



Universidad de Oviedo  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

**GRADO EN  
ECONOMÍA**

**CURSO 2019-2020**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL: Impacto de la crisis del  
2008 y posterior evolución de la demanda a través de  
modelos econométricos.**

**JUAN FERNÁNDEZ BUSTILLO**

**OVIEDO, JULIO DE 2020**



## **RESUMEN**

El sector del automóvil ha seguido una tendencia ascendente desde sus orígenes, que se ha visto frenada especialmente por la crisis económica del 2008, la cual ha afectado fuertemente al sector, tanto por el lado de la oferta, referente a la producción de vehículos, como por el lado de la demanda, relacionado con la matriculación de nuevos vehículos. Debido a la importancia que ha tomado el sector en la economía mundial, se ha convertido en un importante objeto de estudio de la ciencia económica, entre otras. Por lo tanto, con este trabajo vamos a tratar de ver cuales han sido alguno de los factores relevantes en la oferta y demanda de vehículos de nuestro país durante y después de la crisis, mediante la estimación de modelos econométricos. Además de ver el efecto que causaran estas variables, se comprobará la importancia de incluir en el análisis del comportamiento del sector variables que hagan referencia al efecto causado por la crisis. Con todo esto, sentaremos unas bases que servirán para la realización de trabajos similares en años posteriores donde se incluyan los efectos que se producirán tras la aparición del COVID-19.

## **ABSTRACT**

The automotive sector has followed an upward trend since its inception, which has been particularly slowed by the economic crisis of 2008, which has hit the sector strongly, both on the supply side, in terms of vehicle production and on the demand side, related to the registration of new vehicles. Due to the importance of the sector in the world economy, it has become an important object of study of economic science, among others. Therefore, with this work we will try to see what some of the relevant factors in the supply and demand of vehicles of our country during have been and after the crisis, by estimating econometric models. In addition to seeing the effect of these variables, the importance of including in the analysis of the behavior of the sector variables that refer to the effect caused by the crisis will be checked. With all this, we will lay a foundation that will serve to carry out similar work in later years that include the effects that will occur after the emergence of COVID-19.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
1. DESARROLLO DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL EN ESPAÑA.....	6
1.1. ORIGEN .....	6
1.2. EXPANSIÓN DEL SECTOR .....	9
1.3. IMPACTO DE LA CRISIS EN EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL ESPAÑOL..	11
1.3.1. Contrastes de cambio estructural .....	12
1.3.2. Aplicación de los contrastes de cambio estructural .....	14
2. MODELO DE DEMANDA DE AUTOMÓVILES .....	19
2.1. VARIABLES DEL MODELO .....	19
2.2. ESTIMACIÓN DEL MODELO .....	20
2.3. VALIDACIÓN DEL MODELO .....	22
2.3.1. Test RESET de Ramsey .....	22
2.3.2. Contrastes de linealidad.....	23
2.3.3. Multicolinealidad .....	23
2.3.4. Cambio estructural .....	24
2.3.5. Endogeneidad .....	24
2.3.6. Contrastes sobre los residuos .....	25
2.4. ANÁLISIS DE PREDICCIONES .....	27
2.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	28
CONCLUSIONES.....	29
ANEXOS .....	32
ANEXO A.1: Estimación MCO Modelo 2.....	32
ANEXO A.2: Estimación MCO añadiendo d_SMI .....	32
Anexo A.3: Modelo 3 (añadida la variable splitdum) .....	33
Anexo A.4: Estimación con variables instrumentales .....	34
Anexo A.5: Contraste de heterocedasticidad sobre el Modelo 3 .....	35
Anexo A.6: Predicciones con el Modelo 3 .....	35

# INTRODUCCIÓN

El automóvil es uno de esos inventos que podemos considerar que revolucionó el mundo, pero los cambios que trajo consigo no fueron instantáneos, ya que al principio solo estaba al alcance de unos pocos privilegiados. Con el paso del tiempo ha sido accesible para casi todas las personas, hasta ser uno de los bienes que no falta en casi ninguna casa.

Hoy todo el mundo lo tiene normalizado, pero han pasado más de cien años desde que el automóvil tuvo su primera versión propulsada por motor de combustión en el año 1885, cuando se vislumbró una nueva manera de desplazarse, sin la dependencia de horarios o zonas que el ferrocarril ofrecía antes de su aparición. Desde entonces las personas hemos evolucionado teniendo en cuenta su presencia, tal y como refleja la constitución de las ciudades, que desde ese momento no tienen la necesidad de tener todo en un mismo núcleo. Además, el indicador más claro son todos los kilómetros de asfalto que hemos construido por todo el mundo para poder movernos con este invento.

Las externalidades asociadas al automóvil tienen dos caras: por una parte, lleva asociada una elevada contaminación y por otra -especialmente relevante para el presente trabajo- constituye una de las principales actividades manufactureras del mundo. Este hecho conlleva que la industria automovilística sea uno de los pilares de la economía mundial y deba ser entendida no solo como la fabricación de automóviles sino como todas las actividades relacionadas con la producción de automóviles, e incluso industrias de bienes complementarios a éste, como puede ser los derivados del petróleo.

Además de esta gran importancia a nivel económico, el sector automovilístico representa una industria que debemos tener muy presente, ya que como refleja Womack, J.P, Jones, D.T y Roos, D. (2017): “La máquina que cambió el mundo”, este sector a lo largo de los años nos ha hecho cambiar la forma de pensar y producir. Esto quedó claramente reflejado tras la Primera Guerra Mundial, cuando la implementación de una nueva forma de producción llamada fordismo o producción en cadena, revolucionó la manera de ver la eficiencia en la producción, facilitando entre otros motivos que Estados Unidos llegase a ser potencia mundial. Hay más ejemplos a lo largo de la historia, pero lo relevante es comprender que el sector automovilístico es estratégico para la economía, pionero en muchas innovaciones, por lo que su importancia va más allá de lo puramente económico.

Para España no ha sido menos, ya que durante muchos años el sector automovilístico ha sido una de las principales bases sobre la que se ha apoyado nuestra economía. Esto se refleja en que, en el año 2008, el sector de la automoción representaba el 19,7% de las exportaciones de nuestro país, el 8,8% del empleo total de España y el 6,3% del PIB nacional.

Teniendo en cuenta que ese año 2008 comienza la crisis económica que afecta entre otros muchos países, a España y sus sectores, este trabajo se propone estudiar desde un punto de vista econométrico cómo ha evolucionado el sector automovilístico en nuestro país después de la crisis y qué variables han influido en ello. El objetivo final es analizar si el sector se ha recuperado y cuáles son sus perspectivas futuro, bajo el escenario de que la economía siguiera su tendencia actual, es decir, obviando la crisis que sucederá al estado de alarma que actualmente estamos viviendo.

La elección de este tema se debe a que, si bien existen muchos estudios del sector posteriores a la crisis, ninguno de ellos trata el tema desde una óptica de modelos econométricos, por lo que me parecía interesante poder estudiar un tema tan importante para la economía mundial desde un punto de vista diferente.

La estructura del estudio que a continuación realizaremos se va a dividir en dos grandes bloques, el primero tendrá como objetivo ver la evolución del sector desde sus orígenes hasta la crisis, incluyendo una explicación de cómo le ha afectado. Esta parte se abordará a nivel teórico, para llegar a comprender la importancia que ha ganado el sector en nuestro país y también una parte de aplicación econométrica, para analizar el impacto de la crisis de 2008 en el sector del automóvil en España.

En el segundo bloque, construiremos varios modelos para analizar la demanda de automóviles en nuestro país, y sobre ellos realizaremos y analizaremos predicciones expost, con la finalidad de ver el comportamiento que ha tenido la demanda de automóviles. Por último, el trabajo finalizará con unas conclusiones donde hablaremos un poco sobre el futuro que nos depara la actual crisis ligada al COVID-19.

# 1. DESARROLLO DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL EN ESPAÑA

Como hemos comentado en el apartado anterior, el sector del automóvil tiene una gran importancia para la economía de nuestro país. Para poder analizar su situación después de la crisis, es importante explicar cómo ha evolucionado este sector en España a lo largo de los últimos años. Por ello, en estos apartados iniciales vamos a intentar describir los pasos que ha dado el sector del automóvil para llegar a ser un pilar tan importante en nuestra economía.

## 1.1. ORIGEN

Tras la invención del automóvil, fue Estados Unidos quien dio el primer paso, debido a la implantación del fordismo ya mencionado en la introducción. Este sistema de producción, que comenzó a aplicarse en el año 1908 como más extensamente se explica en Safon Cano, V. (2007), se caracteriza por separar las etapas de la cadena de montaje en tareas específicas, que podría realizar incluso la mano de obra no cualificada. De esta manera, cada parte de la cadena de producción era sistemática y por lo tanto la mano de obra designada a cada una de éstas solo debía centrarse en su parte, lo que permitió reducir los tiempos de producción y los costes de ésta, traduciéndose en una bajada de precio del producto.

La implementación de este modelo de producción realmente significó el inicio del sector industrial del automóvil, ya que éste dejó de ser un bien de lujo a medida que una mayor parte de la población podría adquirirlo. Además, esto conllevó una ventaja comparativa sobre el resto de los competidores a nivel mundial, por lo que Ford consiguió una expansión comercial gracias a las exportaciones fruto de esta ventaja.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, como se desarrolla en García Ruíz, J.L. (2001), todos los países deberían haber sustituido sus modelos de producción artesanales orientados a una demanda pequeña, por los nuevos modelos orientados a la producción en masa, que permitiera cubrir la demanda interna y externa. Lo cierto es que esto no había sido así y Europa seguía yendo un paso por detrás de Estados Unidos, pero a mitad de siglo la producción en Europa Occidental despertó liderada entre otras por Alemania. Se puede decir que por fin Europa se había adaptado a los modelos de producción en masa, y como fruto de esto no solo cubrían lo necesario para sus países, sino que tenían un gran porcentaje de exportaciones. Con el paso de los años, todos los países europeos fueron desarrollando este sector a una mayor o menor velocidad, incluida España, que experimentó una progresión brillante del sector, aunque condicionada por su fase nacionalista.

Una vez establecido el contexto mundial, es importante desarrollar cómo ha sido la evolución del sector en España durante el siglo XX, ya que, aunque los inicios del sector datan de 1899 con los vehículos de "E. la Cuadra y Cía.", cuya empresa fue cerrada en 1901 por problemas financieros, el verdadero origen de la industria automovilística española se encuentra en 1904 con la creación de la empresa "La Hispano Suiza", que era una evolución de la anteriormente mencionada "La Cuadra".

Sus primeras instalaciones se encontraban en Barcelona, y aprovechaban parte del equipo técnico y parte del personal especializado que constituían la primera sociedad. Además, a esto le añadieron nueva maquinaria, lo que llevaría a que en 1911 se construyera su fábrica de automóviles, materializando así el verdadero inicio del sector en España.

