos en los que la economía española se encuentra por encima o por debajo de su nivel potencial.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, Ch. P. FENTON y LARSEN F. (1987): "Potential Output In Major Industrial Countries". *International Monetary Fund*, Washington, D.C. pp 1-29.

BERG, A. (1984): "Estimation of Production Capacities in a Putty- Clay Production Model: Norwegian Manufacturing Industries, 1962- 81", *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 86, No.3. pp. 378-384.

BEVERIDGE, S. y C. NELSON (1981): "A New Approach to Decomposition of Economic Time Series into Permanent and Transitory Components with Particular Attention to Measurement of the Business Cycles". *Journal of Monetary Economics* Vol 7, pp 151–174.

BLANCHARD, O. J. y QUAH, D. (1989): "The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances", *American Economic Review*, Vol 79, No. 4, Septiembre, pp. 655-673.

BRANSON, W. (1985): *Macroeconomic Theory And Policy*. Harper & Row Publishers, N.Y.

CABREDO P. y L. VALDIVIA R., (1999): "Estimación del PIB potencial: Perú (1950-1997)" *Banco central de la reserva de Perú*. Estudios económicos.

CUBA, B. (1995): "Estimación del PBI Potencial y de la Brecha del PIB: Perú 1970-1995", *Revista de Economía* Vol. XVII, No. 35-36, Julio-Diciembre 1995.

DE MASI, y PAULA R. (1997): "IMF Estimates of Potential Output: Theory and Practice". *IMF Working Paper*. WP/97/177. December.

DESERRES, A. y ST-AMANT, P. (1995): "Estimating and Projecting Potential Output Using Structural VAR Methodology: The Case of the Mexican Economy", *Bank of Canada Working Paper No 95-2*, Marzo 1995.

*Fondo Monetario Internacional: estudios económicos y financieros* (2014): "Perspectivas de la economía mundial: secuelas nubarrones e incertidumbres". Octubre 2014 ISBN 978-1-48432-306-9 (edición digital).

GALLARDO, P. y P. MONTEVERDE (1996): "Técnicas y Métodos de Estimación del PBI potencial para la economía peruana: 1950-1992" *Investigación, Lima 1996*, pp. 95-137.

HAVIK *et al* (2014): "The Production Function Methodology for Calculating Potential Growth Rates & Output Gapes". *Economic papers*, Vol. 535.

HERNÁNDEZ DE COS. P.*et al*, (2004): "Una estimación del crecimiento potencial de la economía Española", *Documentos Ocasionales* nº 0405, Banco de España.

HERNÁNDEZ DE COS. P.*et al*, (2011): "Una estimación del crecimiento potencial de la economía Española", *Documentos Ocasionales* nº 1104, Banco de España.

HODRICK, R. y E. PRESCOTT (1980): "Postwar U.S. Business Cycles: an Empirical Investigation" *Carnegie-Mellon University; Discussion Papers* 451, Northwestern University.

KALMAN, R. (1960): "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems" *Transactions of the ASME - Journal of Basic Engineering* Vol. 82: pp. 35-45.

MC MORROW, K. y W. ROEGER (2001): "Potential Output: Measurement Methods, New Economy Influences and Scenarios for 2001-2010". *A Comparison of the EU15 and the US*, European Commission, Economic Papers, 150.

Mc MORROW, K. y W. RÖGER. (2007): "La estimación y los usos del concepto de tasa de crecimiento potencial: Perspectiva general de la metodología de la función de producción que utiliza la comisión europea" *Papeles de economía española*. Núm: 111. pp. 80-98.

PHILLIPS, A. (1958): "The Relation Between Unemployment and the Rate of Change of Money Wages Rates In the U.K." *Economics November 1958*. pp 283-299.

SACHS, J. y LARRAÍN, F. (1985): *Macroeconomía en la economía global*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México.

SAMUELSON, P. y W. NORDHAUS (1988): *Economics: An Introductory Analysis*. McGraw-Hill (18th ed., 2004).