La prueba de que el sector empieza a tener importancia en nuestro país llega en los años veinte, cuando dos grandes empresas multinacionales como Ford y General Motors se instalan en España. Este hecho, por lo tanto, también implicó una mayor presencia de sus modelos de producción en masa, dejando un panorama del sector separado entre aquellas empresas nacionales que seguían usando modelos artesanales y las nuevas filiales de grandes empresas que se dedicaban a montar partes importadas. No obstante, es necesario destacar que la empresa española seguía estando desprotegida frente a los automóviles extranjeros debido a la poca protección arancelaria.

La evolución del sector se vio paralizada durante los años de la Guerra Civil y la dura posguerra, pero esto sirvió como punto de apoyo para el desarrollo posterior y es que como refleja Ramírez Muñoz, R. (1993), en los años siguientes concretamente en 1946, se crea ENASA (Empresa Nacional de Autocamiones) y en 1949 SEAT (Sociedad Española de Automóviles), a los que se le suma posteriormente la creación de FASA (Fabricación de Automóviles). Todo esto constituye un hito para el sector nacional, y es que la finalidad de estas empresas es favorecer la producción nacional frente a la importación; el mayor reflejo de esta intención es el modelo "600", presentado en 1955 por FIAT, que formaba parte de la Sociedad Española de Automóviles. Hoy, la mayoría de la población sabemos la importancia que supuso este coche para la sociedad, incluso muchos autores dicen que fue uno de los detonantes del éxodo rural e impulsor de la modernización de la sociedad. En gran parte, su importancia se vio facilitada por la situación de autarquía que vivía nuestro país y es que, en los primeros años, la obligación de acudir al mercado nacional para realizar el proceso de producción tenía un límite mínimo del noventa por ciento, por lo que el modelo -a pesar de ser de un diseñador italiano- se construía en fábricas españolas gracias a la licencia que tenía SEAT.

A todos estos grandes pasos que estaba tomando la industria nacional, se le suma en el año 1958 la instalación en la ciudad de Vigo del grupo PSA Peugeot-Citroën, que en años posteriores será uno de los líderes del sector. A pesar de no tener unas condiciones iniciales favorables en comparación con otros países vecinos, el sector automovilístico español empezaba a cobrar importancia, debido tanto a las medidas adoptadas por la industria nacional, como a la instalación de multinacionales, las cuales vieron en nuestro país ventajas como bajos costes laborales y la cercanía a un mercado tan potente como es el europeo y más con la entrada en la Unión Europea en 1986. Esto se puede ver reflejado en que en muy pocos años se pasó de no tener ningún productor de vehículos a una situación de coexistencia de los ya mencionados Ford, General Motors, SEAT, FASA que sería posteriormente FASA-Renault, Chrysler y Citroën.

Como hemos mencionado, hasta ese momento la industria tenía un peso bastante irrelevante en nuestra economía, pero esto cambia hasta el punto de que en 1960 se convertirá en un pilar fundamental para el gran desarrollo industrial de España. Este hecho se ve favorecido por la situación de la sociedad española en ese momento, y es que las condiciones de vida de ésta mejoran, teniendo un mayor poder adquisitivo, lo que propicia un aumento de su demanda de vehículos incluso superando la oferta. Este exceso de la demanda interna de vehículos sobre la oferta obligaría a la industria a maximizar su producción, única opción teniendo en cuenta las políticas proteccionistas y los excesivos aranceles que condicionaban las intenciones de los productores nacionales de importar piezas o automóviles del extranjero.



Esta situación implicaba que fuera imposible cubrir la demanda exigida por la gente y provocaba una situación donde había incluso listas de espera para conseguir comprar un automóvil (se estimaba que había 1 coche por cada 100 habitantes). De ahí que muchos fabricantes nacionales solicitaran una mayor apertura al extranjero para poder importar piezas o incluso vehículos, que les permitieran cubrir la demanda. Su otra queja como se refleja en Ortiz-Villajos, J.M. (2001), es lo poco desarrollada que estaba la industria auxiliar del automóvil y lo poco que se le ayudaba, ya que ésta no solo sufría los cambios en la necesidad de las piezas de los fabricantes, que cambiaban los modelos que producían sin previo aviso, sino que también sufrían las exigencias de los mercados de repuesto de piezas.

Además de sufrir este doble efecto, la industria auxiliar no tenía tantos recursos para poder responder, ya que al ser empresas más pequeñas que los fabricantes, tenían mayores dificultades para acceder a la financiación. También tenía otra queja, y es que derivado de su condición de empresa auxiliar tenía que soportar unas condiciones de pago con demasiada demora, lo que les dificultaba la autofinanciación y el crecimiento que ello conlleva. Como consecuencia, en ese momento la situación entre empresas principales o fabricantes y empresas auxiliares no era la más favorable a la hora de responder ante las exigencias de la población.

Esta situación empieza a cambiar en 1967, cuando las empresas auxiliares empiezan a adoptar una identidad como sector, lo que conlleva un mayor acuerdo y homogeneidad entre ellas. De esta nueva actitud, nace Servicio Técnico Comercial de la Industria Auxiliar de la Automoción (Sernauto), que era una asociación de las empresas del sector, lo que facilitaría la negociación con el Gobierno y otras empresas. Esta nueva condición se unió a una mayor apertura de fronteras, que favoreció las inversiones del extranjero y a la política estabilizadora de ese año, que conllevó una devaluación de la moneda. De ahí que el panorama español cambiara, y en ese momento es cuando se logró cubrir todo ese exceso de demanda, y se empezó a hacer una apertura al exterior en forma de exportaciones.

Para finalizar esta etapa, es importante destacar la fase de apertura gradual que adoptó España a lo largo de la década de los setenta, gracias en gran medida a las condiciones que solicitaban algunas multinacionales para ubicar sedes en nuestro país. El mayor exponente de esta situación fue el acuerdo firmado por Henry Ford para instalar una de sus plantas de producción en Valencia a cambio de que el mínimo local bajase del 90%, anteriormente comentado, al 50%. Este acuerdo se llevó a cabo en el año 1972 y facilitó la incorporación de otros productores en nuestro país años después.

## 1.2. EXPANSIÓN DEL SECTOR

Una vez que el sector ya tiene asentadas unas buenas bases en nuestro país, su crecimiento será más fácil, viéndose además potenciado por la incorporación de España a la Comunidad Europea. No obstante, la expansión del sector se ve frenada en nuestro país por la crisis económica de 1993, originada por el estallido de la burbuja inmobiliaria en Japón que afectó a muchos países desarrollados. Además, a este hecho se le puede añadir la crisis del petróleo y los conflictos derivados del precio de éste, que aumentó la dificultad de crecimiento del sector del automóvil no solo en España, sino en todo el mundo.

A pesar de verse condicionado, el crecimiento no ha parado y un claro reflejo de ello es que, en el año 2002, como muestra la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones, España se convertiría en el sexto mayor productor a nivel mundial, una condición que se mantendría hasta finales de esa década, fecha correspondiente con la crisis. Esta situación se ha visto favorecida en gran medida por las actuaciones llevadas a cabo por el Gobierno de España en esas fechas. En primer lugar, es importante destacar los programas denominados Plan RENOVE 1 y 2, implementados en los años 1994 y 1995 respectivamente. Como explica Sobrido Prieto, M., (2003), el plan consistía en aplicar unas medidas cuya finalidad era reactivar la demanda interna de automóviles, lo que provocaría una renovación del parque automovilístico español. Además, también traería unos efectos derivados positivos y es que debido a que los coches nuevos eran más seguros y menos contaminantes, con esta medida se disminuirían los accidentes y el impacto sobre el medio ambiente, efectos respaldados por la aparición de la ITV (Inspección Técnica de Vehículos) a finales de los años ochenta. Los Planes RENOVE, en un principio se diseñaron solo para los vehículos de turismo, sobre los que se aplicaban medidas de carácter fiscal, pero posteriormente se implementaron también para los vehículos de carácter industrial, sobre los que se aplicarían medidas relacionadas con su financiación y facilitar los créditos para su adquisición.

A esta primera iniciativa, se le suma el otro gran motivo para la recuperación y expansión del sector, el Plan PREVER. Este plan se inicia en el año 1997 y se mantiene hasta el año 2007; las medidas que aportaba este plan eran deducciones en el Impuesto de Matriculaciones, tanto para la adquisición de nuevos vehículos, como para la adquisición de vehículos usados. Este plan tuvo mucho más impacto en los primeros años, pero tanto éste como los anteriores han colaborado en gran medida a la renovación del parque automovilístico español, lo que se ha traducido en una recuperación después de la crisis y una gran expansión del sector.

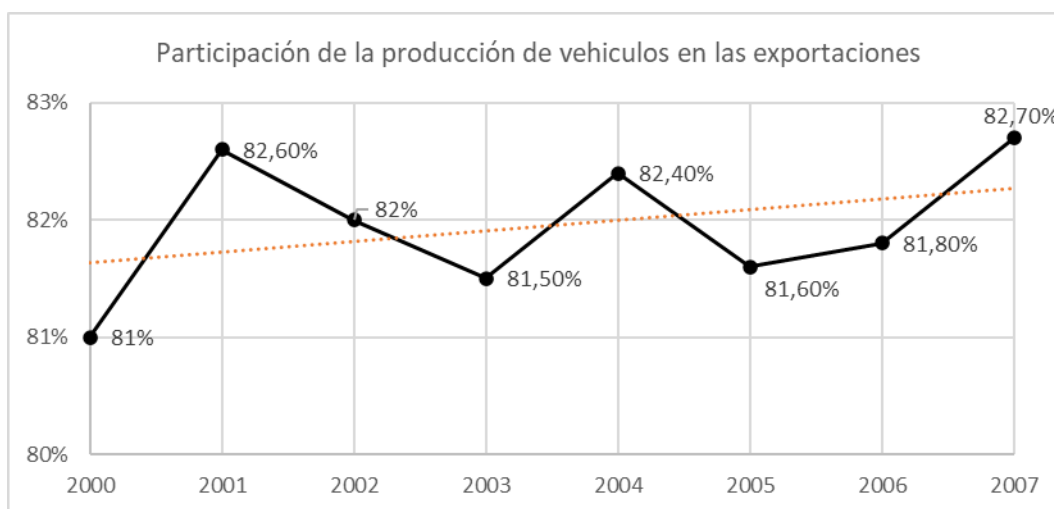
Las medidas descritas resultan de gran importancia, ya que pueden ser variables con una alta capacidad explicativa sobre el tiempo necesario para el reemplazo de automóviles. Esta afirmación se puede ver reflejada en el estudio realizado por Licandro, O. y Sampayo, R.A. (1997), donde se plantea el impacto que estos planes pueden tener sobre la matriculación de automóviles, adjudicándole al Plan RENOVE la condición de subsidio transitorio y al Plan Prever de subsidio permanente respecto a matriculación. Introduciendo estas variables en sus funciones de reemplazo, estimaron entre otras cosas, que el Plan Renove supuso unas 119 mil matriculaciones adicionales en el año 1994.

Según lo que hemos visto, España había conseguido superar la crisis de los noventa, donde jugaron un papel importante las medidas implementadas por el Gobierno. Además, había conseguido convertirse en uno de los grandes productores de automóviles a nivel mundial, debido a la amplia cantidad de empresas relacionadas con el sector instaladas en nuestro país, tanto nacionales como filiales de multinacionales.

El sector del automóvil se encontraba en su mejor momento, no solo había conseguido crecer notoriamente, sino que además se había convertido en un pilar fundamental de la economía española. Como podemos ver por los datos proporcionados por ANFAC, durante los años noventa y principios de los dos mil, el sector aportaba en torno a un 5% de media anual al PIB, donde tenía relevancia tanto la propia fabricación de automóviles, con una aportación estimada del 40% al componente industrial del PIB, como las actividades subyacentes y relacionadas con ésta.

Además de su contribución al PIB, el sector había conseguido generar una alta cantidad de empleo, como reflejan las casi 100.000 personas de media anual que trabajaban en la fabricación de vehículos en los años noventa. A esto se le podría añadir, igual que en el caso anterior, todos los empleos relacionados de forma indirecta con la propia fabricación, lo que nos daría como resultado una tasa de participación en el empleo total mucho mayor.

Toda la producción de automóviles de nuestro país no solo sirve para abastecer las necesidades de la población local, sino que en su gran mayoría se exporta. Por lo tanto, el sector del automóvil en España es una pieza fundamental de la balanza comercial, llegando a ser uno de los mayores contribuyentes a ésta. Sus exportaciones, generalmente se orientan a otros grandes países de Europa, de los cuales se importan también vehículos, siendo los importados de unas características de gama alta y los exportados de una gama media, por lo que el resultado final de la balanza comercial no es muy favorable. No obstante, esto no quita la importancia que tiene el sector en las exportaciones y es que en el año 2001 las exportaciones de vehículos españoles se estiman en 2.336.057 unidades, lo que representa un 82,6% de la totalidad de la producción.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en ANFAC.

Como hemos visto, el sector del automóvil en España ha pasado por varias fases, desde unos comienzos difíciles donde íbamos rezagados respecto al resto de países vecinos, hasta convertirnos en uno de los principales productores a nivel mundial de automóviles. Además, durante la primera década del siglo XXI, el sector seguía manteniendo buenos datos y formando parte de un componente esencial para nuestra economía. Pero la crisis financiera iniciada en 2008 pudo afectar a la salud de este sector; por ello en el siguiente apartado vamos a tratar de analizar el impacto que ha tenido dicha crisis sobre el sector español del automóvil.

### **1.3. IMPACTO DE LA CRISIS EN EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL ESPAÑOL**

La intención de este apartado es analizar el impacto que ha tenido la crisis financiera del 2008 en el sector español del automóvil, a través de herramientas econométricas de cambio estructural. Para ello, empezaremos explicando el origen de esta crisis y como se acabó expandiendo por todo el mundo y todos los sectores de la economía.

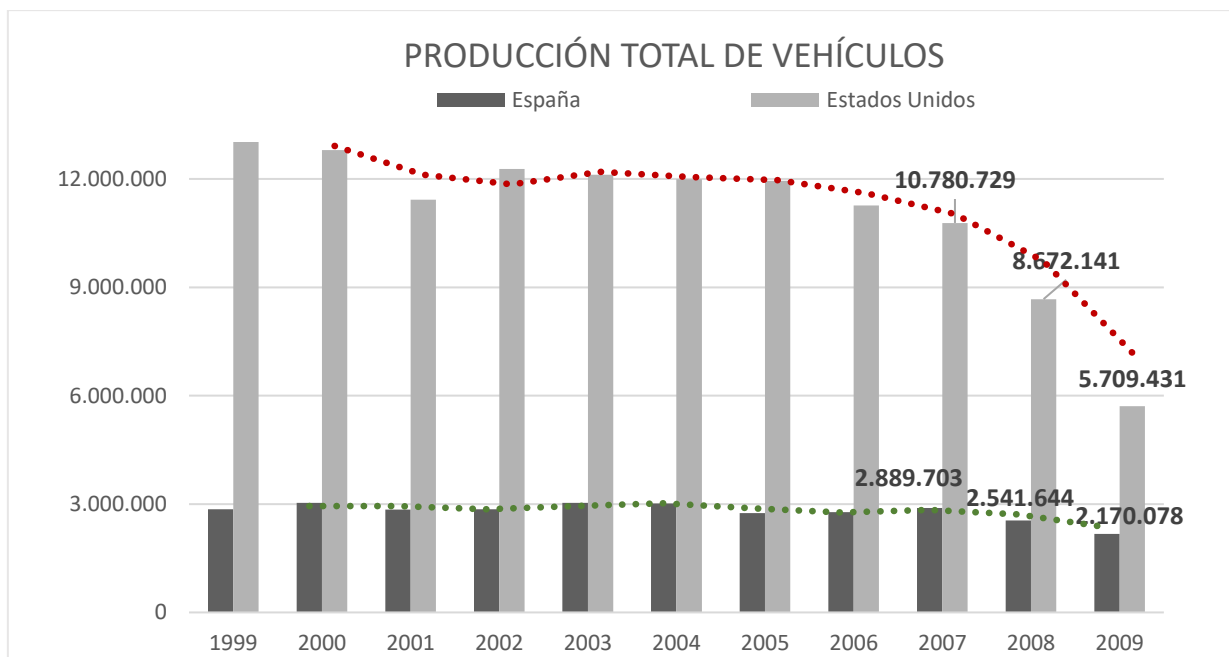
Esta crisis nace del colapso de la burbuja inmobiliaria de Estados Unidos en el año 2006, de este hecho surgió la conocida crisis de las hipotecas subprime a finales del año 2007, la cual, como se argumenta en Calvo Hornero, A., (2008), tiene su base en la desconfianza que había por las hipotecas de alto riesgo, que se concedían sin respetar los criterios exigidos a la hora de conceder los préstamos para una hipoteca normal. Los síntomas realmente graves de esta crisis empezaron a brotar a lo largo del año 2008, empezando por afectar al sistema financiero norteamericano y posteriormente al panorama mundial, traducándose en una profunda crisis de liquidez con la caída de Lehman Brothers entre otros y una serie de crisis derivadas de ésta a nivel mundial.

Dicha crisis trascendió el ámbito financiero, ya que la carencia de crédito y desconfianza en los bancos acabó por contagiarse a la gran mayoría de economías desarrolladas, afectando desde grandes compañías como Ford, Chrysler, General Motors, entre otras, hasta las economías de los ciudadanos. Además, recordemos que las multinacionales que acabamos de mencionar son grandes fabricantes de automóviles, los cuales tienen deslocalizados procesos de su producción en muchos países, entre ellos España.

Como hemos visto, la gran crisis del año 2008 ha afectado en mayor o menor medida a todos los sectores de la gran mayoría de economías a nivel mundial, especialmente las de los países desarrollados. El sector del automóvil no iba a ser menos: como se ve en Ruíz Rúa, A., et al. (2012), la crisis ha tenido un fuerte impacto en este sector, debido a una gran caída de la demanda de automóviles entre los años 2008 y 2009, en casi todos los países desarrollados. Como ya mencionábamos antes, la crisis afectó a las economías domésticas, las cuales son la principal variable explicativa de la demanda de vehículos, tanto interna como externa. Esta caída de la demanda se debe principalmente a la reducción de la renta per cápita disponible, a lo que se le puede añadir la incertidumbre que había en ese momento sobre la duración de la recesión, lo que implicaba que los usuarios decidieran aumentar la edad de reemplazo de los vehículos.

En el siguiente gráfico se puede ver la producción total anual de vehículos (suma de vehículos comerciales y vehículos de pasajeros), tanto de España como de Estados Unidos. Como podemos observar es evidente que la producción de Estados Unidos es mucho más elevada que la de España, pero la crisis ha afectado de forma diferente, debido a que, aunque las caídas en la producción americana ya se ven desde antes de la crisis, en el momento en que ésta se inicia el golpe en Estados Unidos es mucho mayor. Entre los años 2007 y 2009 la producción se reduce casi un 50%, mientras en España entre ese mismo período cae en 719.625 unidades, lo que representa aproximadamente un 25%.

A la vista del gráfico siguiente, que muestra los síntomas de agotamiento que presentaba la producción americana en los años previos a la crisis, cabe preguntarse si la producción hubiera caído de igual manera sin la existencia de dicha crisis. Si bien cabe suponer que la producción española se habría visto afectada, aunque no de una manera tan acentuada, en el apartado siguiente vamos a centrarnos más a fondo en el impacto de la crisis sobre el sector en España.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANFAC

### 1.3.1. Contrastes de cambio estructural

En este subapartado vamos a tratar de analizar desde un punto de vista econométrico el impacto de la crisis sobre el sector del automóvil en España. Para ello vamos a usar contrastes de cambio estructural, principalmente el contraste de G. Chow (1960).

Este contraste econométrico se aplica normalmente sobre series temporales y su hipótesis nula es que los parámetros del modelo se mantienen constantes durante todo el periodo estudiado, lo que significaría a priori la no presencia de cambio estructural. Por el contrario, si los coeficientes cambian significativamente a partir de un año, habría evidencias de una ruptura estructural y rechazaríamos la hipótesis nula.

En el caso de rechazar la hipótesis nula del contraste de Chow, lo que debemos hacer es incluir en nuestro modelo una variable dummy, que tome valor 0 en los años previos al suceso (año) en el que ocurre el hecho que produce dicho cambio, y valor 1 en los años posteriores. Esta nueva variable dicotómica, además, puede combinarse con las variables explicativas del modelo, para recoger las posibles interacciones. Si el cambio estructural realmente tiene incidencia lo que sucederá es que la variable dummy y/o algunos de los términos de interacción serán significativos, por lo que mejorará la capacidad explicativa del modelo, idea que reflejaremos posteriormente con nuestra aplicación empírica.

Por lo tanto, como se muestra en Pérez-Suarez, R. y López-Menéndez, A.J. (2011), para comprobar el cambio estructural con el contraste de Chow, el recorrido muestral completo se deberá dividir en dos submuestras, para las cuales la hipótesis nula del contraste exigirá que tanto los coeficientes del modelo como su dispersión se

mantengan constantes en toda la serie. Por lo que podemos plantear las siguientes tres regresiones:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = X\beta + u \quad \text{con } u \approx N(0, \sigma^2 I_n) \\ y_1 = X_1\beta_1 + u_1 \quad \text{con } u_1 \approx N(0, \sigma^2_1 I_{n_1}) \\ y_2 = X_2\beta_2 + u_2 \quad \text{con } u_2 \approx N(0, \sigma^2_2 I_{n_2}) \end{array} \right.$$

Con  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta; \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ .

El estadístico de contraste se basa en la diferencia entre la suma de los residuos cuadráticos de la regresión muestral total y la suma de los residuos cuadráticos correspondientes a las regresiones de las submuestras, y viene dado por la siguiente expresión que bajo la hipótesis nula sigue una distribución F de Snedecor:

$$\left( \frac{\hat{u}'\hat{u} - (\hat{u}_1'\hat{u}_1 + \hat{u}_2'\hat{u}_2)}{(\hat{u}_1'\hat{u}_1 + \hat{u}_2'\hat{u}_2)} \right) \frac{n_1 + n_2 - 2k}{k} \approx F_{n-2k}^k$$

El test puede realizarse también introduciendo una variable dummy  $W$ , la cual tomara valor 0 durante los años previos al suceso que produce el cambio estructural y valores unitarios a partir de ese año quedando especificado como:

$$W = \begin{cases} 0 & \text{para } t < t^* \\ 1 & \text{para } t > t^* \end{cases}$$

Una vez definida esta variable (que Gretl genera automáticamente con el nombre de splitdum), se estima un modelo ampliado que incluye como regresor la variable dummy y la interacción de ésta con las variables explicativas. Sobre este modelo ampliado el test de Chow puede ser formulado como un contraste de restricciones lineales cuya hipótesis nula es la estabilidad estructural, es decir, la nulidad de coeficientes de las nuevas variables incorporadas al modelo y ligadas al cambio.

El contraste se lleva a cabo a partir de los residuos cuadráticos del nuevo modelo ampliado y los del modelo restringido (es decir, el modelo bajo la hipótesis nula de estabilidad estructural).

El estadístico de contraste, equivalente al visto anteriormente, se basa en la diferencia entre la suma de los residuos cuadráticos de los modelos restringido y libre (sin cambio estructural) y viene dado por la siguiente expresión que bajo la hipótesis nula sigue una distribución F de Snedecor:

$$\left( \frac{\hat{u}_R'\hat{u}_R - \hat{u}'\hat{u}}{\hat{u}'\hat{u}} \right) \frac{n - 2k}{k} \approx F_{n-2k}^k$$

El contraste de Chow exige que la información sobre el posible año de ruptura de la serie se obtenga exógenamente, ya que no lo obtiene dentro de la propia prueba. Por ello, antes de pasar a realizar este contraste, vamos a llevar a cabo otros análisis adicionales, mediante los gráficos de la serie y de la suma acumulada de residuos (CUSUM) y el test de la razón de verosimilitud de Quandt.

### 1.3.2. Aplicación de los contrastes de cambio estructural

Para llevar a cabo el contraste descrito en el apartado anterior es necesario especificar el modelo sobre el que vamos a trabajar. Dicho modelo trata de explicar qué variables han afectado a la producción de automóviles en España entre los años 2002 y 2019.

- En primer lugar, la variable a explicar será la producción anual total de vehículos en España. Esta variable está medida en unidades de vehículos y está conformada por la suma de vehículos comerciales y de pasajeros. Los datos han sido obtenidos en Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2020). En nuestro modelo la variable aparecerá reflejada como Producción.
- Nuestra primera variable explicativa será la tasa de paro en España. Esta variable está medida en tanto por ciento y se ha obtenido de la encuesta de población activa del INE (2020). Sus datos se han obtenido de forma trimestral, pero a la hora de especificar el modelo se han compactado anualmente promediando sus valores.

Se ha seleccionado esta variable (que se ha denominado Tasadeparo) debido a que para la producción de automóviles es necesario personal, por lo que se espera que la tasa de paro esté inversamente relacionada con la producción de automóviles

- La siguiente variable también obtenida del INE (2020), se corresponde con la variación interanual del Producto Interior Bruto de España a precios de mercado. Esta variable, denominada VariacionPIBpm está expresada en términos porcentuales (tanto por ciento respecto al año anterior) y su objetivo es aproximar el crecimiento económico nacional, que se espera esté relacionado positivamente con la producción de automóviles.
- Con el objetivo de incorporar al modelo una variable relativa a una materia prima utilizada en la fabricación de automóviles se incluye el precio del hierro, expresado en dólares americanos por tonelada métrica seca. Esta variable se denomina PrecioHierro y sus valores se han obtenido del Banco Mundial (2020), y se han compactado sus datos en valores anuales, efectuando un promedio de sus datos mensuales. La introducción de esta variable referida a inputs se considera relevante ya que al aumentar el precio del hierro se incrementa el coste de producción de los automóviles.

La especificación del modelo propuesto es la siguiente:

$$\text{Produccion}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Tasadeparo}_t + \beta_2 \text{VariacionPIBpm}_t + \beta_3 \text{Preciohierro}_t + u_t$$

La estimación de este modelo se ha llevado a cabo por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) a partir de datos anuales, obteniendo la siguiente salida:

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 2002-2019 (T = 18)					
Variable dependiente: Produccion					
	Coeficiente		Desv. Típica Estadístico	valor p	
			t		
Const	2.84125e+06	133025	21.36	<0.0001	***
PrecioHierro	-1568.16	759.671	-2.064	0.0580	*
Tasadeparo	-12277.6	5726.68	-2.144	0.0501	*
VariacionPIBpm	8.40872e+06	1.59932e+06	5.258	0.0001	***
Media de la vble. dep.	2629965	D.T. de la vble. dep.		312452.4	
Suma de cuad. residuos	1.76e+11	D.T. de la regresión		112026.0	
R-cuadrado	0.894136	R-cuadrado corregido		0.871451	
F (3, 14)	39.41496	Valor p (de F)		4.46e-07	
Log-verosimilitud	-232.5558	Criterio de Akaike		473.1116	
Criterio de Schwarz	476.6731	Crit. de Hannan-Quinn		473.6027	
Rho	0.147395	Durbin-Watson		1.673262	

Contraste de especificación RESET -

Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]

Estadístico de contraste: F (2, 12) = 2.00731

con valor p = P (F (2, 12) > 2.00731) = 0.177005

Como se puede observar en esta salida, la estimación del modelo con información referida al rango anual 2002-2019 proporciona coeficientes con los signos esperados (positivo para el coeficiente de la tasa de variación del PIB y negativo para los coeficientes del precio del hierro y la tasa de paro) y los contrastes de significación individual confirman que las tres variables explicativas son significativas, aunque solo la tasa de variación del PIB lo es al 1%, las otras dos llevan asociado un nivel crítico ligeramente superior al 5%.

En cuanto al modelo en general, vemos que el valor del test F es muy alto (39.41496, con un nivel crítico reducido) y el coeficiente de determinación es elevado  $R^2 = 0.894136$ , por lo que la capacidad explicativa de este modelo está cerca del 90%.

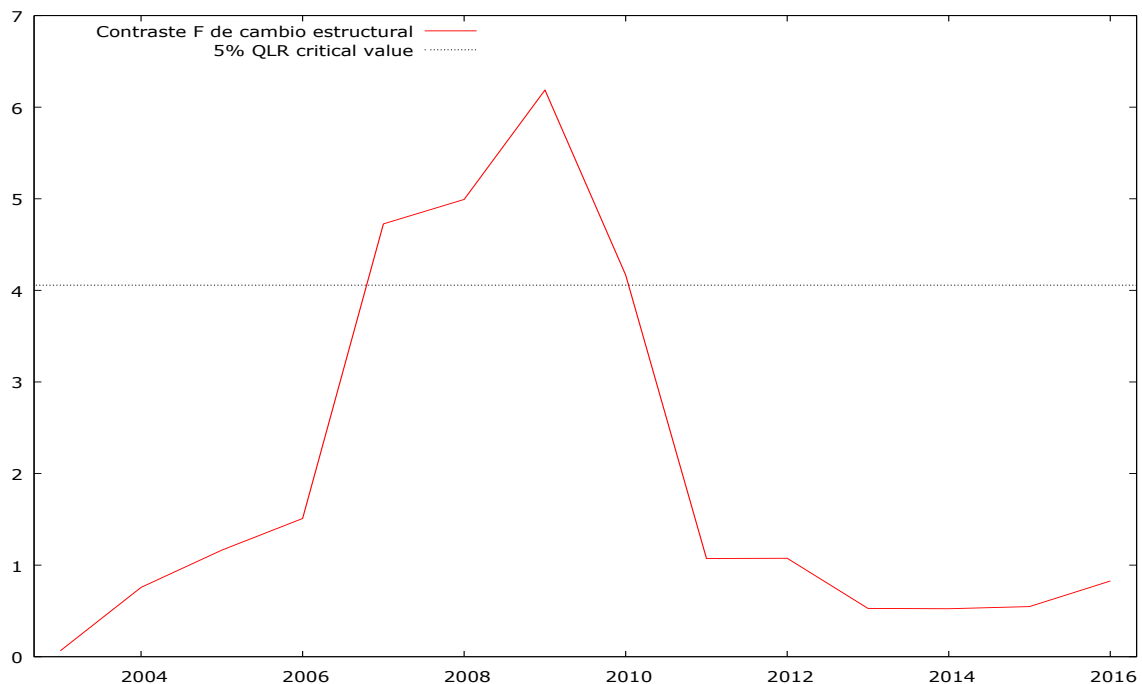
Antes de pasar a realizar el análisis de cambio estructural analizamos la validez de nuestro modelo mediante el test RESET de Ramsey, que analizaremos con más detalle junto a otros contrastes en la segunda parte del trabajo. La hipótesis nula de este contraste es la especificación correcta y dado que el nivel crítico obtenido supera el 17% se concluye que no hay evidencia en contra de dicho supuesto (el resultado no es significativo para rechazar). No obstante, sabiendo que en el año 2007 se inició una crisis que afectó al sector del automóvil, es interesante analizar sobre el modelo estimado la posible existencia de cambio estructural mediante el test de Chow.

Como hemos mencionado anteriormente para llevar a cabo este contraste es necesario obtener exógenamente la información sobre el año de posible cambio o ruptura estructural. En primer lugar, vamos a analizar los gráficos de las cuatro variables incluidas en nuestro modelo, para observar si las series temporales presentan algún año con valores atípicos.



Entre los años 2007 y 2008, que se corresponden con el inicio de la crisis, todas las variables empiezan a presentar cambios, por lo que podemos pensar en estos años como puntos de ruptura de la serie. A pesar de esto, como hemos explicado previamente la crisis no afectó instantáneamente, por ello se puede explicar por ejemplo que la tasa de paro fue aumentando años después. Por lo tanto, con este análisis gráfico no podemos saber con certeza cuál es el mejor año para aplicar el contraste de Chow.

Una vez que tenemos este primer acercamiento al posible año de ruptura, es conveniente realizar otro contraste como es el RV de Quandt, que nos pueda aportar más información sobre el posible año de ruptura.



El test RV de Quandt se basa en la razón de verosimilitudes y, al igual que el test de Chow, contrasta la hipótesis nula de estabilidad estructural. Como podemos observar en su salida gráfica, en el año 2009 es cuando se produce el mayor cambio y esta idea que se refuerza con su salida de texto, donde obtenemos un valor p asintótico (0.00168735) lo suficientemente bajo como para poder rechazar la hipótesis de estabilidad estructural en este año. Por lo tanto, podemos concluir que en el año 2009, se produce un cambio estructural en nuestro modelo explicativo de la producción de automóviles.