## 8. ANEXO

**Tabla 1. Dickey-Fuller Ampliado para  $\ln\text{PIB}_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $\ln\text{PIB}_t$   
incluyendo 5 retardos de  $(1-L)\ln\text{PIB}_t$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 14  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

con constante y tendencia  
modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : 0,997923  
Estadístico de contraste:  $\tau_{ct}(1) = 0,960187$   
valor p asintótico 0,9999  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,046  
diferencias retardadas:  $F(5, 6) = 0,657 [0,6695]$

**Tabla 2. Dickey-Fuller para  $\ln\Delta\text{PIB}_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $\ln\Delta\text{PIB}_t$   
incluyendo 0 retardos de  $(1-L)\ln\Delta\text{PIB}_t$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 18  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,171098  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -1,31757$   
Valor p 0,1666  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,007

**Tabla 3. Dickey Fuller para  $\Delta^2 \text{LnPIB}_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $d\_d\_1\_PIBc$   
incluyendo 0 retardos de  $(1-L)d\_d\_1\_PIBc$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 17  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -1,07228  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -3,99678$   
Valor p 0,000501  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,037

**Tabla 4. Dickey Fuller para  $\text{LnK}_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $l\_K$   
incluyendo un retardo de  $(1-L)l\_K$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 18  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

con constante y tendencia  
modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,136788  
Estadístico de contraste:  $\tau_{ct}(1) = -3,21236$   
valor p asintótico 0,08192  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,100

**Tabla 5. Dickey Fuller para  $\Delta \text{Ln}K_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $d_{1\_K}$   
incluyendo un retardo de  $(1-L)d_{1\_K}$   
(el máximo fue 7, el criterio AIC)  
tamaño muestral 17  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0.0272384  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -0.935921$   
valor p asintótico 0.3114  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.014

**Tabla 6. Dickey Fuller para  $\Delta^2 \text{Ln}K_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $d_{d_{1\_K}}$   
incluyendo 0 retardos de  $(1-L)d_{d_{1\_K}}$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 17  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,341471  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -1,81553$   
Valor p 0,06706  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,050

**Tabla 8. Dickey Fuller para  $\ln L_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $l_L$   
incluyendo un retardo de  $(1-L)l_L$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 18  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

con constante y tendencia  
modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,114771  
Estadístico de contraste:  $\tau_{ct}(1) = -1,47396$   
valor p asintótico 0,8386  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,070

**Tabla 9. Dickey Fuller para  $\Delta \ln L_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $d_{l_L}$   
incluyendo 0 retardos de  $(1-L)d_{l_L}$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 18  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -0,22022  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -1,45929$   
Valor p 0,1306  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,020

**Tabla 10. Dickey Fuller para  $\Delta^2 \text{Ln}L_t$**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para  $d_{d_1L}$   
incluyendo 0 retardos de  $(1-L)d_{d_1L}$   
(el máximo fue 6, el criterio AIC)  
tamaño muestral 17  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

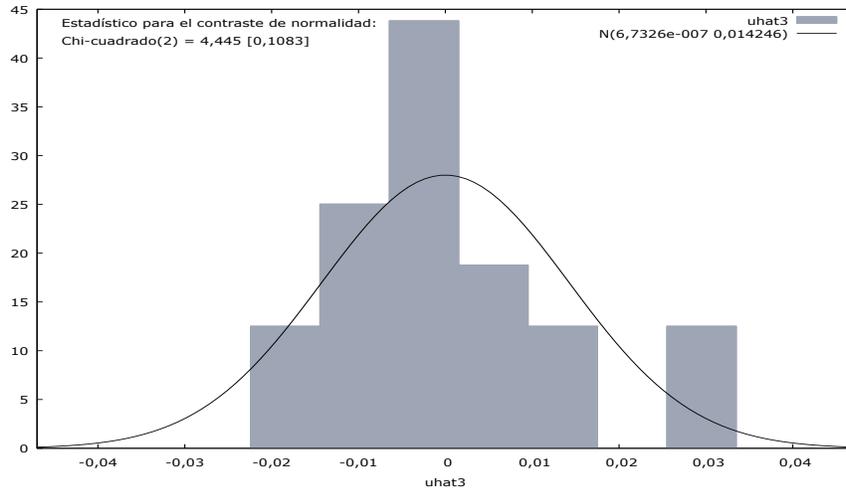
contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + e$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -1,08314  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -4,13882$   
Valor p 0,0003616  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,038