Para respaldar la información que acabamos de obtener y mejorar nuestro modelo, procedemos a realizar el contraste de Chow con el año 2009 como año de ruptura, obteniendo la siguiente información.

Regresión aumentada para el contraste de Chow				
MCO, usando las observaciones 2002-2019 (T = 18)				
Variable dependiente: Produccion				
	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
-----	-----	-----	-----	-----
const	-5.13917e+06	2.34759e+06	-2.189	0.0534 *
PrecioHierro	9708.77	3529.33	2.751	0.0204 **
Tasadeparo	488786	142690	3.426	0.0065 ***
VariacionPIBpm	7.65970e+07	2.15792e+07	3.550	0.0053 ***
splitdum	8.17936e+06	2.35142e+06	3.478	0.0059 ***
sd_PrecioHierro	-10259.4	3609.90	-2.842	0.0175 **
sd_Tasadeparo	-515667	142833	-3.610	0.0048 ***
sd_VariacionPIBpm	-6.71436e+07	2.16068e+07	-3.108	0.0111 **
Media de la vble. dep.	2629965	D.T. de la vble. dep.	312452.4	
Suma de cuad. residuos	5.06e+10	D.T. de la regresión	71105.55	
R-cuadrado	0.969536	R-cuadrado corregido	0.948211	
F (7, 10)	45.46482	Valor p (de F)	8.66e-07	
Log-verosimilitud	-221.3454	Criterio de Akaike	458.6908	
Criterio de Schwarz	465.8137	Crit. de Hannan-Quinn	459.6729	
rho	-0.378478	Durbin-Watson	2.693385	
Contraste de Chow de cambio estructural en la observación 2009				
F (4, 10) = 6.18758 con valor p 0.0090				

Como habíamos comentado anteriormente el test de Chow, añade una variable dicotómica que toma valor 0 en los años previos al cambio estructural (anteriores a 2009 en este caso) y valor 1 en el propio año 2009 y posteriores. Además, también se incluye la interacción de esta variable con las originales del modelo.

Como se puede observar en la salida, tenemos suficiente evidencia para poder confirmar la existencia de cambio estructural en el año 2009 para nuestro modelo. Para hacer esta afirmación, me he basado en la significatividad tanto de la variable dicotómica sola, como de todas sus interacciones. Además se puede observar cómo la capacidad explicativa del modelo mejora notoriamente y los contrastes de significatividad globales y sobre las variables, se vuelven más concluyentes.

Por lo tanto, como conclusión de este apartado, hemos visto cómo realmente la crisis ha afectado al sector del automóvil, en concreto en nuestro caso a la producción de vehículos. De hecho, el modelo estimado muestra cambios en el signo y la magnitud de los efectos marginales de todas las variables explicativas (precio del hierro, tasa de paro y crecimiento económico) ya que los coeficientes estimados, significativos en todos los casos, pasan a tener signo tras el cambio estructural. La estimación conduce así a dos modelos bien diferenciados, correspondientes a los años anteriores y posteriores a la crisis quedando sus coeficientes como sigue:

Antes de 2009

$Y = -0.00000513 + 9708.77 \text{ PrecioHierro} + 488786 \text{ Tasadeparo} + 0.00000765 \text{ VariacionPIB}$

Después de 2009

$Y = 0.0000817 - 451 \text{ PrecioHierro} - 26881 \text{ Tasadeparo} - 0.00000671 \text{ VariacionPIB}$

Por lo tanto al llevar a cabo un análisis sobre el sector del automóvil deberíamos tener muy en cuenta el cambio estructural detectado. Dicho esto y viendo que la crisis ha afectado notoriamente al sector del automóvil, en el siguiente apartado trataremos de ver si después de estos años de crisis el sector ha conseguido recuperarse, idea que apoyaremos sobre un modelo econométrico de demanda de automóviles.

## 2. MODELO DE DEMANDA DE AUTOMÓVILES

En este último apartado vamos a tratar de analizar cómo se ha comportado el sector del automóvil después de la crisis. Para ello, construiremos un modelo enfocado al análisis de la demanda de automóviles, para complementar el estudio sobre la oferta o producción de vehículos realizado anteriormente.

### 2.1. VARIABLES DEL MODELO

En este caso, como acabo de mencionar las variables escogidas se relacionarán más con la capacidad de compra de las personas y como consecuencia, tomarán importancia las variables que reflejen la situación económica del país en cada momento, ya que esto afecta directamente a los recursos que tendrá disponibles la población para adquirir vehículos.

En primer lugar, tenemos la variable a explicar, que denominaremos Matriculaciones y se corresponde con la suma de nuevas matriculaciones tanto de turismos como de motocicletas. En este caso es interesante incluir las motocicletas, ya que puede considerarse un bien sustitutivo del turismo, por lo que puede aportar gran valor al estudio de la demanda de automóviles. Los datos se han extraído desde la página oficial de la DGT (2020), y están recopilado de forma anual desde el año 1990.

Una de las principales variables incluida como explicativa del modelo será la tasa de paro de España. Dicha variable se refiere a la tasa de desempleo tanto de hombres como de mujeres y se mide en tanto por ciento sobre la población total. Los datos se han extraído mensualmente desde 1994, por lo que para poder realizar el modelo se han compactado anualmente promediando los datos de los doce meses de cada año. Los datos se han obtenido del INE (2020), y el motivo de tener en cuenta esta variable se encuentra en que los ingresos recibidos mediante el trabajo conforman uno de los principales recursos para la adquisición de nuevos vehículos, por lo que el signo esperado para el coeficiente de esta variable será negativo.

La segunda variable que se incluirá en el modelo se corresponde con el PIB a precios de mercado de España. Esta variable está medida en millones de euros y sus valores se han recogido del INE (2020), desde el año 1994 y de forma anual. La función de esta variable es representar la situación económica del país en términos globales, ya que cuanto mayor sea el PIB, mayor será la capacidad de consumo de la población. También podría ser interesante incluirlo en términos per cápita, orientado a representar la capacidad individual, pero para ello se ha decidido introducir otras variables como la tasa de paro o el salario mínimo interprofesional que se explicará a continuación.

Por lo tanto, como acabamos de mencionar la tercera variable será el SMI (Salario Mínimo Interprofesional), cuyos datos se encuentran en el Ministerio de Trabajo e Inmigración (2020) y están recogidos de forma anual desde 1990. A lo largo del año 2004, la cuantía mínima del salario cambió de 460,5 a 490,8, por lo que en el modelo el valor del SMI en este año se corresponderá con la media de estos dos valores, siendo de 475,65. Es interesante incluir esta variable debido a que muestra cómo a lo largo de los años los trabajadores españoles han obtenido mayores sueldos, aunque no tiene por qué significar un aumento de su poder adquisitivo debido a que dicho salario mínimo se ajusta a la subida de los precios de los bienes y servicios. No obstante, el signo esperado para el coeficiente de esta variable será positivo, ya que, a más sueldo, más facilidades para adquirir un automóvil nuevo.

La última variable explicativa que se incluirá en el modelo se corresponde con la variación interanual del índice de precios al consumidor general. Este IPC general se ha obtenido del INE (2020) y sus datos están de forma mensual respecto al mismo mes del año anterior, por lo que he compactado los valores mensuales en forma anual. El signo esperado para el coeficiente de esta variable será negativo, debido a que si suben los precios del consumo será más difícil adquirir un nuevo vehículo.

Por lo tanto, una vez explicadas las variables el modelo quedaría especificado de la siguiente manera:

$$\text{Matriculaciones}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{TasaDesempleo}_t + \beta_2 \text{PIB}_t + \beta_3 \text{SMI}_t + \beta_4 \text{IPC} + u_t$$

Para concluir este apartado y antes de proceder a la estimación del modelo es importante mencionar que el rango de la muestra lo he acotado entre 1994 y 2017, dejando los dos últimos años para realizar predicciones ex post y analizarlas.

## 2.2. ESTIMACIÓN DEL MODELO

Una vez especificado el modelo y establecido el rango (1994-2017), se procede a realizar una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios, obteniendo la siguiente salida de Gretl:

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1994-2017 (T = 24)					
Variable dependiente: Matriculaciones					
	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	2.96838e+06	320161	9.272	<0.0001	***
TasaDesempleo	-6.09221e+0	455465	-13.38	<0.0001	***
PIB	39195.2	16852.8	2.326	0.0313	**
SMI	-2010.90	1016.48	-1.978	0.0626	*
IPC	-188690	176448	-1.069	0.2983	
Media de la vble. dep.	1331796	D.T. de la vble. dep.		349973.1	
Suma de cuad. residuos	2.14e+11	D.T. de la regresión		106238.9	
R-cuadrado	0.923876	R-cuadrado corregido		0.907850	
F (4, 19)	57.64796	Valor p (de F)		2.32e-10	
Log-verosimilitud	-309.0138	Criterio de Akaike		628.0277	
Criterio de Schwarz	633.9179	Crit. de Hannan-Quinn		629.5904	
rho	0.412126	Durbin-Watson		1.064909	

Los resultados de la salida muestran que la tasa de paro, el PIB y el salario mínimo interprofesional son significativos. Sin embargo, el coeficiente del SMI presenta un signo diferente al esperado, lo que puede deberse a problemas de colinealidad que analizaremos más adelante. Además, el IPC no es significativo en nuestro modelo, supuesto corroborado tras la realización del contraste de omisión de variables, el cual tiene como hipótesis nula que el parámetro de regresión es cero para la variable IPC. El valor que tomó el estadístico de contraste fue:  $F(1, 19) = 1.14357$  con un valor p

asociado de 0.298297, por lo tanto, un valor suficientemente elevado como para no rechazar la hipótesis nula de coeficiente 0 para esta variable.

Antes de estimar el segundo modelo donde omitiremos el IPC es importante destacar la capacidad explicativa de este primer modelo ( $R^2 = 0.923876$ ) y el resultado del Test de significación global, cuyas hipótesis se formulan como:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0;$$

$$H_1: \beta_j = 0, \text{ para algún } j = 2, \dots, k$$

Por lo tanto, con los resultados del primer modelo (Valor p de  $F = 2.32e-10$ ), rechazaríamos la hipótesis nula, concluyendo que nuestro modelo sí tiene sentido debido a que alguna de las variables introducidas tiene coeficiente distinto de cero. Este contraste no es suficiente para concluir que el modelo esté correctamente especificado o que sea globalmente válido, por lo que más adelante realizaremos más contrastes sobre los siguientes modelos.

Tras la omisión de la variable IPC, como se puede observar en la salida del Anexo A.1, la capacidad explicativa del modelo ha disminuido un poco, lo que se debe a eliminar una variable. Pero, por otro lado, los tres criterios de información han mejorado y el test de significación global tiene un valor que permite un mayor rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, omitir el IPC aparentemente ha mejorado nuestro modelo.

Para llevar a cabo la comparación es importante no solo fijarnos en el  $R^2$ , sino tener en cuenta el  $R^2$  ajustado, ya que el coeficiente de determinación sin ajustar podría aumentar con la inclusión de nuevas variables al modelo y podríamos pensar que el nuevo conjunto de variables lo explica mejor. Sin embargo, este aumento del  $R^2$  se debe a la inclusión de más variables, no a lo que aporta cada una de esas nuevas variables. Este posible error, se evita comparando el  $R^2$  ajustado, el cual se especifica como:

$$\bar{R}^2 = (1 - R^2) * \frac{n-1}{n-k}$$

Por lo tanto, el valor del coeficiente de determinación ajustado, que sirve para comparar modelos con diferente número de variables será más pequeño que el coeficiente sin ajustar y en nuestro caso será de 0.907850 para el Modelo 1 y de 0.907188 para el Modelo 2 sin IPC. Con estos resultados el Modelo 2 se acerca más al Modelo 1 que si solo comparáramos el coeficiente sin ajustar, por lo que con el  $R^2$  ajustado reforzamos la idea de eliminar la variable IPC, y será el método que utilizemos a la hora de comparar los diversos modelos a los que lleguemos.

## 2.3. VALIDACIÓN DEL MODELO

En este apartado vamos a analizar el modelo estimado, realizando varios contrastes para ver si presenta algún problema y corregirlo con la finalidad de realizar predicciones.

### 2.3.1. Test RESET de Ramsey

En este apartado vamos a aplicar sobre nuestro Modelo 2 el test propuesto por Ramsey en 1969, el cual se denomina RESET debido a las siglas en inglés de Regression Equation Specification Error Test. Con este contraste lo que vamos a analizar es la especificación de nuestro modelo, ya que la hipótesis nula sería la correcta especificación.

Para realizar este contraste en el modelo inicial se añaden unas variables que son las potencias de la variable estimada, lo que haría de aproximación a la parte no especificada del modelo, quedando en nuestro caso de la siguiente forma:

$$\text{Matriculaciones}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{TasaDesempleo}_t + \beta_2 \text{PIB}_t + \beta_3 \text{SMI}_t + \delta_1 \widehat{\text{Matriculaciones}}_t^2 + \delta_2 \widehat{\text{Matriculaciones}}_t^3 + u_t$$

Sobre este modelo ampliado la hipótesis nula de especificación correcta se cumpliría si los coeficientes de las nuevas variables  $\delta_1$  y  $\delta_2$  fueran iguales a 0, por lo que el contraste corresponde a un test de restricciones lineales que lleva asociado un estadístico de contraste  $F'_{n-k}$ .

En nuestro modelo el resultado sería el siguiente:

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET				
MCO, usando las observaciones 1994-2017 (T = 24)				
Variable dependiente: Matriculaciones				
	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
-----	-----	-----	-----	-----
const	2.40189e+07	1.45024e+07	1.656	0.1150
TasaDesempleo	-5.42931e+07	3.35389e+07	-1.619	0.1229
PIB	437370	269939	1.620	0.1226
SMI	-21812.6	13482.4	-1.618	0.1231
yhat^2	-6.61296e-06	4.43009e-06	-1.493	0.1528
yhat^3	1.71574e-012	1.11977e-012	1.532	0.1429
Estadístico de contraste: F = 1.339686,				
con valor p = P (F (2,18) > 1.33969) = 0.287				

Como se puede observar el test se ha realizado de cuadrados y cubos, lo que nos hace ser más exigentes. A pesar de esto, las dos nuevas variables no son significativas y el valor p asociado a F (2,18) es lo suficientemente grande como para no rechazar la hipótesis nula de correcta especificación del modelo.

A pesar del resultado vamos a seguir realizando contrastes sobre el modelo para ver si podemos mejorar o corregir los problemas que se presenten.

### 2.3.2. Contrastes de linealidad

Uno de los errores que puede presentar nuestro modelo, es la incorrecta especificación de la forma funcional del mismo. Por este motivo, es interesante aplicar sobre nuestro Modelo 2 los contrastes de linealidad, tanto el referente a logaritmos, como a cuadrados.

Para contrastar la hipótesis de linealidad, se construye un modelo ampliado con los logaritmos o los cuadrados de las variables explicativas y se contrasta la nulidad de sus coeficientes. Por lo tanto, la hipótesis nula del contraste de linealidad sería que los coeficientes de estos términos son nulos, por lo que no habría evidencias de no linealidad.

Al realizar el test de no linealidad en términos logarítmicos sobre el modelo, se obtiene un estadístico de contraste con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(3) > 5.04999) = 0.168173$ , por lo tanto, no rechazaríamos que los coeficientes de las nuevas variables son nulos y no habría evidencias de que la especificación lineal del modelo fuera correcta. Sin embargo, al realizar la misma prueba, pero con los términos al cuadrado el valor  $p$  asociado al estadístico de contraste sería  $P(\text{Chi-cuadrado}(3) > 8.17797) = 0.0424732$ , lo que conduciría al rechazo de la hipótesis nula de especificación lineal correcta del modelo al 5% aunque muy cerca del límite por lo que este resultado, junto al asociado a los logaritmos, no se considera suficiente evidencia para el rechazo.

### 2.3.3. Multicolinealidad

La alta capacidad explicativa de nuestros modelos se puede deber en gran parte a que son variables económicas, las cuales con el paso de los años siguen una línea ascendente y un comportamiento similar, por lo tanto, pueden presentar alta correlación lineal entre ellas, lo que puede llevar a un aumento de la matriz de varianzas-covarianzas y a que el modelo sea inestable.

Para detectar esta posible relación lineal entre las variables vamos a realizar un análisis de colinealidad, el cual presenta los siguientes Factores de Inflación de la Varianza:

Factores de inflación de varianza (VIF)	
Mínimo valor posible = 1.0	
Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad	
TasaDesempleo	1.149
PIB	23.952
SMI	24.595

Como se puede observar los valores son mayores de diez, por lo que puede existir un problema de colinealidad entre el salario mínimo interprofesional y el PIB, tal y como ya sospechábamos al ver el signo del coeficiente de la variable SMI. Además, con el diagnóstico de BKW y la matriz de correlaciones reforzamos este resultado.

Tras identificar este problema de colinealidad, debemos intentar plantear una alternativa que intente mejorar nuestro modelo. Y aunque en este tipo de situaciones no hay soluciones concretas lo que voy a intentar es modificar alguna de las variables usadas para ver si podemos mejorar los resultados.



En mi caso lo que he decidido ha sido añadir diferencias sobre la variable SMI (que recoge la variación anual de este salario), debido a que era la variable cuyo coeficiente presentaba un signo diferente al esperado. Los resultados que se pueden observar en el Anexo A.2 reflejan que este nuevo modelo soluciona los problemas de colinealidad, pero empeora la capacidad explicativa y la nueva variable  $d\_SMI$  no sería significativa, por lo que seguiremos trabajando sobre el Modelo 2.

#### **2.3.4. Cambio estructural**

Tal y como ya hemos descrito en los contrastes realizados en el modelo de oferta, para detectar si existe un cambio estructural podemos realizar el contraste de Chow, pero para ello necesitamos saber el posible año de ruptura. Debido a este motivo aplicamos el test RV de Quandt sobre nuestro Modelo 2, obteniendo como resultado un valor máximo de  $F(4, 16) = 5.38763$  en el año 2008. Con un valor  $p$  asintótico = 0.00628898 para Chi-cuadrado (4) = 21.5505, por lo que tenemos un valor  $p$  lo suficientemente pequeño como para rechazar la hipótesis nula de que no hay cambio estructural.

Una vez que tenemos el posible año de ruptura realizamos el test de Chow, con el cual obtenemos un estadístico de contraste  $F(4, 16) = 5.38763$  con valor  $p$  0.0061, por lo que se rechaza el supuesto de estabilidad estructural. Sin embargo, ni la variable  $splitdum$ , ni ninguna de sus interacciones es significativa. A pesar de ello, y debido al conocimiento del impacto de la crisis he construido un Modelo 3, donde se introduce una variable denominada Crisis, cuyos resultados de dicho modelo se pueden ver en el Anexo A.3.

Este nuevo modelo donde se introduce la variable crisis y se elimina el SMI, mejora la capacidad explicativa del modelo, resuelve los problemas de colinealidad anteriormente presentes y no rechazaríamos la buena especificación del modelo según el test RESET de Ramsey, datos que se pueden observar en el Anexo A.3.

#### **2.3.5. Endogeneidad**

Podríamos pensar que el PIB no es una variable exógena, debido a que la variable de nuevas matriculaciones de vehículos aporta y afecta directamente al PIB de España. Por ello puede ser interesante estimar un modelo a través de Mínimos Cuadrados en dos etapas, donde usaremos una variable instrumental para comprobar los posibles problemas de endogeneidad, es decir que la variable PIB pueda estar correlacionada con los residuos.

En nuestro caso la variable instrumental escogida será un componente del PIB recogido del INE (2020) y el cual conforma un agregado macroeconómico denominado remuneración de asalariado. Está formado por sueldos, salarios y cotizaciones a cargo de los empleadores y me parece interesante añadirlo como variable instrumental debido a que reduce esa dependencia sobre la variable Matriculaciones. El único problema de esta variable instrumental es que sus datos solo se recogen desde el año 1995, por lo que habrá que reducir un año el rango un año para realizar los MC2E.

Una vez realizado la estimación de modelo por MC2E sobre nuestro Modelo 3, el contraste de Hausman cuya hipótesis nula es que los estimadores MCO son consistentes tiene un estadístico de contraste Chi-cuadrado (1) = 2.3287, con un valor  $p = 0.127007$  lo suficientemente grande para no rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto,

a través de la comparación de la estimación de MCO y MC2E, el test de Hausman nos permite asumir la exogeneidad de la variable PIB.

Con el objetivo de validar la variable instrumental utilizada se analizar el contraste de instrumento débil, que se puede ver reflejado al igual que toda la salida de MC2E en el Anexo A.4. Según el resultado obtenido podemos rechazar al 10% que el coeficiente de la variable instrumental sea cero, por lo que no es necesariamente una mala variable. Por los resultados vistos seguiremos trabajando sobre los Modelos 2 y 3 en el último subapartado de contrastes.

### 2.3.6. Contrastes sobre los residuos

En este apartado vamos a tratar de ver si existen problemas sobre los residuos. Por ello en primer lugar vamos a analizar si el comportamiento de la varianza del término aleatorio es homocedástico, es decir constante, lo cual conforma uno de los supuestos básicos del modelo de regresión.

En primer lugar, vamos a realizar el contraste de White sobre el Modelo 2 (sin corregir el cambio estructural) y sobre el Modelo 3 (cambio estructural ya corregido).