**Tabla 11. Dickey-Fuller residuos.**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para residuos  
incluyendo 7 retardos de  $(1-L)$ residuos  
(el máximo fue 7, el criterio AIC)  
tamaño muestral 12  
hipótesis nula de raíz unitaria:  $a = 1$

contraste sin constante  
modelo:  $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,372  
diferencias retardadas:  $F(7, 4) = 1,870 [0,2846]$   
valor estimado de  $(a - 1)$ : -2,59594  
Estadístico de contraste:  $\tau_{nc}(1) = -2,37478$   
valor p asintótico 0,01698

**Tabla 12. Contraste de normalidad de los residuos.**



**Tabla 13. Contraste de autocorrelación.**

Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación de primer orden  
MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)  
Variable dependiente: uhat

Valor p	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	
l_K	0,00268986	0,0222905	0,1207	0,9055
hpt_uhat1	-0,0174489	0,168138	-0,1038	0,9186
hpt_l_L	-0,00217996	0,0182470	-0,1195	0,9064
uhat_l	0,460905	0,226311	2,037	0,0586 *

R-cuadrado = 0,205866

Estadístico de contraste: LMF = 4,147742,  
con valor p =  $P(F(1,16) > 4,14774) = 0,0586$

Estadístico alternativo:  $TR^2 = 4,117327,$   
con valor p =  $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 4,11733) = 0,0424$

Ljung-Box  $Q' = 4,62017,$   
con valor p =  $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 4,62017) = 0,0316$

**Tabla 14. Contraste RESET. Forma funcional.**

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET  
MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)  
Variable dependiente: l\_PIBc

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
l_K	4,20406	2,15154	1,954	0,0696	*
hpt_uhat1	21,4345	11,5397	1,857	0,0830	*
hpt_l_L	2,25577	0,662575	3,405	0,0039	***
yhat^2	-1,85826	0,780397	-2,381	0,0309	**
yhat^3	0,119236	0,0457143	2,608	0,0198	**

Estadístico de contraste: F = 3,999727,  
con valor p = P(F(2,15) > 3,99973) = 0,0405

**Tabla 16. Contraste Dickey Fuller para LnL Filtrada.**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para hpt\_l\_L  
incluyendo 7 retardos de (1-L)hpt\_l\_L  
(el máximo fue 7, el criterio AIC)  
tamaño muestral 12  
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

con constante y tendencia  
modelo:  $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$   
valor estimado de (a - 1): 0.00352648  
Estadístico de contraste: tau\_ct(1) = 0.0156063  
valor p asintótico 0.9965  
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.637  
diferencias retardadas: F(7, 2) = 1072.274 [0.0009]

**Tabla 17. Contraste de Dickey Fuller para  $\Delta \ln L$  Filtrada.**

```
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_hpt_1_L
incluyendo 7 retardos de (1-L)d_hpt_1_L
(el máximo fue 7, el criterio AIC)
tamaño muestral 11
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

contraste sin constante
modelo: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0348887
Estadístico de contraste: tau_nc(1) = -3.15424
valor p asintótico 0.001573
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.589
diferencias retardadas: F(7, 3) = 1860.668 [0.0000]
```

**Tabla 18. Contraste Dickey-Fuller para  $\ln PTF$ .**

```
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para hpt_uhat1
incluyendo 6 retardos de (1-L)hpt_uhat1
(el máximo fue 7, el criterio AIC)
tamaño muestral 13
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

contraste sin constante
modelo: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0107544
Estadístico de contraste: tau_nc(1) = -1.60538
valor p asintótico 0.1023
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.158
diferencias retardadas: F(6, 6) = 22589.617 [0.0000]
```

**Tabla 19. Contraste de Dickey Fuller para  $\Delta \text{LnPTF}$ .**

```
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_hpt_uhat1
incluyendo 6 retardos de (1-L)d_hpt_uhat1
(el máximo fue 6, el criterio AIC)
tamaño muestral 12
hipótesis nula de raíz unitaria: a = 1

contraste sin constante
modelo: (1-L)y = (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0717045
Estadístico de contraste: tau_nc(1) = -3.77512
valor p asintótico 0.0001598
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.524
diferencias retardadas: F(6, 5) = 2959.391 [0.0000]
```