Este contraste consiste en estimar el modelo original por MCO y calcular los residuos mínimo cuadráticos, que denominaremos  $\hat{u}_i$ , sobre esta formularemos una regresión auxiliar en la que dichos residuos al cuadrado serán la variable dependiente y como variables explicativas estarán la originales del modelo, estas mismas al cuadrado y los productos cruzados de las variables originales. Esta regresión auxiliar se estima por MCO y calculamos su coeficiente de determinación. Por lo tanto, la hipótesis nula sería que nuestro modelo es homocedástico o lo que es lo mismo que la varianza de nuestras perturbaciones es constante.

Al realizar el contraste sobre nuestros dos modelos, como se puede ver en el Anexo A.5 no rechazamos el supuesto de homocedasticidad en ninguno de los dos casos, obteniendo unos datos más contundentes en el Modelo 3, resultado esperado debido a que una de las causas de la heterocedasticidad es la existencia de cambio estructural.

Para reforzar esta idea podemos realizar el contraste de Breusch-Pagan, el cual consiste en estimar los residuos y una vez estimados, estos residuos al cuadrado se normalizarían con el estimador máximo verosímil de la varianza quedando la variable dependiente como  $\hat{e}_i^2 = \frac{\hat{u}_i^2}{\hat{\sigma}^2}$ .

Por lo tanto, con los residuos al cuadrado normalizados y las mismas explicativas que en el contraste de White, se formula una regresión auxiliar al igual que en el caso anterior. Los resultados que se reflejan también en el Anexo A.5 nos confirman los resultados obtenidos en el contraste de White, por lo tanto, en nuestro caso no sería necesario estimar los modelos por Mínimos Cuadrados Ponderados, pero si es interesante tener en cuenta de cara a las predicciones un Modelo 4, el cual tendría las variables del Modelo 3, pero se estimaría a través de la opción que ofrece Gretl de corrección de la heterocedasticidad.

Una vez visto que no hay problemas de heterocedasticidad en nuestros dos modelos es interesante realizar un contraste de normalidad de los residuos, con el que veremos si nuestros residuos siguen una distribución normal. Las situaciones de no normalidad se

pueden deber a la existencia de valores atípicos en algún año y se podría corregir añadiendo alguna variable dummy, como es el caso de nuestro Modelo 3 con la variable Crisis, por ello es interesante realizarlo sobre los dos modelos.

En el caso del Modelo 2, que podría ser el que presentara mayores problemas obtenemos un estadístico de contraste Chi-cuadrado  $(2) = 2.577$  con valor p 0.27572, por lo tanto, no rechazaríamos la hipótesis nula de distribución normal de los residuos. En el caso del Modelo 3 los resultados serían un estadístico de contraste Chi-cuadrado  $(2) = 0.168$  con valor p 0.91942, por lo que como pensábamos el Modelo 3 presenta un valor p mayor que el modelo anterior y en consecuencia no rechazaremos la hipótesis nula.

Para concluir con este apartado y antes de proceder al análisis de las predicciones vamos a ver si existen problemas de autocorrelación, que podría deberse a la inercia en las variables del modelo y nos llevarían a una posible inconsistencia de los estimadores. Para analizar este posible problema llevamos a cabo el Test de Durbin y Watson, cuya hipótesis nula sería la no autocorrelación de orden 1 en los residuos.

Viendo el valor p asociado al estadístico de Durbin Watson de ambos modelos, valor p = 0.00132902 (Modelo 2) y valor p = 0.00162284 (Modelo 3), rechazaríamos la no autocorrelación de orden 1. Por lo tanto, la autocorrelación está presente en ambos modelos, por lo que podría ser interesante la especificación de un modelo autorregresivo (AR).

## 2.4. ANÁLISIS DE PREDICCIONES

Una vez realizado los contrastes sobre diversos modelos y tras haber visto sus características, en este apartado nos vamos a centrar en realizar predicciones expost con ellos y analizar sus resultados. Para realizar estas predicciones habíamos restringido la muestra al año 2017 dejando el año 2018 y 2019 para la realización y valoración de estas.

En el caso del Modelo 2, cuya especificación sería:

$$\text{Matriculaciones}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{TasaDesempleo}_t + \beta_2 \text{PIB}_t + \beta_3 \text{SMI}_t + u_t$$

Obtenemos los siguientes resultados:

	2018	1589952.00	1511489.77
	2019	1559308.00	1245047.75
Estadísticos de evaluación de la predicción using 2 observations			
Error medio		1.9636e+005	
Raíz del Error cuadrático medio		2.2904e+005	
Error absoluto medio		1.9636e+005	
Porcentaje de error medio		12.544	
Porcentaje de error absoluto medio		12.544	
U de Theil		10.255	
Proporción de sesgo, UM		0.73502	
Proporción de regresión, UR		0.26498	
Proporción de perturbación, UD		0	

En esta salida se puede observar que el porcentaje de error medio es muy elevado, además coincide con el error absoluto medio, lo que nos indica un sesgo en nuestras predicciones. Como se puede observar en la columna de la derecha los valores de las predicciones se encuentran en ambos años por debajo de las estimaciones, por lo que este sesgo junto con una U de Theil tan elevada se convierte en un problema, dejando nuestras predicciones en un mal lugar. Esta idea se refuerza al ver una proporción de sesgo de un 73.5%, por lo que a pesar de que nuestras predicciones se encuentran dentro del intervalo de confianza es necesario cambiar de modelo para mejorar los resultados.

Ahora vamos a realizar predicciones con el Modelo 3, donde habíamos eliminado la variable SMI e incluido una dicotómica que representaría el cambio estructural de la crisis del año 2008. La salida que se puede observar en el Anexo A.6, nos refleja que el porcentaje de error medio y error absoluto ya no coinciden, por lo que no siempre subestimamos en nuestras predicciones, además la proporción de sesgo de la U de theil desciende hasta el 29%. No obstante, y a pesar de estas mejoras nuestra U de Theil es de 3.1464, por lo que nuestras predicciones no mejorarían las ingenuas.

Como último punto destacar que, si se estima el modelo mediante la opción de Gretl de corrección de heterocedasticidad, los resultados mejoran notoriamente y llegando a una U de Theil de 1.980.

## 2.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez vistos los resultados tanto del Modelo 2 como del Modelo 3, en este apartado interpretaremos los resultados vistos en el modelo que corrige los problemas de cambio estructural, cuya especificación sería:

$$\text{Matriculaciones}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{TasaDesempleo}_t + \beta_2 \text{PIB}_t + \beta_3 \text{Crisis}_t + u_t$$

La variable crisis se corresponde con una variable dicotómica que tiene valor 0 hasta el año 2007 y toma valor unitario a partir de este año, se ha introducido para corregir los problemas de cambio estructural, vistos también en el modelo de oferta. Con su significatividad al 1% confirma la importancia de esta variable y la necesidad de tenerla en cuenta a la hora de hacer nuestro modelo.

Por otra parte, los coeficientes de las variables TasaDesempleo y PIB tienen el signo esperado antes de estimar el modelo. En el caso de la tasa de desempleo, la variación de un 1%, implicaría el descenso de matriculaciones en 4614520, lo que es lógico, porque cuanto más gente se encuentre en paro menos gente comprará nuevos vehículos. En cambio, si el PIB aumenta en un millón de euros las matriculaciones aumentarían en 34766.5 unidades, ya que si el país tiene más dinero más fácil será la adquisición de nuevos vehículos. Los coeficientes de estas variables se pueden ver en la salida de Gretl situada en el Anexo A.3

Por lo tanto, como hemos visto el PIB y la tasa de paro son buenas variables para explicar la demanda de vehículos, pero el modelo se podría mejorar añadiendo más variables como el índice de confianza del consumidor o salario medio anual de la población, las cuales no se han incluido debido a que los datos encontrados reducían los años de la muestra considerablemente.

Para concluir con este apartado, es importante fijarse en el comportamiento que ha tenido la demanda después de la crisis, y es que a la par que sus variables explicativas después de la crisis han ido mejorando poco a poco. Este motivo puede ser el causante de que, en la predicción del año 2019, se obtenga un valor mayor al de la estimación. Esta recuperación y línea ascendente que seguían nuestras variables e puede ver truncado con la entrada en escena del COVID-19, el cual nos ha afectado en este año 2020 y sobre el que hablaremos un poco más en la conclusión, por ello sería interesante repetir este mismo modelo 10 años después para ver el resultado y que cambios serían necesarios realizar.

## CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se ha visto cómo el automóvil ha pasado de ser un bien de lujo a convertirse en uno de los bienes básicos de casi todas las familias y como consecuencia el sector ha pasado a ser el pilar fundamental de la economía mundial. En España este sector tardó más en arrancar, pero desde entonces ha tenido un crecimiento que nada tiene que envidiar al resto de países, convirtiéndose en un componente de principal importancia para los responsables y la sociedad de nuestro país.

A partir del año 2007 empieza una fuerte crisis que azota a la economía de nuestro país y por ende al sector. Como se ha visto en las variables escogidas para los modelos de oferta y demanda, el efecto causado por la crisis no es instantáneo, si no que tarda unos años en reflejar sus efectos, dos años en el caso de la oferta y un año en el de la demanda. Estos efectos se han traducido en la caída de esos años de las variables dependientes producción de vehículos y matriculación de estos.

En el segundo bloque hemos tratado de ver si con el paso de los años el sector se había recuperado y si las variables utilizadas realmente explicaban estos hechos. Como resultado obtuvimos que tanto el PIB, como la tasa de paro o el salario mínimo interprofesional tiene un gran poder explicativo sobre la demanda de nuevos vehículos. Por lo tanto, la elección de estas variables explicativas es correcta, pero siempre mejoraremos nuestros resultados incluyendo una variable que represente el suceso de la crisis y sería interesante poder incluir otras variables como el precio de los combustibles, el tamaño del hogar o el precio medio de los vehículos, que aporten mayor solidez a nuestro modelo.

Como se ha visto, aunque el Modelo 3 no tengan una U de Theil menor que uno, sus predicciones expost son mayores que los valores estimados, por lo que viendo la dinámica de los años posteriores a la crisis la expectativa es que el sector siga recuperándose y creciendo. Lamentablemente esta idea se va a ver truncada con la entrada en escena del COVID- 19, debido a que el sector automóvil será uno de los más afectados debido al cierre de sus plantas de producción durante el estado de alarma y a su necesidad de suministro global. Además, esta crisis al igual que la de 2008, no solo afectará por el lado de la oferta, sino que la matriculación de turismos en marzo del 2020 se sitúa en 37.644, frente a los 126.975 turismos de marzo del 2019, por lo que esta nueva crisis aún no resuelta va a frenar el crecimiento tanto de este sector como de la economía de muchos países.

Por lo tanto, de cara al futuro no se puede predecir la tendencia que seguirá el sector estudiado, debido a que el escenario sobre el que trabajamos ha tenido un giro muy brusco, por lo que sería interesante poder repetir este trabajo transcurrido un tiempo teniendo en consideración los efectos que ha dejado tras de sí el COVID-19.

## BIBLIOGRAFÍA

**Calvo Hornero, A. (2008):** “La crisis de las hipotecas subprime y el riesgo de credit Crunch”, Revista de Economía Mundial, N°18, pp. 195-204.

**Cottrell, A.; Luchetti, R. (2008):** Gretl User's Guide, <http://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>

**Banco de España (2001):** Mejoras de calidad e índices de precios del automóvil en España, Estudios Económicos, N°72. Recuperado el 10 de mayo de 2020 en <<https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSerias/EstudiosEconomicos/Fic/azul72.pdf>>

**García Ruiz, J.L. (2001):** “La evolución de la industria automovilística española, 1946-1999 una perspectiva comparada”, Revista de historia industrial, N°19-20, pp. 133-164.

**Licandro, O., y Sampayo, A. R. (1997):** “La demanda de automóviles en España: un análisis de la evolución y variabilidad de las tasas de reemplazo”, FEDEA documento de trabajo 97-12.

**Licandro, O., y Sampayo, A. R. (1997):** “Los efectos de los Planes Renove y Prever sobre el reemplazo de turismos”, Economía Industrial, N°314, pp. 129-140.

**Martín-Urbano, P., Sánchez, J. I., y Ruiz-Rúa, A. (2012):** “Sector automotriz: crisis internacional y repercusiones internas en España”. XIV Reunión de Economía Mundial: Internacionalización en tiempos de crisis. Recuperado el 20 de mayo de 2020 en <<http://xivrem.ujaen.es/wp-content/uploads/2011/11/77-R-132M914.pdf>>.

**Ortiz-Villajos, J.M. (2010):** “Aproximación a la historia de la industria de equipos y componentes de automoción en España”, Investigaciones de Historia Económica, Vol. 6, N°16, pp. 135-174.

**Pérez, R., y López, A.J. (2019):** “Econometría Aplicada con Gretl”, Creative Commons, <<https://sites.google.com/view/econometriaaplicadacongretl>>

**Pérez, R., y López, A.J. (2011):** “Métodos estadísticos para Economía y Empresa”, Creative Commons, <<http://goo.gl/z05TR>>

**Ramírez Muñoz, R. (1993):** “La industria de automoción: su evolución e incidencia social y económica”, Cuaderno de estudios empresariales, N°3, pp. 289-318.

**Safon Cano, V. (2007):** “¿Del Fordismo Al Postfordismo? El Advenimiento de Los Nuevos Modelos de Organización Industrial”, I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI, pp. 310-312.

**Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE) (2011):** Estudio prospectivo: El sector de Automoción en España. Recuperado el 4 de mayo de 2020 en <[https://www.sepe.es/contenidos/observatorio/mercado\\_trabajo/1842-7.pdf](https://www.sepe.es/contenidos/observatorio/mercado_trabajo/1842-7.pdf)>

**Sobrido-Prieto, M. (2003):** “El Plan Renove I industrial (comentario a la sentencia de 26 de septiembre de 2002)”, Revista de Derecho Comunitario Europeo, N°14, pp. 321-336.

**Womack, J., Jones, D., y Roos. D. (2017):** “La máquina que cambió el mundo”, editorial Profit.

## BASES DE DATOS

**Banco Mundial (2020):** Precio del hierro. Recuperado el 25 de mayo de 2020 en <<https://datacatalog.worldbank.org/dataset/gem-commodities>>

**Dirección General de Tráfico (2020):** Matriculación de vehículos. Recuperado el 14 de junio de 2020 en <<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/matriculaciones-definitivas/tablas-estadisticas/>>

**Instituto Nacional de Estadística (2020):**

- Índice general de precios al consumidor. Recuperado el 24 de mayo de 2020 en <<https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=22344>>
- PIB a precios de mercado. Recuperado el 18 de junio de 2020 en <<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t35/p010/base2010/I0/&file=01001.px>>
- Tasa de paro. Recuperado el 24 de mayo de 2020 en <[https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t22/p320/base\\_2015/serie/&file=03001.px](https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t22/p320/base_2015/serie/&file=03001.px)>
- Variación anual del PIB a precios de mercado. Recuperado el 24 de mayo de 2020 en <<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t35/p010/base2010/I0/&file=01001.px>>

**Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2020):** Estadística de Fabricación de Vehículos Automóviles y Bicicletas. Recuperado el 24 de mayo de 2020 en <<https://industria.gob.es/es-ES/estadisticas/Paginas/encuesta-vehiculos.aspx>>

**Ministerio de Trabajo y Economía Social (2020):** Salario Mínimo Interprofesional. Recuperado el 16 de junio de 2020 en <[http://www.mitramiss.gob.es/es/guia/texto/guia\\_6/contenidos/guia\\_6\\_13\\_2.htm](http://www.mitramiss.gob.es/es/guia/texto/guia_6/contenidos/guia_6_13_2.htm)>



## ANEXOS

### ANEXO A.1: Estimación MCO Modelo 2

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1994-2017 (T = 24)					
Variable dependiente: Matriculaciones					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	2.94812e+06	320745	9.191	<0.0001	***
TasaDesempleo	-5.90965e+0	423772	-13.95	<0.0001	***
PIB	46676.2	15387.1	3.033	0.0066	***
SMI	-2313.23	979.869	-2.361	0.0285	**
Media de la vble. dep.	1331796	D.T. de la vble. dep.		349973.1	
Suma de cuad. residuos	2.27e+11	D.T. de la regresión		106619.5	
R-cuadrado	0.919294	R-cuadrado corregido		0.907188	
F (3, 20)	75.93764	Valor p (de F)		4.18e-11	
Log-verosimilitud	-309.7152	Criterio de Akaike		627.4304	
Criterio de Schwarz	632.1426	Crit. de Hannan-Quinn		628.6805	
rho	0.387854	Durbin-Watson		1.150701	

### ANEXO A.2: Estimación MCO añadiendo d\_SMI

Modelo con d_SMI: MCO, usando las observaciones 1994-2017 (T = 24)					
Variable dependiente: Matriculaciones					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	2.18845e+06	110350	19.83	<0.0001	***
TasaDesempleo	-6.04183e+0	569123	-10.62	<0.0001	***
PIB	10817.4	3906.18	2.769	0.0118	**
d_SMI	708.362	2393.30	0.2960	0.7703	
Media de la vble. dep.	1331796	D.T. de la vble. dep.		349973.1	
Suma de cuad. residuos	2.89e+11	D.T. de la regresión		120299.8	
R-cuadrado	0.897255	R-cuadrado corregido		0.881843	
F (3, 20)	58.21858	Valor p (de F)		4.62e-10	
Log-verosimilitud	-312.6125	Criterio de Akaike		633.2250	
Criterio de Schwarz	637.9372	Crit. de Hannan-Quinn		634.4751	
rho	0.487028	Durbin-Watson		0.992332	

### Anexo A.3: Modelo 3 (añadida la variable splitdum)

Modelo 3: MCO, usando las observaciones 1994-2017 (T = 24)

Variable dependiente: Matriculaciones

	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	1.84793e+06	94082.4	19.64	<0.0001	***
TasaDesempleo	-4.61452e+0	450274	-10.25	<0.0001	***
PIB	34766.5	5538.23	6.278	<0.0001	***
Crisis	-444335	92809.1	-4.788	0.0001	***
Media de la vble. dep.	1331796	D.T. de la vble. dep.		349973.1	
Suma de cuad. residuos	1.35e+11	D.T. de la regresión		82298.58	
R-cuadrado	0.951914	R-cuadrado corregido		0.944701	
F (3, 20)	131.9742	Valor p (de F)		2.39e-13	
Log-verosimilitud	-303.5013	Criterio de Akaike		615.0026	
Criterio de Schwarz	619.7148	Crit. de Hannan-Quinn		616.2527	
rho	0.389908	Durbin-Watson		1.129422	

Contraste de especificación RESET -

Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]

Estadístico de contraste: F (2, 18) = 0.81614

con valor p = P (F (2, 18) > 0.81614) = 0.457842

## Anexo A.4: Estimación con variables instrumentales

Modelo con VI: MC2E, usando las observaciones 1995-2017 (T = 23)

Variable dependiente: Matriculaciones

Mediante Instrumentos: PIB

Instrumentos: const Crisis pibrentas TasaDesempleo

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Tipica</i>	<i>Estadistico t</i>	<i>valor p</i>	
const	1.93915e+06	119473	16.23	<0.0001	***
TasaDesempleo	-5.0525e+06	511956	-9.869	<0.0001	***
PIB	29534.2	8038.44	3.674	0.0016	***
Crisis	-343854	123171	-2.792	0.0116	**
Media de la vble. dep.	1347347	D.T. de la vble. dep.		349257.3	
Suma de cuad. residuos	1.30e+11	D.T. de la regresion		82815.09	
R-cuadrado	0.951740	R-cuadrado corregido		0.944120	
F (3, 19)	115.3759	Valor p (de F)		2.25e-12	
Log-verosimilitud	-366.7548	Criterio de Akaike		741.5095	
Criterio de Schwarz	746.0515	Crit. de Hannan-Quinn		742.6518	
rho	0.512362	Durbin-Watson		0.961931	

Contraste de Hausman -

Hipotesis nula: [Los estimadores de MCO son consistentes]

Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado (1) = 2.32872

con valor p = 0.127007

Contraste de Instrumento debil -

Estadístico F de la primera etapa (1, 19) = 19.4124

Valores críticos para el tamaño maximal deseado de MC2E, cuando

los contrastes se ejecutan a un nivel de significación nominal del 5%:

Tamaño	10%	15%	20%	25%
Valor	16.38	8.96	6.66	5.53

El tamaño maximal probablemente es menor que 10%

### Anexo A.5: Contraste de heterocedasticidad sobre el Modelo 3

Contraste de heterocedasticidad de White -

Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]

Estadístico de contraste:  $LM = 4.41046$

con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(8) > 4.41046) = 0.818323$

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan -

Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]

Estadístico de contraste:  $LM = 0.477042$

con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(3) > 0.477042) = 0.923906$

### Anexo A.6: Predicciones con el Modelo 3

2018	1589952.00	1569045.13	90348.865	1380580.70 - 1757509.56
------	------------	------------	-----------	-------------------------

2019	1559308.00	1655725.00	91976.088	1463866.24 - 1847583.76
------	------------	------------	-----------	-------------------------

Estadísticos de evaluación de la predicción using 2 observations

Error medio	-37755
-------------	--------

Raíz del Error cuadrático medio	69762
---------------------------------	-------

Error absoluto medio	58662
----------------------	-------

Porcentaje de error medio	-2.4342
---------------------------	---------

Porcentaje de error absoluto medio	3.7491
------------------------------------	--------

U de Theil	3.1464
------------	--------

Proporción de sesgo, UM	0.2929
-------------------------	--------

Proporción de regresión, UR	0.7071
-----------------------------	--------

Proporción de perturbación, UD	0
--------------------------------	---